



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



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAPACITACIÓN
EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON DIMENSIONAMIENTO
EN LÍNEA PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE EN LA
ETP GDPRISSMA PERÚ - SEDE JULIACA

Bach. Daniel Wily Catachura Jayo

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES

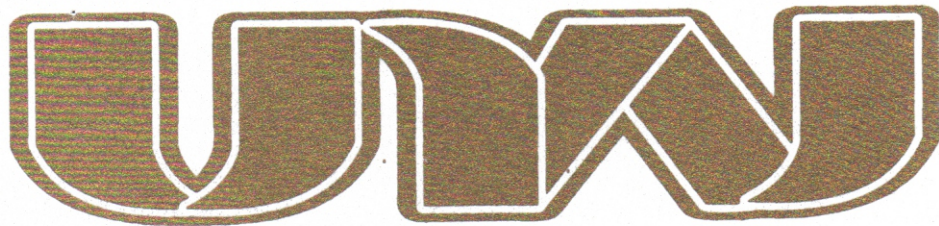
Asesor: Mg. Reynaldo Condori Yucra

Juliaca - Perú

2024



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



DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAPACITACIÓN
EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON DIMENSIONAMIENTO
EN LÍNEA PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE EN LA
ETP GDPRISSMA PERÚ – SEDE JULIACA

Bach. Daniel Wily Catachura Jayo

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE
INGENIERO EN ENERGÍAS RENOVABLES

Asesor: Mg. Reynaldo Condori Yucra

Juliaca - Perú

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA EN
ENERGÍAS RENOVABLES**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAPACITACIÓN
EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON DIMENSIONAMIENTO
EN LÍNEA PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE EN LA
ETP GDPRISSMA PERÚ – SEDE JULIACA**

Bach. Daniel Wily Catachura Jayo

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

Asesor: Mg. Reynaldo Condori Yucra

Juliaca - Perú

2024

FICHA CATALOGRÁFICA

Catachura Jayo. D.W. (2024). *Diseño e implementación de un módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea para mejorar el aprendizaje en la ETP GDPRISSMA PERÚ – sede Juliaca*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Juliaca. Juliaca.

AUTOR: Daniel Wily Catachura Jayo

TÍTULO: Diseño e implementación de un módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea para mejorar el aprendizaje en la ETP GDPRISSMA PERÚ – sede Juliaca

PUBLICACIÓN: Juliaca, 2024

DESCRIPCIÓN: Cantidad de páginas (155 pp)

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

CÓDIGO: 02-000032-02/C36

NOTA: Incluye bibliografía

ASESOR: Mg. Reynaldo Condori Yucra

PALABRAS CLAVES: Dimensionamiento en línea, Energía solar, Método Kirkpatrick, Módulo de capacitación, Sistemas fotovoltaicos.

UNIVERSIDAD NACIONAL DE JULIACA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA

EN ENERGÍAS RENOVABLES

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAPACITACIÓN

EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON DIMENSIONAMIENTO

EN LÍNEA PARA MEJORAR EL APRENDIZAJE EN LA

ETP GDPRISSMA PERÚ – SEDE JULIACA

TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO EN ENERGÍAS

RENOVABLES

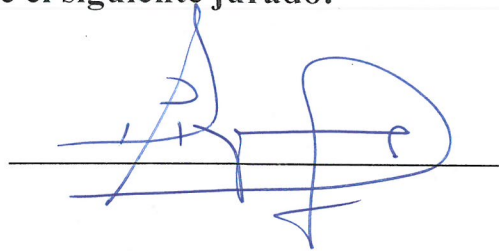
Presentado por:

Daniel Wily Catachura Jayo

Sustentado y aprobado ante el siguiente jurado:

Dr. Henry Pizarro Viveros

PRESIDENTE DE JURADO



Dr. Ubaldo Yancachajlla Tito

JURADO (Secretario)



2° MIEMBRO

Mg. Armando Antonio Salinas del Carpio

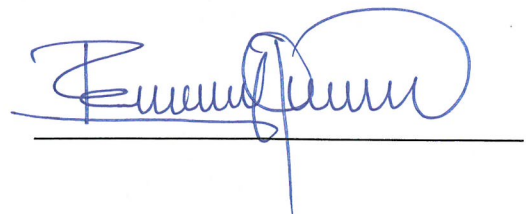
JURADO (Vocal)



3° MIEMBRO


Mg. Reynaldo Condori Yucra

ASESOR DE TESIS



Daniel Wily Catachura Jayo

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DE CAPACITACIÓN EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CON DIMEN...

 Universidad Nacional de Juliaca

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid:::3117:437003900

157 Páginas

Fecha de entrega

6 mar 2025, 3:09 p.m. GMT-5

32,786 Palabras

Fecha de descarga

6 mar 2025, 3:24 p.m. GMT-5

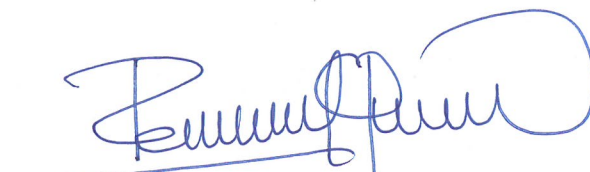
160,009 Caracteres

Nombre de archivo

TESIS_Catachura_Jayo_Daniel_Wily (2).pdf

Tamaño de archivo

4.8 MB



Mg. REYNALDO CONDORI YUCRA
ASESOR




14% 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

- 12%  Fuentes de Internet
- 1%  Publicaciones
- 9%  Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

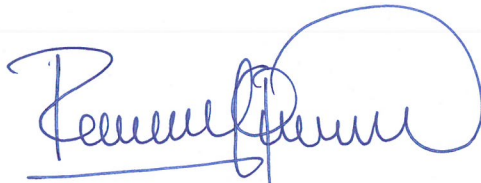
Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

-  **Texto oculto**
10 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.



Mg. REYNALDO CONDORI YUCRA
ASESOR

DEDICATORIA

Es muy grato para mi dedicar este Proyecto de Grado a mi querida madre Eva Lila Jayo Mamani quien se esforzó por darme la educación, el cariño y apoyo para cumplir mis sueños, a mi hermanito Yoe y mis abuelitos Eusebio y Esperanza, ya que ellos son mi gran motivación y gracias a todos ustedes he conseguido alcanzar uno de mis objetivos establecidos.

A mis tíos Lucio, Julio, Hugo, Fresia y Alex, por su gran apoyo moral y emocional para seguir adelante.

A mis amigos, familiares cercanos por el respaldo y la motivación que siempre recibí durante cada año de mi educación universitaria.

A todos ellos de nuevo: GRACIAS...

Daniel Wily Catachura Jayo

AGRADECIMIENTO

A Dios por ser parte fundamental en la guía y acompañamiento en el transcurso de mi vida y me ha brindado la valentía para finalizar exitosamente esta fase de mi vida.

A la Universidad Nacional de Juliaca, a la Facultad de Ciencias de la Ingeniería en especial a la Escuela Profesional de Ingeniería en Energías Renovables por mi formación profesional.

A la Escuela Técnica Profesional Gdprisma Perú, al Ing. Luis Alberto Flores y al Tec. Fernando Cutipa Dianderas, por brindarme el apoyo en la realización del proyecto, a mi amigo Ing. Victor Calle por las recomendaciones y asesoramiento en el diseño del proyecto.

A Mg. Reynaldo Condori Yucra asesor de tesis de este trabajo de investigación, por haberme brindado su tiempo, experiencia, guía y apoyo para la realización de tesis.

Daniel Wily Catachura Jayo

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	VI
AGRADECIMIENTO	VII
ÍNDICE GENERAL	VIII
ÍNDICE DE TABLAS	XI
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE ANEXOS	XIV
RESUMEN	XV
ABSTRACT	XVI
INTRODUCCIÓN	17

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática	18
1.2 Formulación del problema	20
1.2.1 Problema general	20
1.2.2 Problema específico	20
1.3 Objetivos de la investigación	21
1.3.1 Objetivo general	21
1.3.2 Objetivo específico	21
1.4 Justificación de la investigación	21
1.4.1 Justificación social	21
1.4.2 Justificación económica	21
1.4.3 Justificación técnica	22
1.5 Hipótesis de la investigación	22
1.5.1 Hipótesis general	22
1.5.2 Hipótesis específica	22

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación	23
--------------------------------------	----

2.2 Bases teóricas	27
2.2.1 Capacitación	27
2.2.2 Aprendizaje en la capacitación	27
2.2.3 Dimensionamiento en línea	27
2.2.4 Curvas I-V	28
2.2.5 Sistema fotovoltaico	28
2.2.6 Fire base hosting sitio (base de datos)	28
2.2.7 Método de evaluación (Kirck Patrick)	29
2.2.8 La escala de Likert	30
2.2.9 ETP Gdprisma Perú	30
2.3 Marco conceptual	31
2.3.1 Normativa eléctrica	31
2.3.2 Radiación solar	32
2.3.3 Influencia de la situación geográfica en la radiación	33
2.3.4 Efecto atmosférico sobre la radiación solar	35
2.3.5 Posición del sol	38
2.3.6 Clasificación de las instalaciones fotovoltaicas	40
2.3.7 Elementos de una instalación solar fotovoltaica	41
2.3.8 Componentes para el monitoreo de datos	49

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ámbito de estudio	52
3.2 Tipo de investigación	52
3.3 Enfoque de la investigación	52
3.4 Diseño de la investigación	52
3.5 Población y muestra de la investigación	52
3.5.1 Población	52
3.5.2 Muestra	53
3.6 Materiales y procedimientos	53
3.6.1 Diseño del sistema de dimensionamiento fotovoltaico en línea	53
3.6.2 Dimensionamiento de los componentes del módulo	57
3.6.3 Selección de componentes de módulo de capacitación	62
3.6.4 Selección de accesorios y sistemas de protección	65

3.6.5	Diseño del módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos	67
3.6.6	Visualización de parámetros (tensión, corriente y temperaturas) y curvas I-V	74
3.6.7	Evaluación de aprendizaje (Método Kirkpatrick)	84

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1	Implementación de un sistema de dimensionamiento fotovoltaico en línea considerando la demanda, características técnicas de los componentes de sistemas fotovoltaicos, los parámetros ambientales y geográficos	92
4.2	Realización de ensayos prácticos en el módulo de capacitación de sistemas fotovoltaicos para observar las curvas I-V y temperaturas	95
4.3	Aplicación de instrumentos de evaluación para los estudiantes y medir el indicador de aprendizaje sobre el módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea	101

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	104
5.2	Recomendaciones	105
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	106
	ANEXOS	113

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Cálculo de energía necesaria para los consumos AC	58
Tabla 2 Cálculo de energía necesaria para los consumos DC	58
Tabla 3 Cuadro de selección de energía disponible por provincia (Juliaca)	59
Tabla 4 Cuadro de rendimientos de los componentes del módulo de capacitación	60
Tabla 5 Cálculo del número y asociación de paneles solares considerando una tensión de trabajo de 12V	60
Tabla 6 Cálculo de capacidad de regulador de carga	61
Tabla 7 Cálculo de capacidad de baterías	61
Tabla 8 Cálculo del inversor	62
Tabla 9 Lista de parámetros eléctricos de los componentes a seleccionar	62
Tabla 10 Capacidad de corriente en A de conductores aislados - en canalización o cable alternativa para calibres AWG	67
Tabla 11 Escala de Likert para el nivel reacción	86
Tabla 12 Nivel 1: Reacción	86
Tabla 13 Escala de Likert para el nivel conocimiento	88
Tabla 14 Nivel 2: Conocimiento	88
Tabla 15 Escala de Likert para el nivel desempeño	90
Tabla 16 Nivel 3: Desempeño	90

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Comparación de recursos energéticos	33
Figura 2. Latitud y Longitud	33
Figura 3. Ángulo de altitud y azimut solar	34
Figura 4. Posiciones del Sol respecto a plano horizontal orientación hemisferio norte	35
Figura 5. Tipos de radiación	36
Figura 6. Masa de aire	38
Figura 7. Movimiento de rotación de la tierra alrededor del sol	38
Figura 8. Trayectoria solar sobre el plano del observador	39
Figura 9. Partes de célula solar	41
Figura 10. Curva I-V panel solar respecto a temperatura	42
Figura 11. Partes del panel solar	42
Figura 12. Tipos de células fotovoltaicas	43
Figura 13. Diagrama de flujo para el diseño del sistema de dimensionamiento fotovoltaico en línea	53
Figura 14. Diagrama de flujo para el diseño del módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos	68
Figura 15. Diseño 3d de estructura del módulo de capacitación	69
Figura 16. Vista 3D del módulo de capacitación	70
Figura 17. Diagrama de conexión para sistema aislado de la red con controlador PWM, conexión de baterías en serie, conexión de paneles solares (2 en serie y 2 en paralelo)	72
Figura 18. Diagrama de conexión para sistema aislado de la red con controlador MPPT, conexión de baterías en serie, conexión de paneles solares (2 en serie y 2 en paralelo)	73
Figura 19. Diagrama de conexión para sistema conectado a la red con inversor-cargador que pueden conectarse a la red o una fuente de generación eléctrica, conexión de baterías en paralelo, conexión de paneles solares en paralelo	73
Figura 20. Diagrama de la distribución de componentes	74
Figura 21. Diagrama de flujo para la visualización de parámetros (tensión, corriente y temperaturas) y curvas I-V	75
Figura 22. Sensor de Voltaje	76

Figura 23. Sensor de corriente	77
Figura 24. Sensor de temperatura	78
Figura 25. Diagrama de conexión para el monitoreo de datos	79
Figura 26. Funcionamiento de monitoreo de datos desde la Web	81
Figura 27. Bloques de simulink para visualizar curvas I-V y potencia	82
Figura 28. Insertando parámetros del panel solar de 80W	83
Figura 29. Diagrama de flujo para la evaluación de aprendizaje	84
Figura 30. Cuadro de cálculo de cargas en AC y DC	92
Figura 31. Energía disponible seleccionando departamento, provincia y mes, considerando una inclinación de 15°	93
Figura 32. Cuadro de rendimientos de los componentes	93
Figura 33. Cálculo de la asociación de paneles solares y cantidad	94
Figura 34. Cálculo del regular de carga, capacidad de batería, e inversor	94
Figura 35. Sensor de tensión	95
Figura 36. Sensor de corriente	96
Figura 37. Sensor de temperatura	96
Figura 38. Curva de tensión y corriente (I-V) con datos de la ficha técnica	97
Figura 39. Curva de potencia considerando con datos de la ficha técnica	97
Figura 40. Curva I-V del panel solar conectado al controlador PWM	98
Figura 41. Curva potencia del panel solar conectado al controlador PWM	99
Figura 42. Curva I-V del panel solar conectado al controlador MPPT	100
Figura 43. Curva potencia del panel solar conectado al controlador MPPT	100
Figura 44. Nivel de reacción	101
Figura 45. Nivel de conocimiento	102
Figura 46. Nivel de desempeño	102
Figura 47. Módulo de capacitación en funcionamiento después del taller	103

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del panel solar	114
Anexo 2. Ficha técnica de batería	115
Anexo 3. Ficha técnica del controlador MPPT	117
Anexo 4. Ficha técnica del controlador PWM	118
Anexo 5. Ficha técnica del inversor - cargador	119
Anexo 6. Ficha técnica del inversor off gride	121
Anexo 7. Encuestas para el nivel de Reacción	123
Anexo 8. Encuestas para el nivel de Conocimiento	125
Anexo 9. Encuestas para el nivel de Desempeño	127
Anexo 10. Planos de la estructura del módulo de capacitación	129
Anexo 11. Guías de práctica desarrollados dentro de las sesiones	132
Anexo 12. Datos de recurso solar disponible (irradiación Wh/m ² /día)	145
Anexo 13. Fotografías del curso de capacitación	150
Anexo 14. Diagrama de uso del módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos	156

RESUMEN

La crisis energética a nivel global y el incremento en los gastos asociados a la energía eléctrica dan inicio a un gran avance de buscar tecnologías de aprovechamiento de energías limpias. La energía solar fotovoltaica es una de las alternativas más relevantes, que son de gran importancia para llegar a comunidades aisladas con problemas a la accesibilidad energética. En el Perú el aumento de los sistemas fotovoltaicos aislados ha crecido a ritmo muy elevado, pero también va aumentando el número de sistemas inoperativos, esto a falta de una gestión deficiente de mantenimiento y el desconocimiento de los propietarios. La presente investigación de tipo cuantitativo experimental de nivel aplicativo tiene como objetivo implementar un módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea en la Escuela Técnica Profesional GdPrisma - Perú sede Juliaca, con la finalidad de promover y mejorar investigaciones futuras, hacer llegar la formación en el conocimiento teórico - práctico, así como la importancia de conocer los pros y contras en las instalaciones fotovoltaicas. Previo a la implementación del módulo se realizó planos del diseño, diagramas de conexión y cálculo de componentes en Excel. Teniendo como resultados la implementación del módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos y la visualización de datos (tensión corriente y temperatura) en tiempo real desde la web de Gdprisma Perú, así como dimensionar sistemas aislados desde la web. Para conocer el impacto de la capacitación se realizó el curso a una muestra de 15 estudiantes para luego ser evaluados con el método Kirkpatrick, dando resultados satisfactorios y positivos con promedios de 4 considerando la escala de Likert de 1 a 5 donde (1 muy malo y 5 muy bueno) Así entonces cumplimos con el objetivo del proyecto en mejorar el aprendizaje con el módulo de capacitación.

Palabras claves: Dimensionamiento en línea, Energía solar, Método Kirkpatrick, Módulo de capacitación, Sistemas fotovoltaicos.

ABSTRACT

The global energy crisis and the increase in the costs associated with electric energy have given rise to a great advance in the search for technologies to take advantage of clean energy. Photovoltaic solar energy is one of the most relevant alternatives, which are of great importance to reach isolated communities with problems in terms of energy accessibility. In Peru, the increase in isolated photovoltaic systems has grown at a very high rate, but the number of inoperative systems is also increasing, due to a lack of poor maintenance management and the lack of knowledge of the owners. The present quantitative experimental research at the application level aims to implement a training module in photovoltaic systems with online sizing at the GdPrissma - Peru Professional Technical School, Juliaca headquarters, in order to promote and improve future research, provide training in theoretical and practical knowledge, as well as the importance of knowing the pros and cons of photovoltaic installations. Prior to the implementation of the module, design plans, connection diagrams and component calculations were made in Excel. The results were the implementation of the training module on photovoltaic systems and the visualization of data (voltage, current and temperature) in real time from the Gdprissma Peru website, as well as the sizing of isolated systems from the web. To find out the impact of the training, the course was given to a sample of 15 students and then evaluated with the Kirkpatrick method, giving satisfactory and positive results with averages of 4 considering the Likert scale from 1 to 5 where (1 very bad and 5 very good). Thus we met the objective of the project to improve learning with the training module.

Keywords: Online sizing, Solar energy, Kirkpatrick method, Training module, Photovoltaic systems.

INTRODUCCIÓN

Perú, uno de los países con gran abundancia en el recurso solar, posee un potencial enorme para la evolución de la energía fotovoltaica. Sin embargo, la falta de profesionales capacitados en el sector representa un obstáculo para la expansión de esta tecnología. La necesidad de un módulo de capacitación efectivo que combine la teoría con la práctica, y que además facilite la aplicación de los conocimientos adquiridos, se vuelve crucial.

Este proyecto busca abordar esta problemática mediante el diseño e implementación de un módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea. El módulo se enfocará en la formación de profesionales peruanos, equipándolos con las habilidades y conocimientos necesarios para realizar el diseño, la instalación y el mantenimiento de sistemas fotovoltaicos.

La innovación del proyecto radica en la integración de un sistema de dimensionamiento en línea desde la página Web de la Escuela Técnica Profesional Gdprissma Perú, que permitirá a los participantes realizar prácticas de diseño de forma interactiva y realista. Esta herramienta digital no solo permite entender los conceptos teóricos, también simplifica la comprensión de los conceptos teóricos. Así como también permite a los estudiantes aplicar sus conocimientos a situaciones prácticas, mejorando la retención y la aplicación de los conocimientos.

El módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos se desarrolla con un enfoque de mejorar la enseñanza y el aprendizaje, utilizando recursos multimedia, ejemplos prácticos, estudios de caso y evaluaciones para medir el aprendizaje. Buscando crear un entorno educativo dinámico y cautivador, que incentive a los participantes y les facilite el desarrollo de competencias prácticas para el ámbito laboral.

El objetivo de este proyecto es la implementación de un módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea (sitio web) para mejorar el aprendizaje, de esa manera contribuir al desarrollo del sector de la energía solar en Perú, fomentando la formación de profesional calificado teórico y práctico en el sector y la expansión de la tecnología fotovoltaica en el país. La implementación de este módulo de capacitación representa un paso importante hacia la transición energética y la sostenibilidad en Perú.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

La disponibilidad de fuentes de energía siempre ha sido un obstáculo para el progreso humano, ya que de ellas depende el acceso a servicios fundamentales como la educación y la salud. Además, las capacidades productivas de las industrias y las empresas se ven impactadas por las limitaciones energéticas. El crecimiento económico y la accesibilidad económica en cada nación están vinculados a la habilidad para invertir e innovar de las industrias de gran envergadura, quienes también están sujeta a las capacidades energéticas del país. Sin embargo, se sabe que aproximadamente 733 millones de individuos carecen de acceso a la electricidad y que 2600 millones de ellos utilizan combustibles contaminantes para calentar o cocinar, esto resulta dañino para la salud y el entorno ambiental. A mediados del 2022 hubo una de las mayores conmociones en el mercado energético global visto en décadas. La pandemia de COVID-19 y la guerra de Ucrania llevaron a un aumento en los precios del combustible, la escasez de energía y las preocupaciones sobre la seguridad energética disminuyendo el progreso hacia el acceso universal a energía accesible, confiable, sostenible y moderna para el 2030 objetivo de las Naciones Unidas (BM, 2022).

La crisis energética a nivel global es un problema que afecta a todos, un ejemplo es el aumento de los costos de energía eléctrica lo que busca alternativas que permitan enmendar estos costos (IEA, 2023). Uno de ellos es buscar tecnología de uso eficiente de energía (dispositivos eléctricos y electrónicos) y lo segundo utilizar energías alternativas disponibles de forma natural (solar, eólica, mareomotriz, geotérmica, etc.) hoy en día con la tendencia de invertir en las energías renovables para disminuir los gases de efecto invernadero en un 45% de aquí al 2030 para limitar el calentamiento global en 1.5°C según lo establecido en las últimas Conferencias de la Naciones Unidas sobre el cambio climático (COP-27, 2022).

Una de las soluciones más importante basados en paneles solares son llamados sistemas fotovoltaicos aislados (SFVA), que son instalaciones independientes de la red de energía eléctrica nacional que busca satisfacer la demanda de pequeñas sectores con un nivel moderado de consumo, como comunidades aisladas con problemas de accesibilidad energética, todo a precios accesibles y sin necesidad de depender de proyectos o

infraestructuras que proponen un impacto significativo en el lugar de instalación en comparación con plantas hidráulicas o térmicas y además, que necesitan equipos mínimos de supervisión y mantenimiento (Salas *et al.*, 2018).

Según Atlas Solar Peruano (ASP) el país posee una elevada radiación solar de un aproximado de: En la costa (5.0 a 6.0 kWh/m²), la sierra (5.5 a 6.5 kWh/m²) y la selva (4.5 a 5.0 kWh/m²). Es por ello que los sistemas fotovoltaicos aislados y conectados a red en la actualidad vienen siendo la mejor alternativa de suministrar energía eléctrica en lugares donde no cuentan con electrificación (zonas rurales y localidades aisladas de la ciudad). La baja demanda de electricidad que tienen, hace que los sistemas fotovoltaicos aislados abastezcan sus consumos, el Perú tiene actualmente alrededor de 130 000 sistemas fotovoltaicos en operación con un crecimiento de abismal en 2669% en 6 años, pero también se ha incrementado el número de sistemas fotovoltaicos inoperativos causados por una gestión deficiente de operación y mantenimiento por parte de los operadores o técnico local y la falta de comprensión de los propietarios del sistema (Tamayo, 2019). Por otro lado, existe y hacen caso omiso o desconocimiento de la población de la resolución (OSINERGMIN N° 051-2021-OS/CD) que hace referencia a la fiscalización de sistemas fotovoltaicos aislados de la red.

Por lo tanto, es imprescindible incrementar el margen de investigación a este tipo de tecnologías para continuar aumentando su aplicación y también es una tarea de los establecimientos de educación superior formar profesionales con habilidades y saberes teórico-práctico que satisface este desarrollo. El estudio de materiales novedosos más eficaces para la fabricación de células solares, la creación de estructuras para la adaptación de circuitos solares a sistemas interrelacionados, el desarrollo y la puesta en marcha de sistemas de medición de los principales parámetros eléctricos y la creación de centros de investigación de energías renovables son los métodos más destacados para aumentar el fortalecimiento de sus cualidades académicas. Un ejemplo es la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI) con su Laboratorio de Energía Solar CER-UNI con proyectos de impacto social como “emergente con el sol” y “sé verde: Energías Renovables en el Perú” además de desarrollar investigación de energía solar en convenio con Universidades de España realizando divulgación científica para promover su aplicación (CER-UNI, 2018).

Bajo este contexto la Escuela Técnica Profesional Gdprisma Perú tiene como un objetivo la se encuentran en proceso de implementación de cursos de capacitación con módulos didácticos de aprovechamiento de las energías renovables (solar fotovoltaica). Promoviendo el uso, las investigaciones futuras y la importancia de hacer llegar el saber sobre las tecnologías existentes en el mercado con la importancia de aprender los beneficios en las instalaciones de sistemas fotovoltaicos. Una de las características más relevantes para el estudio de la generación de energía solar son las curvas de I-V de los paneles solares, ya que permiten realizar un análisis y cálculo, y posteriormente anticipar el comportamiento adecuado cuando se exponen a condiciones de trabajo en terreno.

Con esta premisa, un módulo de capacitación para instalaciones fotovoltaicas en la ETP Gdprisma Perú, se proyecta como una buena alternativa que permitirá que los capacitandos puedan tener un enfoque teórico y práctico, permitiendo realizar dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos de acuerdo a 3 factores primordiales (consumo histórico, condiciones de lugar y ubicación geográfica). decimos que realizar un buen dimensionamiento te aseguras que cumplirá con las necesidades establecidas por el usuario final, sin embargo, a nivel regional no hay tecnologías parecidas.

1.2 Formulación del problema

1.2.1 Problema general

¿Es posible el diseño y la implementación de un módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea para mejorar el aprendizaje en la Escuela Técnica Profesional Gdprisma Perú –sede Juliaca?

1.2.2 Problema específico

- ¿Es posible la implementación de un sistema de dimensionamiento fotovoltaico en línea considerando la demanda, características técnicas de los componentes de sistemas fotovoltaicos, los parámetros ambientales y geográficos?
- ¿Es posible la realización de ensayos prácticos en el módulo de capacitación de sistemas fotovoltaicos para observar las curvas I-V y temperaturas?
- ¿Será posible la aplicación de instrumentos de evaluación para los participantes del curso y medir el indicador de aprendizaje sobre el módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea?

1.3 Objetivos de la investigación

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e Implementar un módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea para mejorar el aprendizaje en la Escuela Técnica Profesional Gdprissma Perú – sede Juliaca.

1.3.2 Objetivo específico

- Implementar un sistema de dimensionamiento fotovoltaico en línea considerando la demanda, características técnicas de los componentes de sistemas fotovoltaicos, los parámetros ambientales y geográficos.
- Realizar ensayos prácticos en el módulo de capacitación de sistemas fotovoltaicos para observar las curvas I-V y temperaturas.
- Aplicar instrumentos de evaluación a los participantes del curso y medir el indicador de aprendizaje sobre el módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea.

1.4 Justificación de la investigación

1.4.1 Justificación social

El proyecto justifica su razón social al crear tecnologías que muestran una manera segura y confiable de aprender las teorías aprendidas en el ámbito del estudio, así, los alumnos al llegar al campo de labores tendrán conocimientos teóricos y prácticos lo que les permite cuidar de su integridad física y moral. Ya que desarrollando actividades prácticas mientras se estudia pueden adecuarse al manejo de los equipos, las conexiones entre ellas y las problemáticas que podrían presentarse durante el desarrollo de sus funciones, también aprenderán la importancia del uso y manejo de los EPPs (equipos de protección personal) al realizar las prácticas en el módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos.

1.4.2 Justificación económica

La justificación se da debido a que la implementación de módulos de capacitación en sistemas fotovoltaicos tendrá un costo que involucre utilidad y al ser este el resultado de la investigación que se pretende realizar, no tendrá este tipo de gastos siendo más factible su implementación en la Escuela Técnica Gdprissma Perú.

1.4.3 Justificación técnica

La ETP Gdprisma Perú para poder concretar lo establecido en su misión que es contribuir a la mejora de los estándares en las áreas de seguridad, construcción, minería, energía y comprometido con el desarrollo socioeconómico del país y las personas. Debiendo mantener sus instructores de acuerdo con la tecnología y en conocimiento teóricos-práctico, por lo que requiere de implementos para que se conleve y concrete las teorías y los estudiantes (capacitandos) pueden ver desarrollado las ciencias que se aprender de manera teórica.

1.5 Hipótesis de la investigación

1.5.1 Hipótesis general

Si se diseña e implementa un módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea entonces se mejorará el aprendizaje en la Escuela Técnica Profesional Gdprisma Perú – sede Juliaca.

1.5.2 Hipótesis específica

- Mediante la implementación del sistema en línea se facilitará el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados para los participantes del curso.
- Realizando los ensayos prácticos en el módulo de capacitación de sistemas fotovoltaicos en línea se observarán las curvas I-V y temperaturas.
- Aplicando los instrumentos de evaluación para los participantes del curso es posible medir el indicador de aprendizaje sobre el módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea.

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LA LITERATURA

2.1 Antecedentes de la investigación

Según Vélez y Grijalva (2020), trabajo de pregrado tiene como objetivo estudiar e implementar un sistema fotovoltaico para ser instalado en la escuela “Dr. Francisco Falquez Ampuero”, que funcione como un sistema de contingencia eficaz que garantice la continuidad de las actividades, además de demostrar la eficiencia energética con la utilización de energía renovable, así mismo realizando el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y simulando en el software HOMER PRO con los datos obtenidos del requerimiento y la energía diaria disponibles según el sistema de adquisición de datos de la NASA, concluyendo que el sistema fotovoltaico a una premisa de 8 horas de trabajo cumple con los requerimientos de la Unidad Educativa reduciendo un 30% la facturación del consumo eléctrico y reduciendo la emisión de gases de efecto invernadero ya que el sistema no emite ninguna sustancia contaminante. Así mismo recomienda elaborar y presentar un proyecto de capacitación para toda la comunidad educativa para sensibilizar acerca de los impactos contaminantes asociados al uso de electricidad, además de entender los beneficios de emplear aparatos agradables con el medio ambiente.

Según Pinda (2021), trabajo de pregrado realizado en la Universidad Técnica del Norte - Ecuador, tiene como objetivo implementar un módulo de pruebas a nivel de laboratorio para el estudio de paneles solares fotovoltaicos y pilas de combustible, mediante el uso de equipos y componentes reales para la capacitación de los estudiantes de la carrera de electricidad. El módulo implementado cuenta con un sistema de recopilación de datos con el uso de sensores para que los datos sean graficados en el programa Labview, de esa manera poder observar las curvas características de cada parámetro y la potencia máxima generada por los paneles solares c/s ventilación forzada, así mismo el sistema de almacenamiento con pilas (baterías de combustible) que son una alternativa factible para implementar nuevas tecnologías de generación renovable.

Según Bermúdez (2017), trabajo de pregrado en la Universidad de Pamplona – Colombia, tiene como objetivo diseñar e implementar un sistema didáctico de entrenamiento en generación de energía fotovoltaica para el laboratorio de máquinas eléctricas. Donde el diseño de la estructura se realizó en el software SOLIDWORKS teniendo en cuenta los componentes primordiales (soporte del panel, soporte de la lámpara, componentes del sistema fotovoltaico y área de trabajo), el diseño de la interfaz gráfica lo realizó utilizando sensor de

corriente y voltaje entregando la señal a un Arduino quien también se encarga de entregar la señal al software Labview quien convierte en gráficas las curvas de las unidades medidas. De igual forma se desarrollaron 8 guías de prácticas para que los estudiantes puedan aprender las conexiones, efectos del ángulo de incidencia, los parámetros de los componentes y las curvas IV.

Según Matiz y Macareno (2019), trabajo de pregrado en la Universidad de Santander – Colombia, tiene como objetivo implementar una estación didáctica para el entrenamiento en el manejo de energía solar fotovoltaica. El proyecto como inicio aprovechó un proyecto realizado en la misma universidad “diseño y construcción de una estación de energía solar para la Universidad Antonio Nariño sede Cúcuta” implementando un sistema de adquisición de datos con el software Matlab y así poder conocer las variables a utilizar en el proyecto (irradiancia, humedad y temperatura), para la comunicación de los componentes se usó un arduino como control del sistema y la interfaz gráfica en la tarjeta raspberry pi, con el lenguaje de programación en java script. Finalmente realizando el montaje de los elementos eléctricos y electrónicos en el banco de prácticas, teniendo como resultado que la estación cuenta con un código de acceso, elegir qué parámetro monitorear, generar gráficos de acuerdo al rango establecido y guardar la hora y fecha de cada reporte.

Según Molina (2021), trabajo de pregrado realizado en la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE Ecuador, el principal objetivo de este proyecto híbrido pasivo es superar el problema de la corriente pico suministrada por las baterías a una alta demanda y en beneficio de los estudiantes, para iniciar con el diseño se realizó la simulación en MatLab/Simulink tanto de un sistema panel fotovoltaico con batería y superconductor con tres estados (simulando la carga, el comportamiento de los sistemas de acumulación y la descarga a una corriente constante de 4.2) con una duración de dos minutos cada uno y así ver la funcionalidad del trabajo, Para luego dimensionar el sistema fotovoltaico seleccionando todos los componentes en la marca Victron para usar el software VictronConnect y de esa manera monitorear, representar gráficamente los parámetros en tiempo real y comprobar la funcionalidad del sistema implementado. Realizando pruebas (carga y descarga) del sistema híbrido de baterías y superconductores se concluye que reduce un 67.5% los niveles máximos de corriente y potencia durante la descarga del motor y un 36.87 para la demanda resistiva, eso hace que las vidas útiles de las baterías aumenten y concluyendo que el sistema implementado optimiza la administración de energía para las plantas fotovoltaicas aisladas. Según Febres (2021), trabajo de pregrado elaborado en Chiclayo- Perú tiene como objetivo principal proponer el desarrollo de una GUI para el estudio de las curvas características I-V

de paneles solares para el laboratorio de circuitos eléctricos de la Universidad Señor de Sipán, planteando una base de estudio en la especialidad de sistemas fotovoltaicos implementando una Interfaz Gráfica de Usuario (GUI) con ayuda de software GUIDE (Matlab) para poder calcular la curvas características de paneles solares basado en los parámetros dados por el fabricante definiendo condiciones para la simulación con el objetivo de alterar los parámetros de irradiancia y el ángulo de incidencia., temperatura todo esto en tiempo real para ver los cambios que sufren las gráficas obtenidas, para poder modelar las curvas de I y V con respecto al tiempo se agregó un modelo de carga capacitiva. Culminando con el contraste de los resultados alcanzados por la Interfaz Gráfica de Usuario (GUIE) con las bibliografías obtenidas y dando resultados muy cercanos, y así estableciendo la viabilidad del proyecto.

Según Barreto (2020), trabajo de grado con el principal objetivo de mejorar el entrenamiento y adquisición de conocimientos en el área de energía solar de la mencionada Universidad. Se inició con el diseño rigiendo de se comenzó con el diseño considerando diversos aspectos como las demandas de uso, disposición física, factores climáticos, mantenimiento, peso, entre otros. Para la implementación de los módulos se tomó en cuenta las horas de funcionamiento semanal y el tamaño de la instalación, referenciando de la energía disponible en dicha localidad de esa manera dimensionar los requerimientos de cada componente como: panel solar, baterías, regulador de carga, inversor y el cableado correspondiente. Y Para la simulación que permite el estudio del comportamiento de sistemas fotovoltaicos se usaron los softwares Psim y Matlab (Simulink) los cuales están regidos por un grupo de parámetros que actúan de forma distinta al modificar las condiciones del entorno y así extraer las curvas I-V y P-V para poder comparar y predecir el rendimiento bajo diversas circunstancias y la operación en una aplicación auténtica, viendo ligeros cambio en cada simulación pero que resultan ser aceptables. Por último, se realizó la comprobación de los equipos de trabajo a lo establecido en el diseño los cuales cumplen con los parámetros reales de trabajo y la elaboración de 7 guías de laboratorio.

Según Amador (2020), estudio realizado en el Instituto Politécnico Nacional de México, tiene como objetivo evaluar el impacto del seminario Análisis Conductual Aplicado ACA, (impartido en modalidad b-learning), en la práctica profesional de los participantes, usando como herramienta, el modelo de Kirkpatrick, para poder conocer el impacto de los seminarios (para el desarrollo de proyectos y trabajos finales) realizados durante 10 años a los egresados de la mencionada institución. De esa manera se opta el modelo Kirkpatrick ya que es un enfoque más integral para valorar el efecto de los cursos de capacitación y actualización.

Donde tuvieron la participación de 50 egresados entre hombres y mujeres de los pasados 10 años, la metodología aplicada fue un cuestionario de 34 preguntas (formularios de google) con escala de calificación de 0 a 10 seccionadas en 4 partes de acuerdo a los niveles del modelo Kirkpatrick. Como resultados en la sesión de aprendizaje bajo una evaluación constante y el trabajo escrito fue de 8.96 (DS = 0.88; V = 0.77), la valoración de la satisfacción con una media global de 9.0372 (DS = 0.384; V = 0.148), la realización de sus expectativas y el logro de objetivos con un promedio de 9.12. En conclusión, la investigación cumple con el objetivo considerado para los seminarios, ya que los resultados obtenidos son muy satisfactorios.

Según Cubillos (2021), trabajo de grado realizado en la Universidad Militar Nueva Granada – Colombia, tiene como objetivo evaluar el impacto de los programas de formación en la cultura organizacional y sus beneficios en una empresa privada de Bogotá a partir del modelo Kirkpatrick. La recolección de datos se realiza a un total de 56 personas de la compañía con entrevistas, encuestas y observación directa no participante. Entre ellas: entrevista al gerente general, al personal de área comercial y cuestionarios de acuerdo a los niveles que establece Kirkpatrick. Conforme al diseño los resultados se presentan en un análisis e interpretación cualitativo y cuantitativo de acuerdo a los indicadores. Que desde el cualitativo el personal está direccionado de acuerdo a la empresa y sus políticas de mejora constante. y desde lo cuantitativo con promedios de 4.52 (DE = 0.29) que resalta ser muy satisfecho lo que indica que, el personal manifestó haber apropiado los conocimientos transmitidos, generando mayor confianza en sus actividades, estar más identificado con lo que hacen, lo que venden y los procesos que realizan. Concluyendo que el programa de capacitación implementado tuvo una magnífica acogida y asimilación, generando en todos los niveles una excelente percepción del personal de la compañía, fomentando la implementación de los conocimientos obtenidos y, por ende, contribuyendo e influyendo en la identidad de cada integrante del área comercial y su cultura organizativa.

Según Chimborazo (2020), trabajo de pregrado, el personal participante del curso (Albañilería confinada) realizado fueron 20 personas, para conocer el efecto de la capacitación realizó una encuesta de 10 preguntas y una entrevista personal en el lugar de trabajo, para conocer de qué manera aplican los conocimientos adquiridos. Para evaluar los efectos de la evaluación aplicó el método Kirkpatrick en sus 4 niveles. Teniendo como resultados que un 53% aprendieron desde muy jóvenes por herencia familiar y un 47% por educación, la capacitación le brindó un nuevo enfoque a la hora de realizar los trabajos para

una buena ejecución de obras. Concluyendo que en la investigación si demuestra haber tenido impacto, más no se pudo corroborar si este aprendizaje tendrá impacto a largo plazo.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Capacitación

La capacitación es el procedimiento de enseñanza-aprendizaje que se inicia con el diagnóstico de las necesidades de formación, el cual define un plan y se respalda en diversas técnicas para incentivar en los trabajadores, ya sean nuevos o actuales, las competencias requeridas para llevar a cabo sus tareas de forma correcta (González y Olivares, 2014).

2.2.2 Aprendizaje en la capacitación

El aprendizaje se refiere al proceso de obtención de saberes, destrezas, valores y actitudes, posible a través del estudio, la instrucción o la experiencia. Este proceso puede ser comprendido desde diferentes perspectivas, lo que sugiere que hay diversas teorías asociadas al proceso de aprendizaje. Por ejemplo, la psicología conductista analiza el aprendizaje en función de las variaciones que se pueden detectar en el comportamiento de un individuo (Pérez y Gardey, 2023).

2.2.3 Dimensionamiento en línea

La finalidad de usar el dimensionado de sistemas fotovoltaicos en línea (desde la web) es simplificar y estandarizar la creación de documentos o proyectos más rápido e intuitivo. Visualiza una plantilla como un modelo preestablecido. Te ofrece una estructura fundamental que puedes ajustar a tus requerimientos particulares.

Aquí te presento algunas ventajas de usar este dimensionado en línea:

- **Optimización del tiempo:** No debes comenzar desde el inicio cada vez que elaboras un documento o un proyecto. La plantilla ya cuenta con la estructura fundamental, lo que te facilita concentrarte en el contenido.
- **Mayor uniformidad:** Las plantillas contribuyen a mantener la consistencia en la exposición de la información, lo que simplifica la interpretación y lectura de los documentos.

- **Incremento de la calidad:** Al adherirse a una estructura preestablecida, es menos probable que se dejen de lado aspectos relevantes o que se incurran en fallos.
- **Promueve la cooperación:** Las plantillas pueden distribuirse entre diversas personas, lo que promueve la cooperación en proyectos y documentos.
- **Capacidad de Adaptación:** Las plantillas tienen la capacidad de ser ajustadas y personalizadas para satisfacer las demandas particulares de cada proyecto o documento.

El dimensionado en línea te ayuda a: Organizar tu trabajo, ahorrar tiempo, facilitar la colaboración, es como tener un mapa que te guía en el diseño de una nueva instalación, sin perderte en el camino.

2.2.4 Curvas I-V

Después de haber establecido la expresión que determina la corriente en la celda y en el panel según su voltaje, resulta crucial examinar el comportamiento de las curvas I-V de los módulos fotovoltaicos. La curva de corriente y voltaje proporciona datos relevantes sobre la conducta del panel, además de la potencia máxima que este puede lograr, y también posibilita observar su comportamiento cuando se produce polarización inversa (Castellanos, 2020).

2.2.5 Sistema fotovoltaico

Un sistema fotovoltaico autónomo es un sistema que se alimenta de manera autónoma o independiente de la red eléctrica. La energía generada se guarda en las baterías para después proporcionar energía de manera independiente a todos los aparatos o dispositivos (García, 2021).

2.2.6 Fire base hosting sitio (base de datos)

Firestore es un servicio de hospedaje web ininterrumpido que pertenece a la plataforma Firebase de Google. Facilita a los programadores el alojamiento de sitios web y aplicaciones web de manera rápida y fácil, evitando la administración de servidores. (Google, 2023) Hosting de Firebase se une a otras herramientas de Firebase, como Cloud Firestore, una base de datos NoSQL que facilita el almacenamiento y sincronización de datos en tiempo real. Ya sea que estés

desarrollando una página de destino básica de la aplicación o una aplicación web progresiva (AWP) compleja, Hosting te proporciona la infraestructura, funcionalidades y herramientas enfocadas en la creación y gestión de sitios web y aplicaciones (Firebase, 2024).

2.2.7 Método de evaluación (Kirck Patrick)

El modelo de evaluación fue propuesto en la década de 1960 por el profesor Donald Kirkpatrick, reconocido como el precursor de la evaluación de las acciones formativas. Su modelo se utiliza actualmente por numerosas empresas, organizaciones e instituciones públicas. El autor propone niveles relacionados para medir y evaluar los resultados de la capacitación. El modelo busca medir los efectos de la capacitación a través de 4 niveles (reacción, aprendizaje, Transferencia, resultado), cada uno de ellos proporciona datos pertinentes sobre la gestión de la capacitación, pero es crucial que se complementen para obtener resultados sobre la efectividad o utilidad de la implementación de la formación (García, 2012).

a. Nivel 1: Reacción

En esta fase es necesario evaluar la propia acción formativa. La persona formada evaluará si el contenido del taller fue interesante, si los materiales eran de su agrado y si el desarrollo de estos fue adecuado, así como sus opiniones sobre el personal docente (Portillo, 2021).

A través de encuestas con resultados numéricos, los participantes pueden determinar si la capacitación ofrecida satisface sus necesidades, cumple con sus expectativas y si la información es precisa (García, 2012).

b. Nivel 2: Conocimiento

En el nivel dos su meta es medir el conocimiento que los participantes obtienen. Se pueden utilizar varias herramientas, pero todo está sujeto al propósito de la formación y a la metodología seleccionada por el facilitador. En este nivel, generalmente se determina el incremento de conocimientos o desarrollo de competencias, lo que significa que al iniciar el evento se tiene un nivel de conocimiento o destreza y, en la mayoría de los casos, existe una mejora (Rodas, 2019).

Donde los participantes reciben una evaluación del grado de asimilación de los conocimientos, la confianza, las habilidades y la confianza adquirida

durante el proceso de capacitación a través de una variedad de técnicas (García, 2012).

c. Nivel 3: Desempeño

En este nivel su objetivo es medir si los participantes de la capacitación aplican los conocimientos adquiridos en su lugar de trabajo, es decir si ha habido un cambio en la actitud del participante después de culminar el evento, para que se pueda evidenciar debe pasar algún tiempo desde que finalizó la acción formativa (Rodas, 2019).

Donde se valida la aplicación de los conocimientos adquiridos en el proceso formativo a los participantes mediante el uso de diversas estrategias (García, 2012).

d. Nivel 4: Resultados

La valoración de cómo el programa influye en los resultados organizacionales (García, 2012). Es establecer si la formación realizada favoreció a la institución. Esta evaluación es un proceso amplio donde diversas unidades y colaboradores desempeñan funciones específicas para suministrar datos pertinentes para establecer si la institución tuvo ventajas al implementar programas o eventos. (Rodas, 2019).

2.2.8 La escala de Likert

La escala de Likert es una escala de puntuación empleada para interrogar a un individuo acerca de su grado de conformidad o discrepancia con una afirmación (Maldonado, 2007). Es ideal para valorar las reacciones, posiciones y comportamientos de una persona. La variación en las preguntas de "si/no", se debe a que la escala Likert facilitará la clasificación de las respuestas de los individuos encuestados. La escala de Likert sostiene que la intensidad y la fuerza de la experiencia son lineales, por lo que oscilan entre un "totalmente de acuerdo" y un "totalmente desacuerdo", asumiendo que las actitudes pueden ser medidas (Portillo, 2021).

2.2.9 ETP Gdprissma Perú

La Escuela Técnica Profesional Gdprissma Perú, es una entidad privada enfocada en realizar capacitaciones, asesoramiento y evaluación de competencias laborales en las áreas de construcción civil, energía, seguridad, salud ocupacional y medio ambiente.

Cuenta con cursos desde las 12 horas académicas hasta cursos de especialización de 400 horas académicas (cursos presenciales o virtuales). Además, brinda servicios de asesoría y consultoría. Cuenta con Resolución Directoral de Educación N° 1721-1791-2018, cuenta con Resolución Ministerial N° 202200078 del Ministerio de Trabajo y Promoción del Empleo como Centro Autorizado de Certificación de Competencias Laborales a nivel Nacional – CCL.

Cuenta con profesionales como: ingenieros civiles, minas, seguridad y ambientales. El propósito de los instructores es orientar y respaldar a los alumnos en su proceso educativo.

Con la función de:

- **Impartir saberes:** Describen ideas, teorías y prácticas pertinentes al tema que se imparte.
- **Promueve el aprendizaje:** Establecen un entorno favorable para el aprendizaje, empleando diversos métodos y recursos.
- **Valorar el avance:** Efectúan evaluaciones para evaluar la comprensión y el progreso de los alumnos.
- **Ofrecer comentarios:** Proporciona observaciones constructivas y personalizadas para asistir a los alumnos en su mejora.
- **Inspirar e incentivar:** Establecen un entorno positivo y motivador que promueva la implicación y el entusiasmo por el aprendizaje.

2.3 Marco conceptual

2.3.1 Normativa eléctrica

Estas normativas mencionadas a continuación se utilizaron para su correcta implementación del módulo garantizando su calidad, eficacia y seguridad, dentro de la cuales lo más importante son:

Protegen a los participantes: Las normativas establecen medidas de seguridad para los participantes, como protocolos de emergencia, requisitos de acceso y pautas de comportamiento. Esto garantiza un ambiente seguro y propicio para el aprendizaje.

Estas normativas peruanas y otras extranjeras no solo nos ayudan a mantener un ambiente seguro, sino también para aplicarlos dentro del curso de capacitación y en el ambiente laboral al cual va enfocado (sistemas fotovoltaicos).

- Norma Técnica de Edificaciones EM080 Instalaciones con Energía Solar.
- Norma Técnica de Edificación EC.010 Redes de Distribución de Energía Eléctrica.
- Norma DGE Especificación Técnica para el Sistema Fotovoltaico y sus Componentes para Electrificación Rural.
- Código Nacional de Electricidad – Utilización y Suministro.
- Norma DGE Símbolos Gráficos en electricidad.
- Decreto Legislativo de Promoción de la Inversión para la Generación de Electricidad con el Uso de Energías Renovables.
- Ley de Promoción del Uso Eficiente de la Energía.
- Decreto legislativo que Mejora la Regulación de la Distribución de Electricidad para Promover el Acceso a la Energía Eléctrica en el Perú.
- Norma NFPA 70E Seguridad Eléctrica.

2.3.2 Radiación solar

El sol está considerado como fuente inagotable de energía debido a las reacciones nucleares. La energía solar que llega al planeta en forma de radiación electromagnética proveniente del sol, de la fusión de átomos de deuterio se origina la generación de átomos de helio liberando una cantidad elevada de energía. En un segundo, la estrella libera más energía que la consumida por la humanidad a lo largo de su historia. Una parte de esta energía llega a la tierra y recibe en el exterior de su atmósfera una potencia total de $1.73 \times 10^{14} \text{ kW}$ (Flores y Domínguez, 2017).

El sol aporta el 94% de la energía total del planeta, representando la contribución energética más relevante para mantener el ecosistema de la Tierra. Si se puede aprovechar el 0.001% de la energía solar, se podría cubrir el consumo energético global.

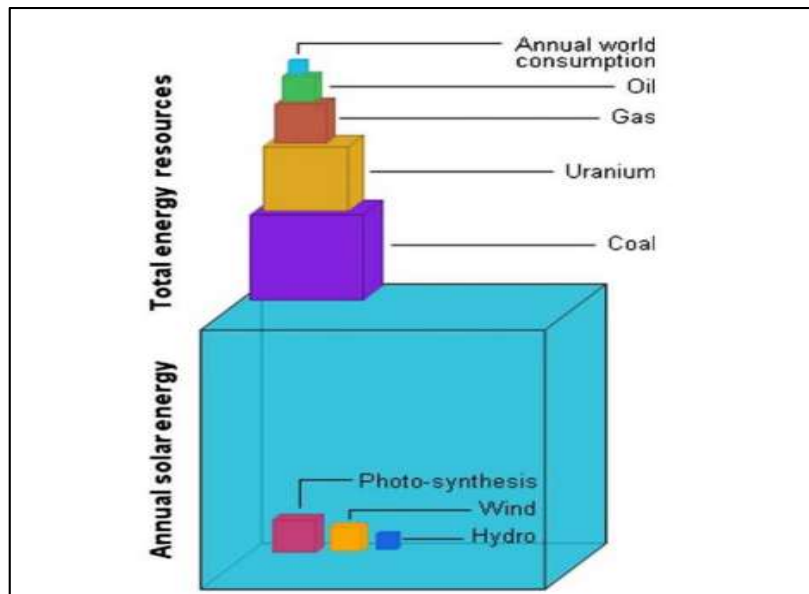


Figura 1. Comparación de recursos energéticos (Bolivar y Mostany, 2006).

La energía solar irradiada se propaga esféricamente, de manera que la Tierra solo puede percibir una pequeña porción de esta. La potencia del valor energético es de 1360 W/m², también conocida como constante solar (GSC). La constante solar incluye todos los tipos de radiación solar (radiación visible, infrarroja, ultravioleta) su valor varía dependiendo del mes (Pérez, 2020).

2.3.3 Influencia de la situación geográfica en la radiación

a. Latitud(Φ)

Indica la ubicación de la distancia entre norte y sur en relación al Ecuador. Números absolutos que oscilan entre 0° (en Ecuador) y 90° (en los polos).

b. Longitud

La longitud indica la separación este-oeste en relación al Prime Meridian (Greenwich). Cantidad absolutas que oscilan entre 0° (Greenwich) y 180°.

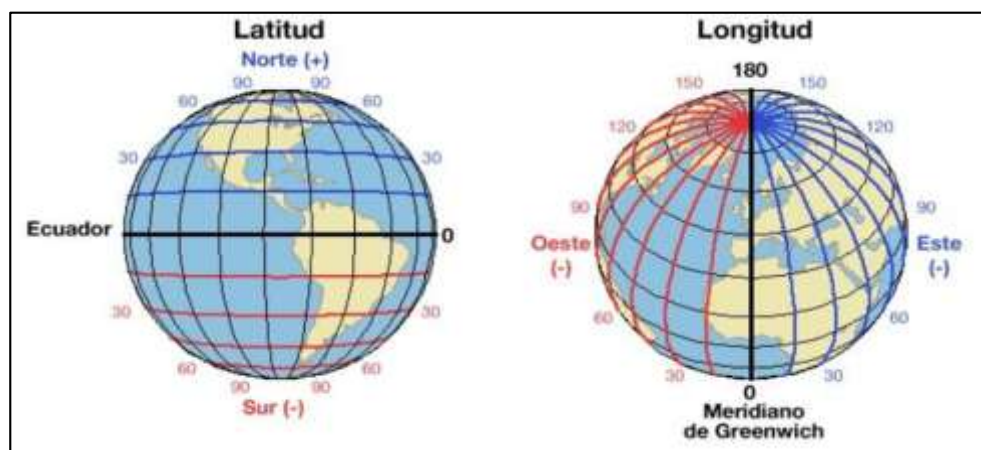


Figura 2. Latitud y Longitud (Academia de aviación, 2010).

c. Ángulo azimut (ψ_s)

Se refiere al ángulo que surge entre la dirección de referencia (norte) y una línea que separa al observador de un punto de interés situado en el mismo plano que la dirección referencial.

d. Ángulo altitud

Se trata de la medida de la altura angular del sol en el firmamento desde la línea horizontal, que es igual a 0° en el amanecer y atardecer y un valor menor a 90° por el medio día.

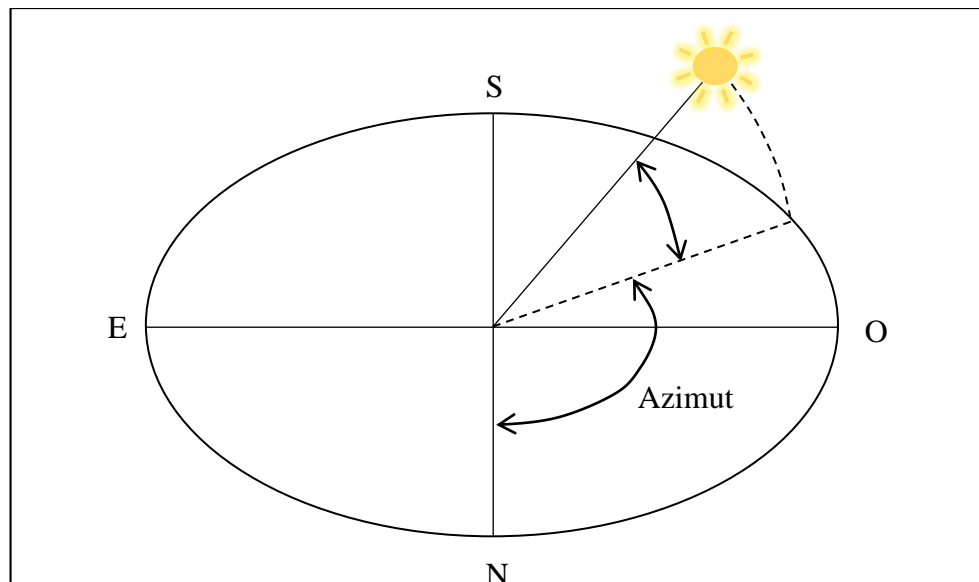


Figura 3. Ángulo de altitud y azimut solar (Ordóñez, 2021).

e. Declinación(δ)

La ubicación angular del sol al mediodía, en relación con el plano terrestre, es positiva para el norte ($-23.45^\circ \leq \delta \leq 23.45^\circ$).

f. Inclinación(β)

El ángulo entre la superficie y la horizontal implica que un elemento de la superficie se encuentra hacia abajo $0^\circ \leq \beta \leq 180^\circ$ y $\beta > 90$.

g. Ángulo horario(ω)

La rotación angular del sol hacia el este, el oeste o el oeste del meridiano local se produce a 15 por hora, siendo negativa durante el día y positiva durante la tarde.

h. Ángulo de incidencia(θ)

La relación entre la inclinación del haz de radiación que incide en una superficie y la normal en dicha superficie. A continuación, se establecen ángulos extra que detallan la ubicación del sol en el firmamento.

i. Ángulo cenit(θ_z)

El ángulo entre una línea vertical y una línea con el sol, o sea, el ángulo de incidencia del rayo de luz solar en una superficie plana. El ángulo de altitud solar se refiere al ángulo que existe entre la línea horizontal y una línea con el sol, o sea, el complemento del ángulo cenital.

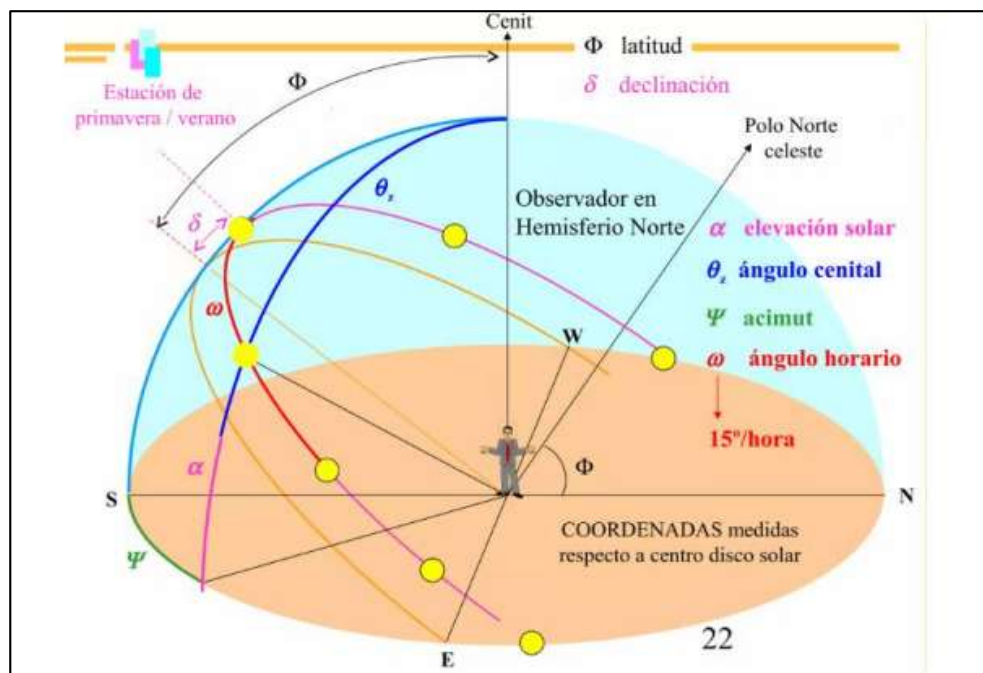


Figura 4. Posiciones del Sol respecto a plano horizontal orientación hemisferio norte (Barbero, 2013).

2.3.4 Efecto atmosférico sobre la radiación solar

a. Radiación solar

Existen tres clases de radiación solar, que varían en función de cómo los fotones afectan la superficie terrestre.

- **Radiación directa:** Se propaga a través de la atmósfera y se dirige directamente del sol a un lugar de la superficie.
- **Radiación difusa:** Durante su travesía hacia la tierra, se topa con nubes, se refleja y cambia de rumbo.
- **Radiación albedo:** Desde el suelo o cualquier otra superficie próxima, la radiación se refleja y luego impacta en otra superficie.

- **Radiación global:** Es la totalidad de toda la radiación que recibe una superficie (Ladrón de Guevara, 2017).

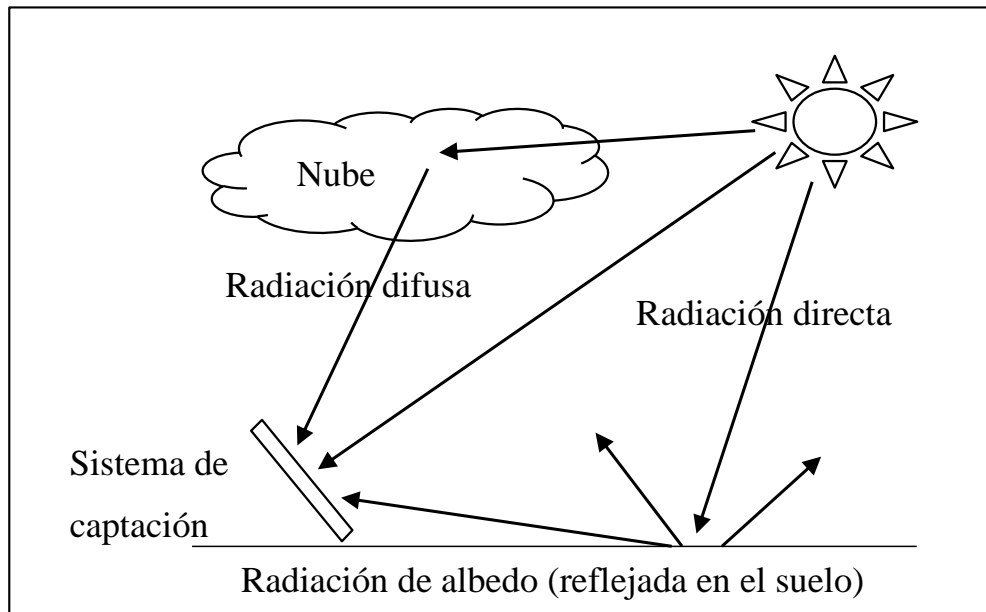


Figura 5. Tipos de radiación (Ladrón de Guevara, 2017).

b. Irradiancia

Se refiere a la intensidad de la radiación solar que determina la unidad de potencia por área. La medida se establece en Watt por metro cuadrado (W/m^2) y kiloWatt por metro cuadrado (kW/m^2), de uso habitual. De hecho, las pruebas de laboratorio de módulos fotovoltaicos, nombradas STC (Standard Conditions) o también conocidas CEM (Standard Conditions of Measurement), se llevan a cabo simulando un escenario diurno soleado. Esta simulación prevé proyectar una irradiancia de $1 kW/m^2$ en el módulo fotovoltaico. Mientras que la irradiancia proyectada afecta al módulo, se miden las magnitudes eléctricas de salida (potencia, V_{mpp} , V_{oc} , I_{mmp} , I_{sc} y eficiencia) (Peña, 2022).

c. Irradiación

Es la exposición a la radiación solar durante un período de tiempo. Su unidad de medida es Wh/m^2 o J/m^2 . La irradiación solar es una unidad de energía, por ejemplo, si una irradiancia de $800 W/m^2$ cae sobre una zona geográfica (horas), si utilizamos el prefijo kilo para reducir la expresión, sería de $4 kWh/m^2/día$. Así pues, podríamos decir en promedio que por cada metro cuadrado de tierra hay $4.000 Wh$ de energía disponible del sol durante el día (Peña, 2022).

d. La difusión (Scattering)

Produce la atenuación de la radiación solar que alcanza el límite superior de la atmósfera, haciendo que se disperse en todas direcciones. Los componentes atmosféricos que producen este efecto son el vapor de agua, los aerosoles y los componentes moleculares. El efecto de difusión está directamente relacionado con el tamaño del constituyente y su concentración (Fabre, 2013).

e. Hora solar pico (HSP)

Es una unidad que mide la irradiación solar y se define como la duración en horas de una hipotética irradiación solar constante de 1000 W/m^2 . La cantidad máxima de energía que puede generar el módulo (solar fotovoltaico) (1.000 W/m^2), $25 \text{ }^\circ\text{C}$ y 1,5 masas de aire), podemos entender que, si esta potencia se expresa en horas en dichas condiciones, la medida de las unidades serían kWph/m^2 , o serían iguales a HSP. Por lo tanto, la HSP es expresada como la disponibilidad de energía solar que incide en los paneles solares durante todo el día (Pérez *et al.*, 2017).

f. Masa de aire (AM)

Un concepto que caracteriza el efecto de una atmósfera clara sobre la radiación solar es el de masa de aire, relacionado con la longitud del camino que realiza la radiación directa hasta que llega a la superficie. En un día claro al nivel del mar y con el Sol en el cenit, hay una masa de aire de 1, abreviado como AM1. Otras veces, la masa de aire es $1/\cos(\theta_z)$, siendo θ_z el ángulo formado por la radiación directa del Sol con la vertical de la ubicación. AM1.5 se usa para las calibraciones y certificaciones de equipos solares (Flores y Domínguez, 2017).

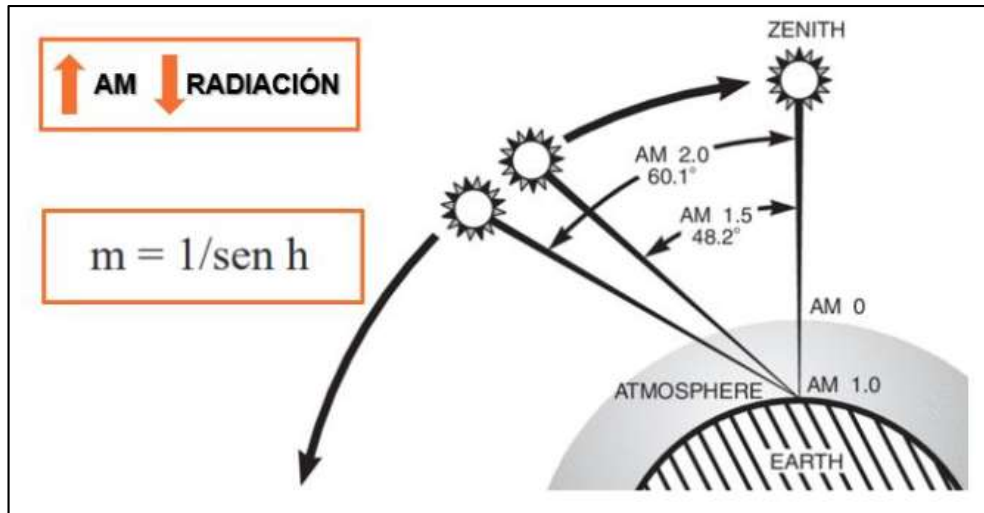


Figura 6. Masa de aire (Pérez, 2020).

2.3.5 Posición del sol

Además del clima, otro elemento que establece la incidencia de la radiación en un colector solar es el movimiento visible del Sol por el cielo durante el día y el año. La Tierra muestra un movimiento de desplazamiento alrededor del Sol, siguiendo un camino en forma de elipse, con una excentricidad del 3%. La línea ficticia que ilustra la órbita que se ha descrito se denomina eclíptica. Esta órbita establece el nivel del eclipse. Durante su desplazamiento, el eje rotatorio de la Tierra siempre establece el mismo ángulo de $23,45^\circ$, con el plano eclíptico en perpendicular. El ángulo que establece el plano eclíptico con el plano del ecuador fluctúa a lo largo del año, como se ilustra en la imagen. Este ángulo, conocido como declinación, oscila entre $-23,45^\circ$ durante el día del solsticio invernal y $23,45^\circ$ durante el día del solsticio estival. (Flores y Domínguez, 2017).

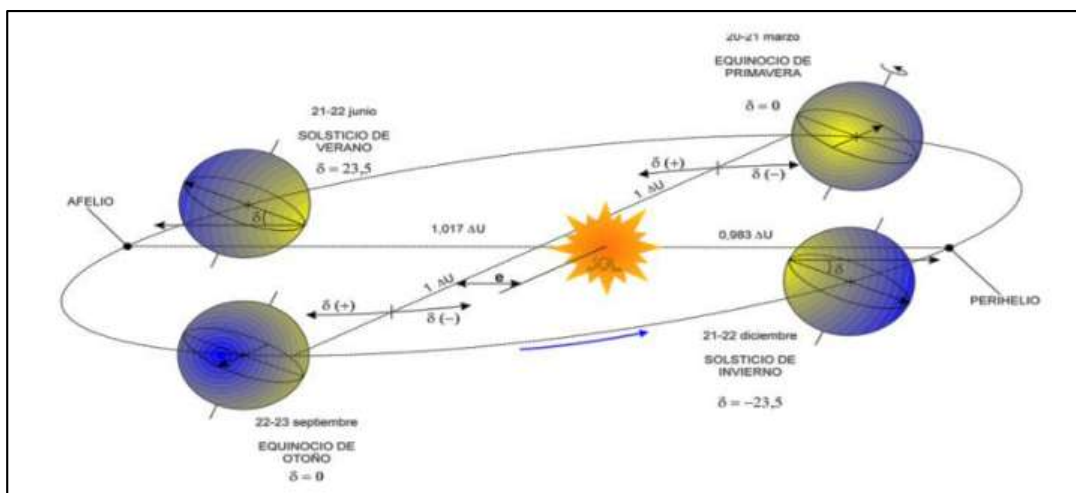


Figura 7. Movimiento de rotación de la tierra alrededor del sol (Pérez, 2020).

a. Geometría del desplazamiento del sol

Desde la perspectiva de un observador en la superficie terrestre, el Sol parece representar un arco desde su origen (salida) hasta su ocaso (ocaso). Por definición, en la mitad de este curso, al mediodía solar, se ubica el plan meridiano local. La línea vertical del observador sobre la superficie de la Tierra corta la cúpula celeste en un punto llamado zenit. El eje de la Tierra forma un ángulo igual a la latitud de la ubicación (ϕ) con el plano del horizonte del observador (Flores y Domínguez, 2017).

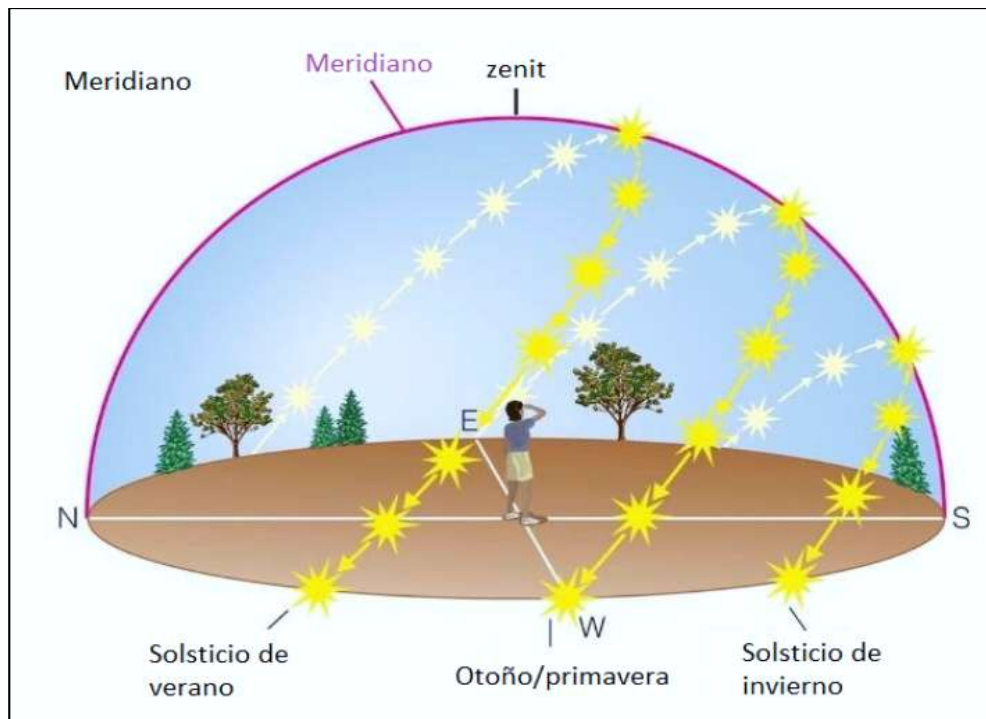


Figura 8. Trayectoria solar sobre el plano del observador (Sáez, 2009).

b. Cálculo de sombras

La pérdida de radiación solar que sufre una superficie debido a las sombras proyectadas por los obstáculos circundantes varía a lo largo del día, en función de la latitud, fecha y hora del lugar. Los problemas de sombra afectan a las aplicaciones de la energía solar en diferentes áreas: sombreado entre colectores de una instalación; sombreado de sensores y edificios debido a otros obstáculos y reducción de carga debido a la intercepción de radiación en elementos externos a un edificio (Flores y Domínguez, 2017).

2.3.6 Clasificación de las instalaciones fotovoltaicas

Podemos clasificar las instalaciones fotovoltaicas según su aplicación prevista. Por lo tanto, diferenciaremos entre aplicaciones autónomas y aplicaciones conectadas a la red.

a. Instalaciones aisladas (off grid)

Producen energía eléctrica sin ninguna vinculación a la red eléctrica, con el objetivo de proporcionar este tipo de energía al sitio en el que se ubican. Es posible identificar dos bloques:

Usos espaciales: Actúan para proveer electricidad a satélites de comunicaciones, estación espacial internacional, entre otros.

Usos en tierra: Se incluyen telecomunicaciones, electrificación de áreas rurales y remotas, señalización, iluminación pública, bombeo de agua, redes VSAT, telemetría, entre otras.

b. Instalaciones conectadas a red (on grid)

En estos casos, el productor tiene la opción de emplear la energía directamente (consumo autónomo), o bien comercializar a la entidad encargada de la administración energética del país. Tienen la ventaja de que la producción de electricidad se produce precisamente durante el período en que aumenta la curva de demanda eléctrica, es decir, durante el día, por lo que el precio de los kilovatios-hora generados es más elevado que los generados por la noche (Carmona y Díaz, 2018).

Estos sistemas no utilizan el almacenamiento de energía porque toda la producción se entrega directamente en la red. Este sistema representa una fuente complementaria del gran sistema eléctrico al que está conectado. Todo el sistema se conecta a los inversores y después se conecta directamente a la red según las instrucciones (Amaral y De Paula e Sousa, 2022).

Varios de los usos de los sistemas interconectados son:

- Instalaciones en tejados o terrazas de construcciones
- Plantas de producción o huertos solares
- Integración en edificios

2.3.7 Elementos de una instalación solar fotovoltaica

a. La célula fotovoltaica (célula solar)

Es el componente clave en la instalación de energía solar como generador, que se distingue por transformar los fotones que provienen del sol en energía eléctrica (efecto fotovoltaico). Una célula solar se comporta como un diodo, la parte expuesta al sol es "N" zona que se encuentra metalizada parcialmente (forma de peine) para que la radiación solar llegue al semiconductor y la parte situada en la zona de oscuridad "P" se encuentra metalizado por completo (no tiene que recibir luz) (Carmona y Díaz, 2018).

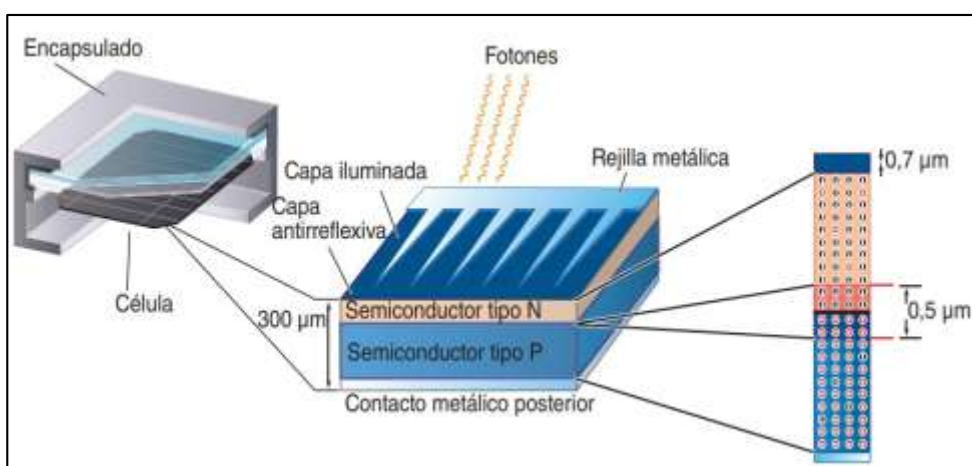


Figura 9. Partes de célula solar (Carmona y Díaz, 2018).

Elementos esenciales de la corriente de iluminación solar (II): Corriente producida cuando la radiación impacta en la célula corriente de oscuridad. Se produce debido a recombinación de los pares electrón-hueco que se produce en el interior del semiconductor (Carmona y Díaz, 2018).

Tensión de circuito abierto (V_{oc}): La tensión máxima que se obtiene en los extremos de la célula solar, se da cuando no están conectadas a ninguna carga (Carmona y Díaz, 2018).

Corriente de cortocircuito (I_{sc}): El máximo flujo de corriente que puede atravesar la célula solar ocurre cuando sus terminales están interconectadas entre sí. (cortocircuito). dependiendo de la célula y su área, a mayor área más corriente de cortocircuito (Carmona y Díaz, 2018).

Potencia de la célula solar: La potencia que proporciona una célula solar varía de acuerdo a los datos del fabricante y acorde a curvas I-V (Carmona y Díaz, 2018).

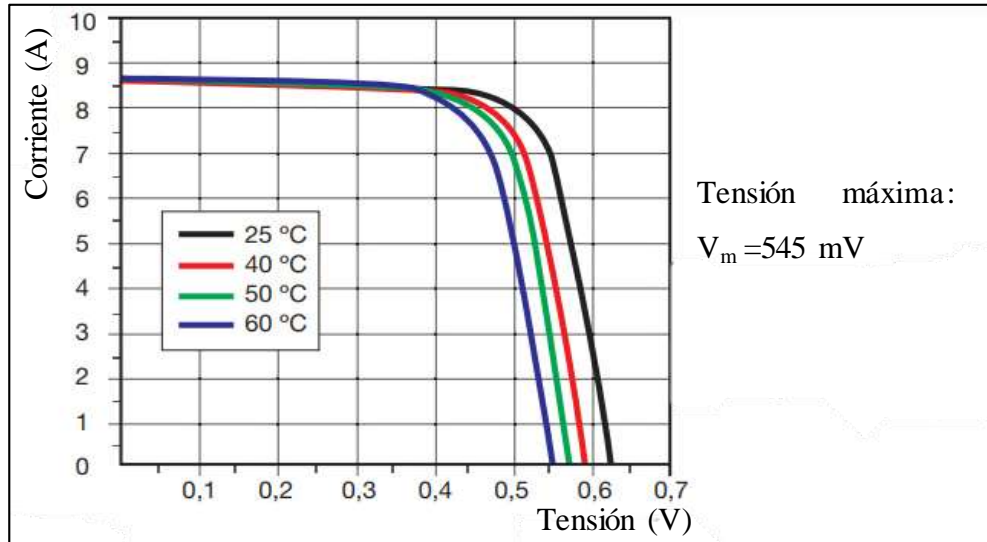


Figura 10. Curva I-V panel solar respecto a temperatura (Carmona y Díaz, 2018).

b. Panel solar

Un módulo fotovoltaico o panel solar se compone de un grupo de células, vinculadas eléctricamente, encapsuladas y colocadas en una estructura de apoyo o marco. Proporciona tensión continua a la salida de su conexión, y está diseñado para valores de tensión específicos (12V, 24V, etc.), que definirán la tensión en la que funcionará la instalación fotovoltaica. A continuación, las principales características del panel solar (Carmona y Díaz, 2018).

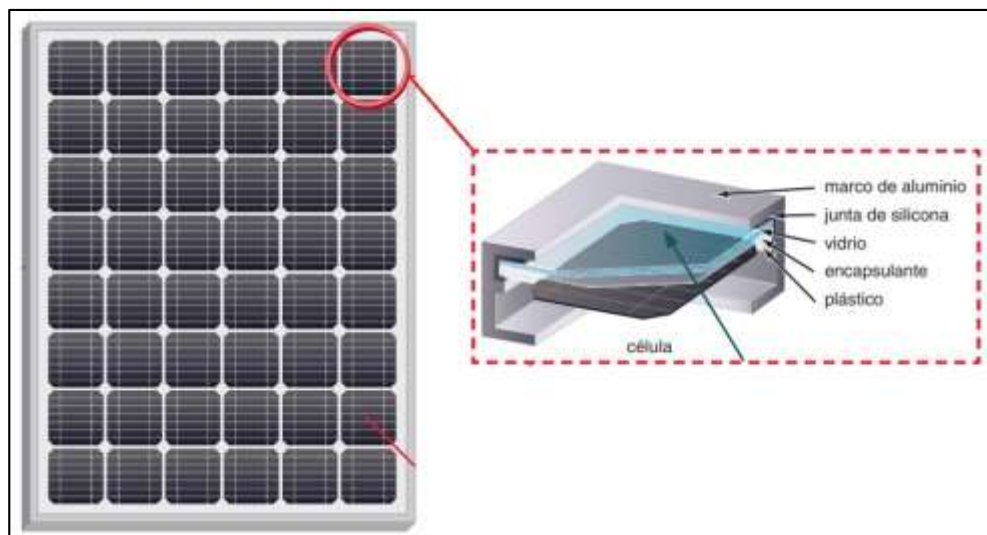


Figura 11. Partes del panel solar (Carmona y Díaz, 2018).

Los paneles solares se componen de células solares dispuestas en paralelo y serie. Dentro de las células comerciales se encuentran 60 y 72 de silicio cristalino, fluctuando en su potencia de emisión de 250-350W. Con la tecnología emergente de paneles bifaciales se incrementa la potencia superior de hasta 450W.

c. Tipos de paneles solares

Vienen dada por la tecnología de fabricación de las células solares entre la cuales tenemos:



Figura 12. Tipos de células fotovoltaicas (Pérez, 2020).

Silicio monocristalino

- Son los más eficientes, alcanzando rendimientos de conversión entre luz y electricidad de hasta el 22%.
- Son los más costosos, presentando actualmente un costo que puede oscilar entre 25–30 cent €/W.
- Tienen una organización constante.

Silicio policristalino

- Poseen una eficiente eficiencia, que puede alcanzar hasta el 19%.
- Costos medios, con un precio presente que oscila entre 0,15-0,25 €/W.
- Organización regulada por áreas • Estructura estructurada por áreas

Silicio amorfo

- Rendimiento más bajo (cerca del 13%).
- Costo bastante reducido.
- Formación bastante irregular.

d. Tecnología de paneles solares

- **Thin-film PV technology (celda solar de película fina):** Están formados por la acumulación de capas finas de diversos materiales semiconductores sobre sustrato, el rango de espesor de esta capa varía de nanómetros a decenas de micrómetros. El rendimiento varió de acuerdo a los semiconductores empleados.
- **Módulos fotovoltaicos bifaciales:** Se tratan de módulos solares convencionales a las que se les quitan la capa opaca, para así absorber energía por ambas caras. Gracias a la radiación difusa y reflejada esta tecnología puede generar un 20-30% más de energía.
- **Tecnología PERC:** Los módulos que incorporan esta tecnología cuentan con una capa extra que se sitúa entre la capa celular y la capa de aluminio opaca, haciendo que la radiación infrarroja que no ha sido absorbida en primera instancia vuelva a ser reflejada, mejorando la eficiencia durante las primeras horas del día y por las tardes (Pérez, 2020).
- **Célula partida (HALF-CELL):** Paneles solares de media celda, tal como su denominación indica, se fabrican con celdas solares divididas en dos, lo que optimiza su eficiencia y durabilidad. Los paneles solares de 60, 72 y 78 celdas poseerán respectivamente 120, 144 y 156 celdas medias solares, esta modificación incrementa el rendimiento y la longevidad del panel solar. Las celdas solares se organizan en grupos de 3 filas en serie en la parte superior y de otras 3 filas en serie en la inferior, y estos grupos se encuentran en paralelo entre ellos. Esta dinámica consigue la misma disposición de corriente y voltaje que con los paneles solares tradicionales, aunque sorprendentemente su eficiencia se incrementa considerablemente (Energy, 2024).

e. Regulador de carga

Es crucial en una instalación fotovoltaica aislada, ya que se ocupa de controlar la carga entre los paneles solares y las baterías. Su objetivo es prevenir situaciones de sobrecarga y sobre descarga de la batería. El controlador emplea tres estados de carga:

- **Fase bulk:** La batería está desconectada y toda la corriente producida por el campo fotovoltaico se suministra a las baterías, incrementando la tensión de la batería conforme se va cargando.
- **Fase absorción:** Cuando la batería llega a la tensión de absorción (aberturas de plomo ácido 14.4 v, AMG y Geel 14.1 v). El regulador de carga conserva la tensión un poco por debajo del valor especificado y se disminuye hasta que quede totalmente cargado.
- **Fase flotación:** en esta fase reduce la tensión (generalmente 13.5 v) y la corriente inyectada se reduce (Ronova, 2024).

f. Tipos de regulador de carga

- **Regulador pwm (pulse width modulation / modulación por ancho de pulsos):** realizan el control de la carga de baterías a través de un algoritmo configurado. En esencia, la corriente inyectada y el voltaje se comportan en función del estado actual de carga de las baterías. Los reguladores PWM no diferencian la tensión operativa de los paneles de las baterías, por ello es recomendable utilizar paneles solares de 36 células para baterías de 12 y 72 células para 24v.
- **Regulador mppt (maximum power point tracking / seguidor de máxima potencia):** Independizan la corriente de operación de los paneles solares respecto a la corriente de la batería. Así entonces el algoritmo MPPT puede variar su tensión de funcionamiento buscando en todo momento el punto donde se entrega la máxima potencia. Son utilizados para cargar baterías de 24v con paneles de 60 células (Ronova, 2024).

g. Baterías

Las baterías o acumuladores fotovoltaicos son esenciales, ya que almacenan la energía generada por los paneles solares en energía química para su posterior uso, su función principal también se puede utilizar para otros fines, tales como: Estabilización de voltaje y corriente: las baterías pueden ayudar a mantener una salida de voltaje y corriente más estables, lo que es especialmente útil en sistemas donde la producción de electricidad puede fluctuar debido a condiciones meteorológicas variables o cambios de carga (Cárdenas, 2024).

h. Tipos de baterías

- **Baterías AGM (Absorption Glass Mat):** Las baterías absorbentes de vidrio son baterías selladas que emplean tecnología de construcción revolucionaria para conservar electrolitos. Las baterías AGM, en vez de emplear placas de plomo inmersas en ácido, emplean una esfera de vidrio absorbente para conservar el electrolito. Esto permite que las baterías AGM estén selladas y sin mantenimiento (Auto, 2024).
- **Baterías de Gel:** Son baterías recargables que emplean un gel denso en vez de electrolitos líquidos para trasladar iones entre los electrodos. Este gel es una mezcla de ácido sulfúrico, sílice y otros aditivos que lo convierten en un material semisólido. La principal diferencia entre las baterías de gel y las baterías convencionales de plomo-ácido es el estado físico del electrolito, las convencionales son líquidas y en las baterías de gel el electrolito es de gel lo que evita su derrame (Cárdenas, 2024).
- **Baterías estacionarias:** Son un acumulador creado específicamente para su aplicación en aplicaciones de almacenamiento de energía o estacionarias, como sistemas solares de energía, aerogeneradores y sistemas de copia de seguridad de centros de datos, telecomunicaciones, etc. Estas baterías están destinadas principalmente a proporcionar una corriente estable y continua durante largos períodos de tiempo (Cárdenas, 2024).
- **Baterías de Ion Litio:** Una batería recargable compuesta por iones de litio emplea el litio como componente esencial de su solución electrolito. Estos acumuladores se caracterizan por su elevada capacidad energética, lo que implica que poseen la habilidad de acumular una considerable cantidad de energía en relación a su tamaño y peso. Esta característica le convierte en una opción ideal para una gran variedad de usos, desde dispositivos electrónicos portátiles hasta coches eléctricos y sistemas de retención de energía (Cárdenas, 2024).

i. Inversor

El inversor forma parte integrante de un sistema fotovoltaico y su función principal es transformar la energía suministrada por un conjunto de paneles solares en forma de corriente continua (DC) en corriente alterna (AC) para ser utilizada en los hogares, o edificios, verterlo en la red o almacenarlo en baterías (Gutiérrez, 2023).

j. Inversores de conexión a red

- **Microinversores:** Son inversores más pequeños, se colocan en cada panel solar. De esta forma, el daño a un panel no afecta a la matriz fotovoltaica, convirtiendo la energía a plena capacidad. Mediante el uso de micro inversores, se puede controlar el rendimiento de cada panel, pudiendo detectar cualquier problema a tiempo y repararlo antes de que el rendimiento global del sistema se vea afectado (Gutiérrez, 2023).
- **Inversor de string:** Son inversores diseñados para unir un grupo de paneles solares (un string) conectados en serie, a un inversor que transforma la energía generada en DC por toda la cadena, en CA, añadiendo la potencia de cada panel. El inversor no debería exceder la potencia nominal para la que ha sido diseñado para su funcionamiento, que debe ser inferior a la potencia máxima de la instalación. Sin embargo, este tipo de configuración reduce la generación de energía al string si un módulo fotovoltaico reduce su rendimiento por un problema de funcionamiento, como la presencia de sombras en el panel (Gutiérrez, 2023).
- **Inversor central:** Son inversores que tienen entrada para una serie de string, que luego se asocian paralelamente para adaptarse a la potencia requerida. La conexión a la red se realiza mediante este tipo de inversores siguiendo una etapa de aumento de tensión y seguida de una inversión de la corriente (Gutiérrez, 2023).

k. Inversores para sistemas aislados

- **Inversores:** Estos equipos tienen como única función tomar la energía almacenada en las baterías (corriente continua) y transformarla en corriente alterna (Rocha, 2022).
- **Inversor cargador:** Este tipo de inversor fotovoltaico no sólo transforma la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA), también tiene la capacidad de convertir la corriente alterna de entrada auxiliar en corriente continua y cargar las baterías o transportarla donde se necesite la electricidad. La fuente auxiliar suele ser un generador de emergencia (Rocha, 2022).
- **Inversor híbrido:** Este inversor fotovoltaico lo tiene todo. Dispone de un regulador de carga que permite conectar directamente las placas solares, las baterías y su propio consumo y, además, tiene un cargador de baterías integrado (Rocha, 2022).

l. Interruptor termomagnético

La utilización de dispositivos de desconexión en redes eléctricas es necesaria para proteger la red y los dispositivos conectados a ella. Estos dispositivos regularmente tienen cambios de impedancia de cero, en posición cerrada, a infinita en posición abierta. Existen distintos métodos y diseños disponibles en el mercado y la industria para protección de redes y equipos. Entre ellas encontramos varios tipos de acuerdo a la curva de disparo:

- **Corrección B:** La corriente nominal se emite entre 3 y 5 veces y es apta para cargas resistivas.
- **Coordenada C:** La corriente nominal se emite entre 5 y 10 veces, lo que resulta perfecto para circuitos con cargas inductivas de moderada intensidad.
- **Curva D:** La corriente nominal se emite entre 10 y 20 veces y está concebida para cargas de alta inductividad.

- **K curva:** La corriente nominal se emite entre 8 y 14 veces, lo que resulta beneficioso para salvaguardar circuitos que alimentan cargas con picos elevados de corriente durante el inicio.
- **Z Curva:** La corriente nominal se emite entre 2 y 3 veces y se recomienda para salvaguardar dispositivos de alta sensibilidad.

El interruptor termomagnético es un dispositivo diseñado para abrir y cerrar un circuito de manera no automática y para abrir el circuito automáticamente en una sobrecarga predeterminada sin hacerse daño cuando es correctamente utilizado conforme a su amperaje. La potencia disponible ofrecida por un transformador a un sistema de distribución excede la potencia soportada por cada circuito del sistema, el transformador proporciona la corriente demandada sin saber si el circuito es capaz de soportarla, en este punto el interruptor termomagnético actúa como un centinela protegiendo los circuitos de su red (Romo Garcia, 2020).

2.3.8 Componentes para el monitoreo de datos

a. Sensor de tensión DC

Se utiliza para medir e identificar tensión de corriente continua y alterna. Específicamente estos sensores miden la potencia de los equipos durante el proceso y envían su salida al sistema encargado de la recogida y procesamiento, que luego se envía al centro de control (Romero, 2015).

Es un módulo divisor de voltaje de tamaño reducido con resistencias de 30K y 7K5. Es posible calcular un voltaje de hasta 25V DC y dividirlo por un factor de 5 ($7.5 / (30+7.5)$). Se puede utilizar con placas de Arduino, Nodemcu, ESP32 y otros microcontroladores MCU, siempre que el voltaje de medición de 16.5V no exceda el voltaje de medición. Este sensor resulta muy práctico para verificar la condición de una batería y verificar el suministro de energía de un aparato de 12V o 24V, tales como una tira LED, un electroimán, un ventilador o un peltier. (Unit Electronics, 2023).

b. Sensor de corriente DC

En el control del sistema, es necesario medir la corriente de los paneles solares utilizando algunos parámetros eléctricos que son esenciales para el

control MPPT y pueden controlar mejor la barra de DC que es el que provee el voltaje al inversor. Asegúrese de que no se exceda la corriente que fluye a través de este terminal para proteger la vida útil del panel solar y los componentes del sistema electrónico del equipo (Jaramillo y Silva, 2020).

El sensor de corriente ACS712 admite mediciones de corriente CA o CC de hasta 30A. Funciona internamente con un sensor de efecto Hall que detecta el campo magnético creado por el peso de la corriente eléctrica que pasa a través de los cables de cobre internos y convierte ese campo en un voltaje alterno. Esto significa que cuanto mayor sea la corriente, mayor será el voltaje en el pin (Unit Electronics, 2024).

c. Sensor de temperatura

El sensor de temperatura digital de tipo DS18B20 y con encapsulado de acero inoxidable, es resistente al agua y tiene una longitud de cable de hasta un 1m. Es capaz de registrar temperatura de hasta 125°C.

Se utiliza para detección de temperatura y para control automático de tanques y procesos industriales para fluidos no corrosivos, sistemas de monitoreo y adquisición de datos, sistemas HVAC, termómetros y todo tipo de sistemas electrónicos sensibles a la temperatura (Unit Electronics, 2024).

d. Arduino R4 Wifi

Arduino UNO R4 Wifi es una tarjeta de aplicación programable que facilita una introducción fácil y eficiente al universo de la electrónica y la programación a través de Arduino IDE. Se fundamenta en la incorporación de dos microcontroladores, fusionando la potencia y los periféricos recientes del microcontrolador R7FA4M1AB3CFM con un microprocesador Arm Cortex-M4 de 48MHz, y la conectividad WiFi y bluetooth del ESP32-S3 de 32 bits. A comparación de sus predecesores, su memoria es más grande, ya que tiene 26 kB de memoria flash, 32 kB de SRAM y 8kB de EEPROM.

Tiene 14 pines de entrada / salida digital (de los cuales 6 se pueden usar como salidas PWM), 6 entradas analógicas, 1 convertidor digital-analógico, una matriz de LEDs de 12x8 integrada sobre la tarjeta. Además, incorpora una conexión USB tipo C, un conector de alimentación PWR, un encabezado para

comunicación ICSP, un botón de reinicio y un conector Qwiic para comunicación I2C.

El Arduino UNO R4 Wifi es utilizado para realizar todo tipo de prototipos, prácticas y proyectos de electrónica ya que puede ser programable para cumplir diferentes tareas o procesos que se le definan. ya sea recopilar información de sensores digitales y analógicos, además de poder controlar diferentes dispositivos como LEDs, buzzers, motores, actuadores y más. Si eres estudiante, técnico, ingeniero, maker o docente en electrónica esta placa te ayudará a introducirte de forma práctica al mundo de la programación y desarrollo de proyectos de electrónica (Unit Electronics, 2024).

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Ámbito de estudio

Se llevó a cabo el trabajo de investigación realizando el diseño e implementación de un módulo de capacitación con respaldo en línea optimizando el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos para mejorar el aprendizaje en la ETP Gdprisma Perú – sede Juliaca, ubicado en el Jr. Nicolás de Piérola N° 885 Int. 3 Juliaca con una latitud: -15.4907, longitud: -70.1254.

3.2 Tipo de investigación

El tipo de investigación es aplicativo, con el objetivo de desarrollar un módulo de capacitación práctico y útil para la formación de interesados en el sector de la energía solar. Así mismo, porque el proyecto de diseño e implementación tiene por finalidad generar conocimiento y ponerlo en práctica con el propósito de favorecer la vida de las personas (Hernández y Mendoza, 2018). Al implementar un módulo de capacitaciones en sistemas fotovoltaicos con un sistema online de dimensionamiento para los estudiantes de la Escuela Técnica Profesional Gdprisma Perú – Juliaca.

3.3 Enfoque de la investigación

En el trabajo de investigación es de enfoque cuantitativo, se explica que este enfoque está basado en medición numérica y que emplea el recojo de todos los datos donde se usa continuamente la estadística para contrastar la hipótesis así mismo responder las preguntas del trabajo de investigación (Hernández *et al.*, 2014).

3.4 Diseño de la investigación

Es de tipo experimental consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, bajo ciertas condiciones, estímulos o tratamientos (variable independiente), y luego observar los resultados o reacciones que surgen (variable dependiente) (Hernández y Mendoza, 2018).

3.5 Población y muestra de la investigación

3.5.1 Población

Según Chaudhuri, 2018 y Lepkowski, 2008b, citado por (Hernández y Mendoza, 2018), la población es el conjunto de todas las instancias que cumple un conjunto de especificaciones, de acuerdo al interés sobre los que hace un estudio. Para la

investigación realizada, la población que compone la ETP Gdprisma Perú es de un aproximado de 200 alumnos por año (cursos virtuales y presenciales) dentro de las cuales un porcentaje del 20 % aproximadamente son interesados en el sector de energía solar fotovoltaica, incluyendo, instaladores, diseñadores y estudiantes.

3.5.2 Muestra

En el trabajo de investigación la muestra de estudio está conformado por 15 participantes del curso “curso de especialización en energía solar fotovoltaica” donde componen interesados en aprender en el sector de energía solar fotovoltaica.

3.6 Materiales y procedimientos

3.6.1 Diseño del sistema de dimensionamiento fotovoltaico en línea

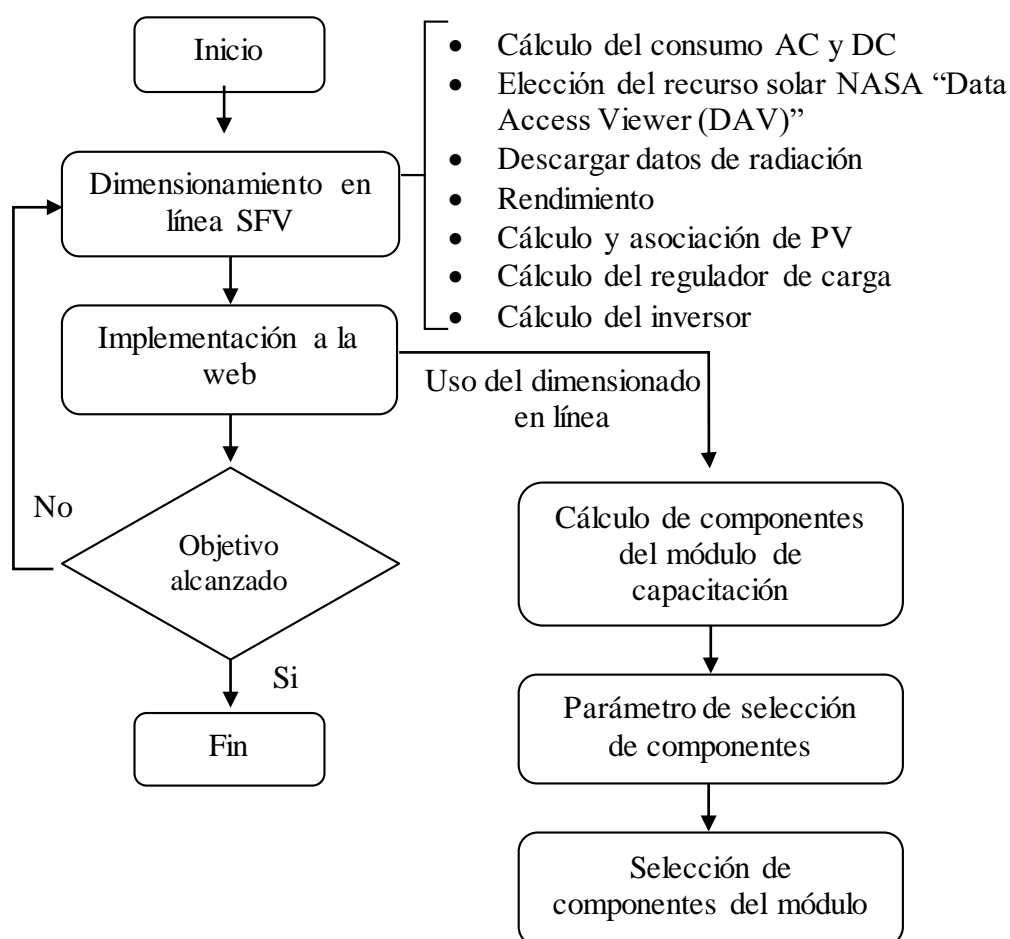


Figura 13. Diagrama de flujo para el diseño del sistema de dimensionamiento fotovoltaico en línea.

Para poder realizar un sistema de dimensionamiento en línea se tuvo que realizar un trabajo preliminar en Excel donde se realiza paso a paso todo el procedimiento para dimensionar sistemas fotovoltaicos aislados de la red. El concepto de dimensionado

lo define como el cálculo del tamaño óptimo de la instalación, se usa la metodología aplicada para dimensionar (Hontoria y Aguilera, 2004).

a. Cálculo del consumo

Se deberá calcular la energía que el usuario necesita diariamente, considerando la potencia de todos los aparatos, la cantidad y el tiempo de uso de cada uno de ellos. Para ellos se usan las siguientes fórmulas:

$$E_{AC} = \sum P_{(AC)i} * t_{di} \quad (1)$$

$$E_{DC} = \sum P_{(DC)i} * t_{di} \quad (2)$$

Siendo:

E_{AC} : Energía requerida AC (Wh)

E_{DC} : Energía requerida en DC (Wh)

P_i : potencia Nominal (W)

t_{di} : Tiempo de uso diario (h)

Luego se calcula el consumo total requerido por día, considerando los rendimientos de la batería y el inversor y usamos la siguiente fórmula.

$$E_T = \frac{E_{DC}}{\eta_{BAT}} + \frac{E_{AC}}{\eta_{BAT} * \eta_{INV}} \quad (3)$$

Siendo:

E_T : Energía real requerida (Wh)

η_{BAT} : Rendimiento de la batería

η_{INV} : Rendimiento del inversor

b. Elección del recurso solar NASA “Data Access Viewer (DAV)”

Para el cálculo del recurso solar disponible en todas las provincias del Perú se empleó la base de datos de la NASA “Data Access Viewer (DAV)” considerando un promedio de 20 años a una inclinación de 15° (enero de 2001 a diciembre de 2020).

A continuación, la tabla donde se selecciona el departamento, la provincia y el mes, dando resultado a una inclinación de 15° y la energía disponible por mes. En el **Anexo 8**, se adjunta la energía disponible de todas las provincias del Perú y por cada mes (NASA, 2024).

c. Cálculo de la cantidad y asociación de paneles solares

Para calcular el número de paneles solares a instalar, usamos las siguientes fórmulas:

$$NT = \frac{ET}{(P_P * G * P_G)} \quad (4)$$

Donde:

E_T : Energía real requerida (Wh)

P_P : Potencia pico del panel solar (W)

G : Energía disponible (kWh/m²)

P_G : Factor de pérdidas (varía entre 0.65 y 0.9)

Conociendo el número de paneles solares indispensable, la tensión de trabajo de las baterías y del panel solar a usar, calculamos la asociación en serie con la siguiente fórmula:

$$N_S = \frac{V_{bat}}{V_n} \quad (5)$$

Donde:

N_S : Cantidad de paneles en serie

V_{bat} : Tensión nominal de baterías

V_n = Tensión nominal de panel solar

Ahora calculamos la cantidad de paneles solares en paralelo con la siguiente fórmula.

$$N_p = \frac{N_T}{N_S} \quad (6)$$

Donde:

N_p : Cantidad de paneles solares en paralelo

d. Cálculo del regulador de carga

Para calcular la capacidad del regulador se tiene que tomar en cuenta la corriente máxima que produce el panel solar a pleno rendimiento y sumar si están conectados en paralelo. Por el cual usamos la siguiente fórmula:

$$I_T = I_M * N_R \quad (7)$$

Donde:

I_T : Corriente total

I_M : Corriente generada por cada String

N_R : Número de String.

$$I_M = \frac{P_P * \eta_{PV}}{V_n} \quad (8)$$

Donde:

P_P : Potencia pico del panel solar

η_{PV} : Rendimiento del panel solar

V_n : Tensión nominal del panel solar

e. Cálculo de la capacidad en batería

Para realizar el dimensionado de la capacidad en baterías se tienen que tener en cuenta 2 parámetros muy importantes los cuales son: Máxima profundidad de descarga y autonomía. Así, entonces tenemos la siguiente fórmula:

$$C_b = \frac{E_T * N}{P_d} \quad (9)$$

$$C_b(Ah) = \frac{C_b(Wh)}{V_{bat}} \quad (10)$$

Donde:

C_b : Capacidad en baterías (Wh o Ah)

E_T : Energía real requerida

P_d : Profundidad de descarga

V_{bat} : Tensión nominal de baterías

f. Cálculo del inversor

Para realizar el cálculo de la capacidad del inversor se tiene que tener en cuenta la potencia simultánea de los aparatos DC y AC a usar, según el autor nos recomienda agregar un factor de error (factor de seguridad) de 15%.

En el paso “a” se calculó el cuadro de cargas, dentro de ello encontramos la potencia simultánea y le multiplicamos el factor de error del 15%, así tenemos en valor mínimo del inversor de aislada.

g. Cuadro de rendimiento de los componentes

Según las fórmulas en la numeración “b” detalladas, se requería los rendimientos de los componentes usados en el módulo (que se encuentra en la **tabla 4**) de las cuales son:

- Rendimiento de PV
- Rendimiento de batería
- Rendimiento de inversor
- Rendimiento del controlador
- Pérdidas por cableado
- Profundidad de descarga
- Autonomía de baterías

3.6.2 Dimensionamiento de los componentes del módulo

Para llevar a cabo el cálculo de los sistemas fotovoltaicos del módulo de formación, se debe considerar que este módulo se empleará en la realización de formación (teórica y práctica) en el programa “curso especializado en energía solar fotovoltaica” en la Escuela técnica Profesional GDPRISSMA PERÚ. Donde los participantes del curso puedan reconocer los componentes del módulo en un ambiente regulado, por este motivo, se estima un total de 4 paneles solares, considerando suficiente para explicar de qué manera operan las instalaciones fotovoltaicas. Esta cantidad de paneles solares se considera apta para que los participantes del curso puedan interactuar de forma segura u adquirir conocimientos útiles sobre este sistema de generación de energía.

Los cálculos se realizan dentro de un Excel de dimensionado de sistemas fotovoltaicos aislados, el cual se implementó considerando las fórmulas del **ítem 3.5.1**, el cual se implementa dentro de la página Web de Gdprisma Perú.

a. Estimación de cargas necesarias conectadas al módulo

Para realizar la estimación de las cargas que serán conectadas al módulo de capacitación usamos el Excel implementado para ello, tomamos en cuenta que al realizar capacitaciones con el módulo este tiene que alimentar los siguientes componentes: Laptop, parlante JBL, proyector y luminarias.

Tabla 1

Cálculo de energía necesaria para los consumos AC

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Uso diario	Factor de uso	Consumo (Wh/día)	Potencia simultánea
Laptop	1	60	2	1	120	60
Parlante JBL	1	160	2	1	320	160
Proyector	1	240	2	1	480	240
					0	0
Total					920 Wh/día	460

Tabla 2

Cálculo de energía necesaria para los consumos DC

Descripción	Cantidad	Potencia (W)	Uso diario	Factor de uso	Consumo (Wh/día)	Potencia simultánea
Iluminación	2	5	2	1	20	10
					0	0
Total					20 Wh/día	10
Energía total					1040.44 Wh/día	

b. Selección de energía disponible

Para la selección de la energía disponible tomamos en cuenta el lugar donde se está realizando la implementación del módulo de capacitación y el mes más desfavorable, se puede verificar la energía disponible para todas las provincias del Perú en el **Anexo 8**.

Tabla 3*Cuadro de selección de energía disponible por provincia (Juliaca)*

Cuadro A				
Departamento	Puno			
Provincia	San Román			
Mes	Junio			
Inclinación (°)	15			
Energía (KWh/m2)	5.66			
Región	Provincias	Mayo	Junio	Julio
Puno	Azángaro	5.83	5.61	5.73
	Puno	5.97	5.7	5.83
	Chucuito	5.79	5.51	5.64
	Carabaya	5.76	5.53	5.65
	Melgar	5.83	5.61	5.73
	El callao	5.79	5.51	5.64
	Huancané	5.84	5.52	5.67
	Sandia	4.68	4.6	4.69
	Lampa	5.94	5.66	5.79
	San Román	5.94	5.66	5.79
	Yunguyo	5.79	5.51	5.64
	San Antonio de Putina	4.7	4.62	4.72
	Moho	5.87	5.56	5.71

c. Cuadro de rendimiento de componentes del sistema fotovoltaico

Dentro del cuadro de rendimientos se toma en cuenta la eficiencia promedio de los componentes los cuales se pueden revisar en las fichas técnicas que se encuentran en los **Anexos (1;2;3;4;5 y 6)**, así como los días de autonomía.

Tabla 4*Cuadro de rendimientos de los componentes del módulo de capacitación*

Rendimiento de los componentes de una instalación FV	
Rendimiento de PV	0.75
Rendimiento de batería	0.95
Rendimiento de inversor	0.95
Rendimiento del controlador	0.9
Pérdidas por cableado	0.98
Profundidad de descarga	0.6
Autonomía de baterías	1

d. Cálculo de la cantidad y asociación de paneles solares:

Para el cálculo del número de paneles solares necesarios es importante conocer la capacidad del cual se utilizará (tomando en cuenta sus características esenciales como: potencia, voltaje y corriente). Para este caso tenemos un panel solar de 80W la ficha técnica los verificamos en el **Anexo 1**.

Tabla 5

Cálculo del número y asociación de paneles solares considerando una tensión de trabajo de 12V

Cálculo de la cantidad de paneles y asociación			
Energía real requerida	1040.44	Wh/día	
Energía disponible	5.66	kWh/m2/día	
Selección de tensión	12	V	
Característica del panel solar			
Denominación	Panel solar	Número total de paneles	4
Pmax	80 W	Número de paneles en serie	1
Vnom	12 V	Número de paneles en paralelo	4
Vpm	17.6 V	Potencia del campo FV	320 W
Ipm	4.55 A		

e. Cálculo de capacidad del regulador de carga:

Para la selección del controlador de carga tenemos que tener en cuenta lo siguiente: Tanto la asociación de los paneles y baterías están consideradas a 12 y 24V. Por ello la capacidad de los controladores de carga también tienen que tener la misma tensión de trabajo. Y la capacidad requerida de corriente dependerá de la corriente de corto circuito (I_{cc}) del panel solar y la asociación de estas.

Tabla 6

Cálculo de capacidad de regulador de carga

Cálculo del regulador de carga	
Corriente por cada panel solar en paralelo	3.41 A
Corriente total	13.64 A
<hr/>	
Capacidad de regulador de carga	20 A

f. Cálculo de la capacidad de batería:

Para el módulo de capacitación se instalarán dos baterías de 12V cada uno, para que los participantes del curso puedan efectuar conexiones en serie y paralelo entre baterías, con el objetivo de examinar las variaciones de tensión y corriente entre estas formas de asociación de baterías.

Se calcula la capacidad de las baterías considerando que operan a 12 V, para así obtener datos suficientes e idóneos para que cumplan con los requerimientos del banco de pruebas.

Tabla 7

Cálculo de capacidad de baterías

Cálculo de baterías	
Capacidad de baterías en (Wh)	1734.07 Wh
Capacidad en baterías en (Ah)	144.51 Ah

g. Cálculo de capacidad de inversor:

Para dimensionar se considerará el voltaje de las baterías en el inversor, que es de 12V cuando se encuentran conectadas en paralelo y 24V cuando se conectan en serie. Para los 2 casos la potencia se mantiene constante, entonces consideramos la potencia máxima sin considerar pérdidas y agregando un factor de seguridad del 25%.

Tabla 8

Cálculo del inversor

Cálculo del inversor aislada	
Potencia del inversor	541 W

Tabla 9

Lista de parámetros eléctricos de los componentes a seleccionar

Elementos	Serie	Paralelo
Regulador de carga (PWM)	24 V /20 A	12 V/20A
Regulador de carga (MPPT)	24 V/20 A	12 V/20 A
Baterías	72.22 Ah	144.51 Ah
Inversor (CARGADOR)	24 V - 600 W	12 V - 600W
Inversor (OFF GRID)	24 V - 600 W	12 V - 600W
Paneles solares	80 W	80 W

3.6.3 Selección de componentes de módulo de capacitación

a. Panel solar

Se opta por cuatro paneles solares de 80W de la marca TAI ENERGY, para que los estudiantes puedan asociar paneles solares en serie y paralelo y observar el comportamiento de los parámetros eléctricos de salida. Las descripciones de la ficha técnica con sus características se sitúan en el **Anexo 1**.

Especificaciones del panel solar seleccionado:

- Potencia: 80W
- Tipo de célula: Monocristalino

- Dimensiones: 664x754x25mm
- Voltaje de máxima potencia (V_{mp}): 17.6V
- Intensidad de máxima potencia (I_{mp}): 4.55A
- Voltaje de corto circuito (V_{oc}): 21.6V
- Corriente de corto circuito (I_{sc}): 4.9A

b. Batería

De acuerdo al cálculo de la capacidad de baterías a selección nos da un valor de 72.22 Ah para una configuración de 24V y 144.51 Ah para una configuración de 12V, pero en el mercado no se tiene de esa capacidad requerida, por tal motivo se opta por una con capacidad igual o similar a la cantidad mencionada. Seleccionando dos baterías AGM de 65 Ah de la marca LEOCH. La descripción de la ficha técnica con sus características se encuentra en el **Anexo 2**.

Especificaciones del batería seleccionado:

- Dimensiones: 348mm x 167mm x 178mm
- Voltaje de flotación: 13.5V - 13.8V
- Voltaje en modo cíclico: 14.4V – 15.0V
- Temperatura de trabajo: 25°C

c. Controlador MPPT

De acuerdo a corriente de corto circuito del panel $I_{sc} = 4.9A$, teniendo en cuenta una conexión en paralelo se tendría un máximo de 4 veces la “ I_{sc} ” del panel y este valor sería 19.6A y a la tensión de trabajo del módulo, seleccionamos un controlador de carga MPPT de 12/24 V y 20 A de la marca SRNE solar. La descripción de la ficha técnica con sus características se encuentra en el **Anexo 3**.

Especificaciones del controlador seleccionado:

- Tipo de carga: MPPT
- Voltaje del sistema: 12/24V
- Corriente nominal: 20A
- Máxima potencia de entrada del FV: 260W/12V; 520W/24V.

d. Controlador PWM

De acuerdo al cálculo y la tensión de trabajo del módulo, seleccionamos un controlador de carga PWM de 12/24 V y 20 A de la marca UniversalPower. La descripción de la ficha técnica con sus características se encuentra en el **Anexo 4**.

Especificaciones del controlador seleccionado:

- Tipo de carga: PWM
- Voltaje del sistema: 12
- Corriente nominal: 20A

e. Inversor (CARGADOR)

Para inversores que trabajen conectados a la red (inversor sin inyección de energía) se optó un inversor – cargador de la mínima potencia 1000W – 12V de la marca MUST Energy. La descripción de la ficha técnica con sus características se encuentra en el **Anexo 5**.

Especificaciones del batería seleccionado:

- Dimensiones: 225mm x 355mm x 92mm
- Capacidad: 1000W
- Voltaje de entrada: 12V
- Voltaje de salida: 230V AC
- Eficiencia: 93%

f. Inversor (OF GRID)

De acuerdo al diseño se tiene como mínimo un inversor de 400 W de 12/24V. Por ello se optó por un inversor de onda sinusoidal modificada de 12V – 600W de la marca WEHO. La descripción de la ficha técnica con sus características se encuentra en el **Anexo 6**.

Especificaciones del batería seleccionado:

- Dimensiones: 218mm x 106mm x 60mm
- Capacidad: 600W
- Voltaje de entrada: 12V
- Voltaje de salida: 230V AC
- Eficiencia: 88%

3.6.4 Selección de accesorios y sistemas de protección

Si se busca que el sistema opere correctamente conforme al dimensionado y tenga una larga durabilidad, se requieren conexiones seguras y bien realizadas. La colocación de fusibles e interruptores es vital para un funcionamiento y mantenimiento seguro del sistema; los fusibles resguardan contra sobrecargas eléctricas en caso de un cortocircuito del sistema o un fallo en la tierra, mientras que los interruptores facilitan la interrupción manual del suministro de corriente en situaciones de emergencia. La elección correcta del tipo y calibre de los conductores incrementa el desempeño y la fiabilidad del sistema fotovoltaico.

a. Interruptores termomagnéticos

La selección de los interruptores termomagnéticos DC y AC serán de acuerdo a la tabla “lista de componentes seleccionados” y a los “parámetros seleccionados”.

Para seleccionar un interruptor termomagnético (ITM) para instalaciones eléctricas, debes considerar la tensión, corriente, cable, y tipo de instalación:

- La tensión nominal del ITM debe ser mayor o igual a la tensión de la red.
- La corriente nominal de corte del ITM debe ser mayor o igual a la corriente máxima que circulará.
- La corriente nominal de corte del ITM debe ser menor o igual a la corriente admisible por el cable.
- El calibre del conductor que se instalará debe ser compatible con el ITM.
- Considerar el tipo de instalación eléctrica.
- La capacidad de desconectar manualmente y automáticamente los circuitos eléctricos (Eléctrica, 2025).

Así entonces en lado DC tenemos voltajes de 12/24 V y corrientes de 18.2/9.1 A, en el lado AC tenemos voltajes de 220 V y corrientes de que dependerán de la carga y la capacidad máxima de los inversores las cuales serán menores a 10 A por lo que se opta por:

- Interruptor termomagnético AC 2x15A tipo C
- Interruptor termomagnético DC 2x20A tipo C

b. Fusible y portafusible

De igual forma para el caso de los fusibles y portafusibles tomamos en cuenta la corriente máxima que tendrá el sistema fotovoltaico implementado en el módulo el cual es de 18.2/9.1 A de acuerdo a las configuraciones realizadas dentro de las prácticas. Por lo que seleccionamos lo siguiente:

- Portafusible RT28N - 20A
- Fusible RT28N – 20^a

c. MC4

Los MC4 son un grupo de letras donde "MC" son las siglas del fabricante "Multi-Contact" y "4" significa el diámetro del pasador de clavija de contacto de 4 milímetros.

Los conectores eléctricos "MC4" seleccionados para el módulo tendrán la función de separar los paneles solares del módulo de capacitación, cuando se necesite realizar prácticas y transportar el módulo y seleccionamos los siguiente:

- Conector MC4 Multicontact Macho – Hembra

d. Conectores eléctricos

Los conectores eléctricos usados en la implementación del módulo de capacitación tienen que cumplir lo siguiente: conexiones serán temporales, fácil de desconexión, fácil de manipulación para que se pueden realizar prácticas. Cumpliendo estos requisitos tenemos los siguientes:

- Terminal tipo ojo 1/4" redondo
- Terminal Jack banana hembra 4x15 mm
- Terminal banana macho 4x33 mm
- Conector banana macho 8.5x38 mm

e. Cables

Los conductores seleccionados dependen de la cantidad de corriente que circulará, así entonces si tenemos corrientes de un aproximado de 20A en DC y corrientes menores de 10A en AC. Con la ayuda de la tabla 10 como referencia se tiene lo siguiente:

- Cable solar #12 AWG rojo y negro
- Cable vulcanizado 2x12 AWG
- Cable Automotriz #12 AWG rojo y negro

Tabla 10

Capacidad de corriente en A de conductores aislados - en canalización o cable alternativa para calibres AWG

AWG	Sección (mm ²)	TW, TWF	THW, THHW, THHWF, XHHW	THWN-2, XHHW-2
		Temperatura		
		60 °C	75 °C	90 °C
16	1,31	-	-	18
14	2,08	20	20	25
12	3,31	25	25	30
10	5,26	30	35	40
8	8,37	40	50	55
6	13,30	55	65	75
4	21,15	70	85	95

Nota. Estos datos fueron extraídos de (CNE, 2011).

3.6.5 Diseño del módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos

Para el diseño de un módulo de capacitación en sistemas fotovoltaico se requiere estudios previos a través de una serie de etapas necesarias para garantizar el correcto diseño, estas fases consisten en una serie de procedimientos en las cuales se consideran aspectos relacionados a la estructura y tecnología de los componentes. Al tratarse de un módulo de capacitación el ángulo de inclinación en el soporte del panel permite su manipulación de acuerdo al ángulo de incidencia solar. Durante esta fase, teniendo en cuenta el objetivo general del estudio de investigación, se procederá a realizar el diseño del módulo de capacitación con planos, diagramas y especificaciones técnicas de los materiales y componentes.

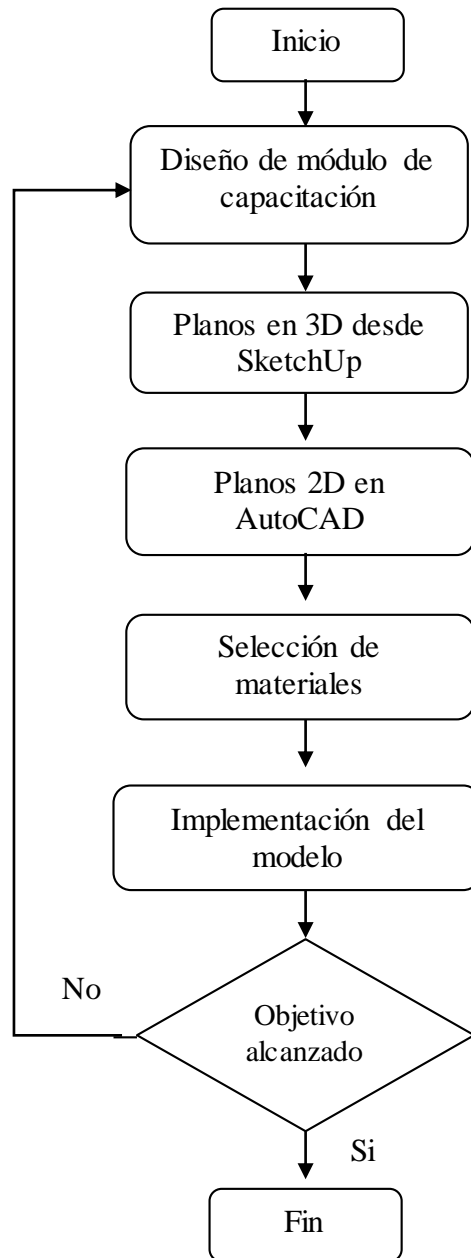


Figura 14. Diagrama de flujo para el diseño del módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos.

a. Metodología aplicada

Para el diseño del módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos se desarrolló los siguientes pasos.

Se examinó el tamaño del módulo y los componentes del sistema fotovoltaico a instalar, esto para diseñar el espacio donde se realiza la implementación.

Para distribuir los componentes en el módulo se realizó pruebas de diseño dentro del Software SketchUp. Obteniendo vistas previas del módulo de

capacitación y realizando un diseño más detallado para ser implementado y el detalle de los elementos que serán agregados.

El módulo se diseñó para que los estudiantes puedan realizar las prácticas de manera intuitivo y fácil de manipular, a fin de observar el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos y el tipo de conexión (cabe recalcar que la manipulación del módulo en cada sesión de práctica es de manera individual).

b. Diseño del módulo

Se realiza el diseño en 3D dentro del Software SketchUp Pro 2022, considerando que el módulo será desarmable, así entonces tenemos diseños dos partes, uno para el soporte de los componentes (baterías, controladores, inversores y sistemas de protección) considerando también que será el lugar donde realicen prácticas y el otro para el soporte móvil de los paneles solares (considerando que serán 4). A continuación, se evidencian las 2 partes.

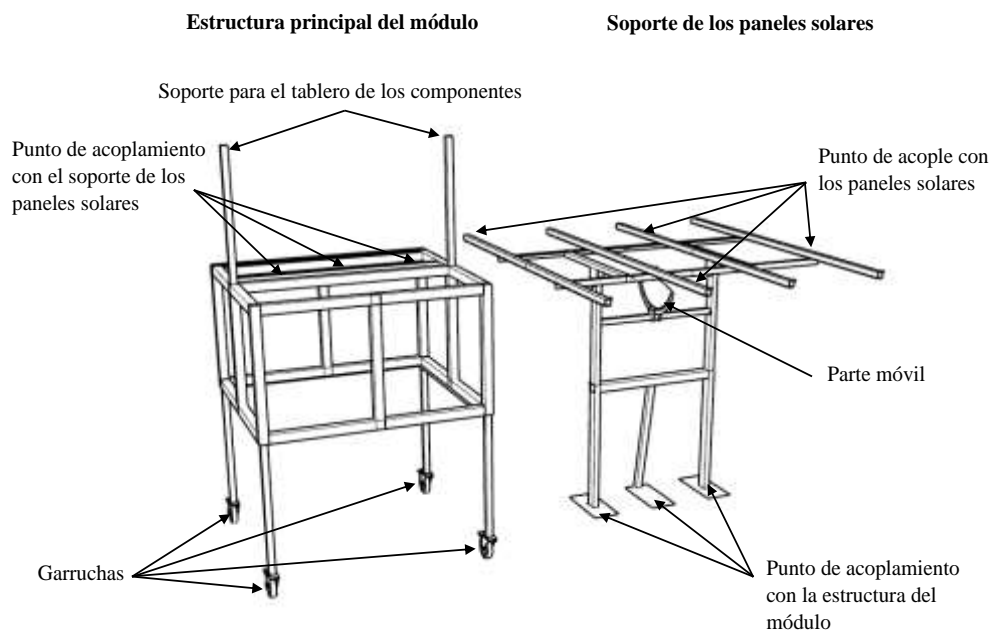


Figura 15. Diseño 3d de estructura del módulo de capacitación.

Planos y Diseño: Los planos de estos 2 partes nos ayudarán a guiarnos en el proceso de construcción, documentando cada fase, exhibiendo los pormenores de cada componente estructural que constituyen el módulo de capacitación. Se verificaron los parámetros estructurales los cuales se pueden verificar en el **Anexo 6**.

Modelo de módulo de capacitación

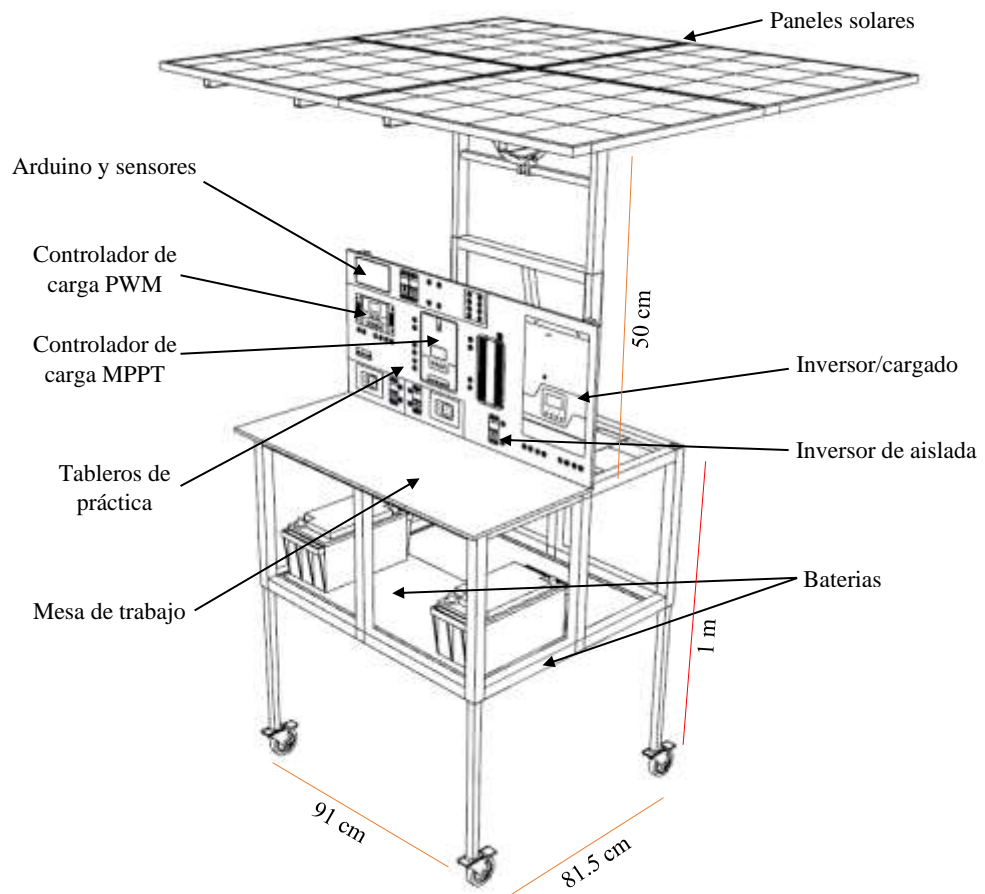


Figura 16. Vista 3D del módulo de capacitación.

c. Materiales usados

Para la elaboración del módulo se usan los siguientes materiales:

Tubo rectangular y cuadrada: Un componente estructural común en proyectos mecánicos y de construcción es el tubo rectangular. La forma rectangular y cuadrada es su característica principal. Debido a su diseño, los tubos rectangulares pueden emplearse en una variedad de usos, como estructuras de apoyo; son sencillos de soldar y son perfectos para resistir cargas elevadas y brindar estabilidad estructural.

En este proyecto de implementación del módulo de capacitación se usó tubos cuadrados y rectangulares de:

- 25x25x1.5mm (Cuadrado).
- 40x20x1.5mm (Rectangular).
- 20x20x1.5mm (Cuadrado).

Ángulos y platinas: Los ángulos tienen una forma en L, con dos lados que se cruzan entre ellos. Las platinas son elementos de forma rectangular y plana, y a menudo se producen con acero al carbono, lo que les proporciona una elevada resistencia y rigidez. En cambio, se emplean los ángulos para formar uniones en ángulo recto que proporcionan estabilidad y apoyo a las estructuras de metal, mientras que las platinas son perfectas para distribuir cargas concentradas y fortalecer zonas específicas de una estructura. Estos materiales tienen la capacidad de soldar y son indispensables para la construcción de estructuras de soporte.

En este proyecto de implementación del módulo de capacitación se usó ángulos y platinas de:

- 25x25x1.5 mm (Ángulo).
- 15x1.5 mm (Platina).

Plancha metálica: También llamada lámina metálica, este material es de forma plana y rectangular que está disponible en una variedad de grosores para satisfacer las necesidades particulares del proyecto. Las planchas metálicas se pueden moldear, cortar y perforar para adaptarse a las diversas formas y tamaños necesarios para construir componentes estructurales, cubiertas y revestimientos. Los procesos de plegado también se pueden aplicar a las planchas metálicas para darle formas y geometrías particulares. En este proyecto de implementación del módulo de capacitación se usó planchas metálicas de 1.5mm de espesor.

Rodamientos y cojinetes: Son componentes mecánicos destinados a disminuir la fricción y promover el movimiento suave entre dos elementos que están en contacto. Los rodamientos se emplean en una variedad de usos mecánicos y se componen de una serie de bolas o rodillos alojados en una estructura de metal.

En este proyecto para la implementación del movimiento en el soporte de los paneles solares se usó:

- Rodamiento rígido de bolas de 50mm de diámetro por 10mm de espesor.

Pernos y tuercas: Un perno, también conocido como tornillo, es un mecanismo de sujeción diseñado para vincular de manera segura dos o más componentes. Está formado por un cuerpo de forma cilíndrica con una cabeza en una extremidad y una rosca en la otra. Para simplificar su manejo, la cabeza del perno generalmente presenta una forma de forma hexagonal o cuadrada.

Las roscas del perno se producen con el objetivo de ajustarse a las roscas de un tractor.

En este proyecto para la fijación de las partes de las 2 estructuras (soporte de los componentes y estructura móvil de los paneles solares) usamos los siguientes tornillos:

- Tornillo hexagonal métrico fino CL88-8.8-M8-1.00x40.
- Tornillo hexagonal métrico fino CL88-8.8-M8-1.00x25.
- Tuercas hexagonales negro 1.00x0.5.

d. Diagrama de conexiones

Se realiza los diagramas de conexión para diferentes configuraciones de acuerdo a los talleres a realizar y a continuación se detallan los siguiente:

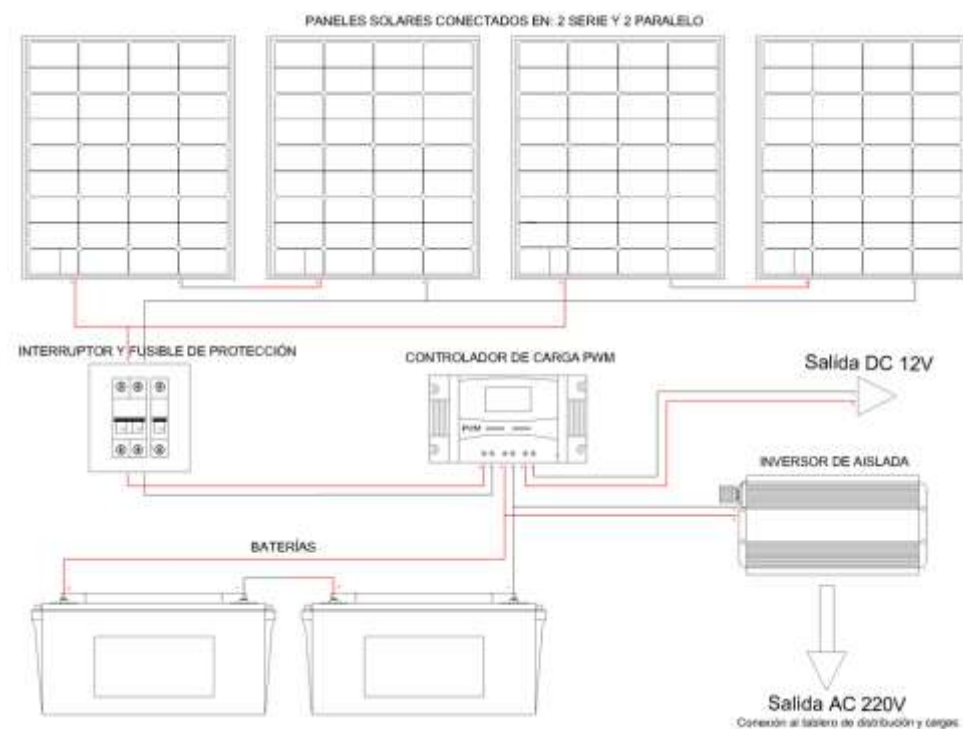


Figura 17. Diagrama de conexión para sistema aislado de la red con controlador PWM, conexión de baterías en serie, conexión de paneles solares (2 en serie y 2 en paralelo).

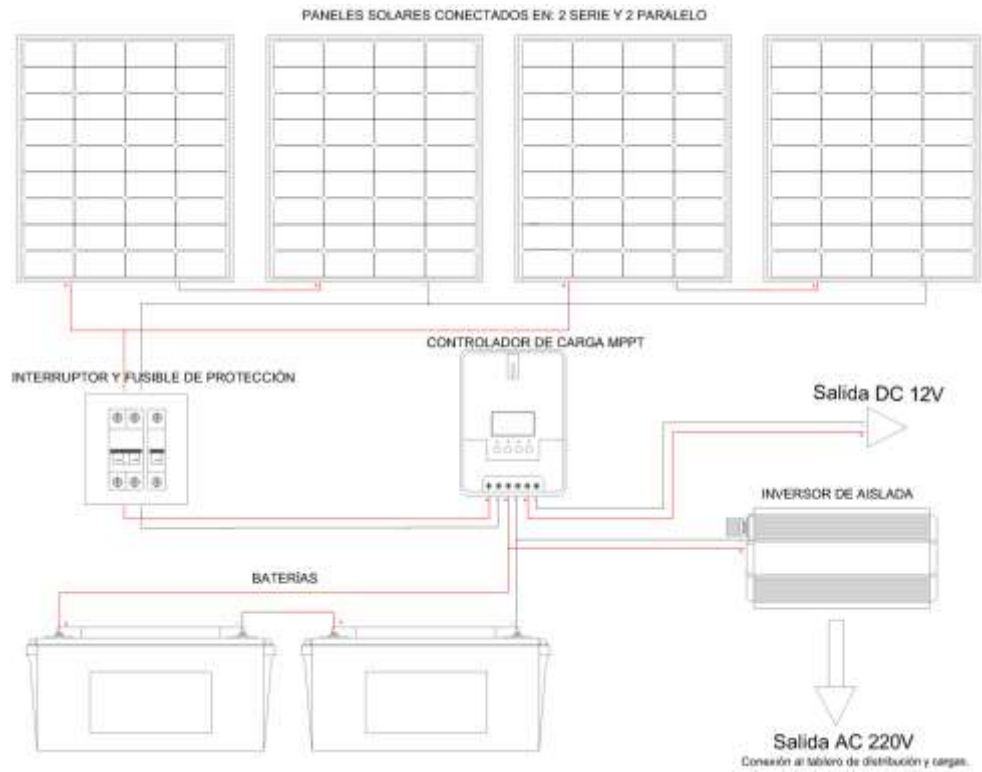


Figura 18. Diagrama de conexión para sistema aislado de la red con controlador MPPT, conexión de baterías en serie, conexión de paneles solares (2 en serie y 2 en paralelo).

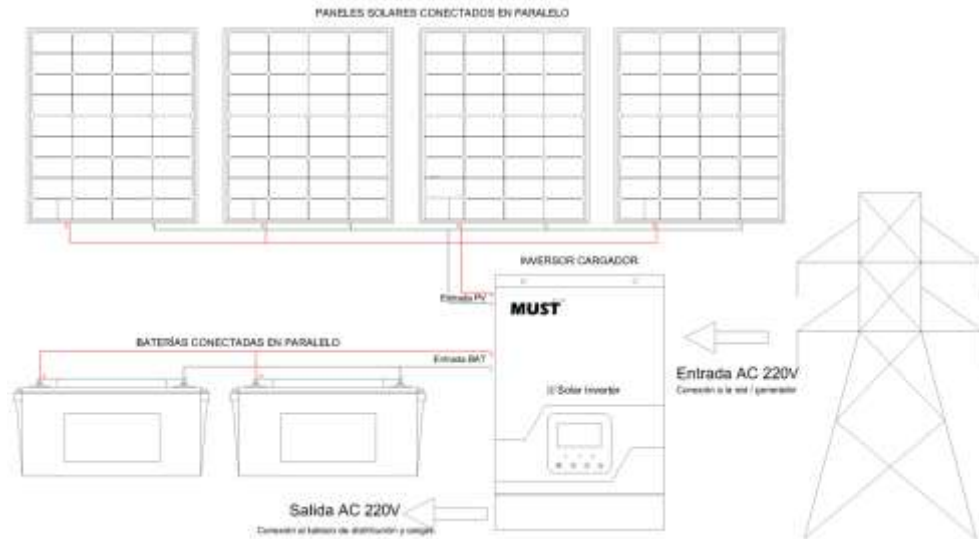


Figura 19. Diagrama de conexión para sistema conectado a la red con inversor-cargador que pueden conectarse a la red o una fuente de generación eléctrica, conexión de baterías en paralelo, conexión de paneles solares en paralelo.

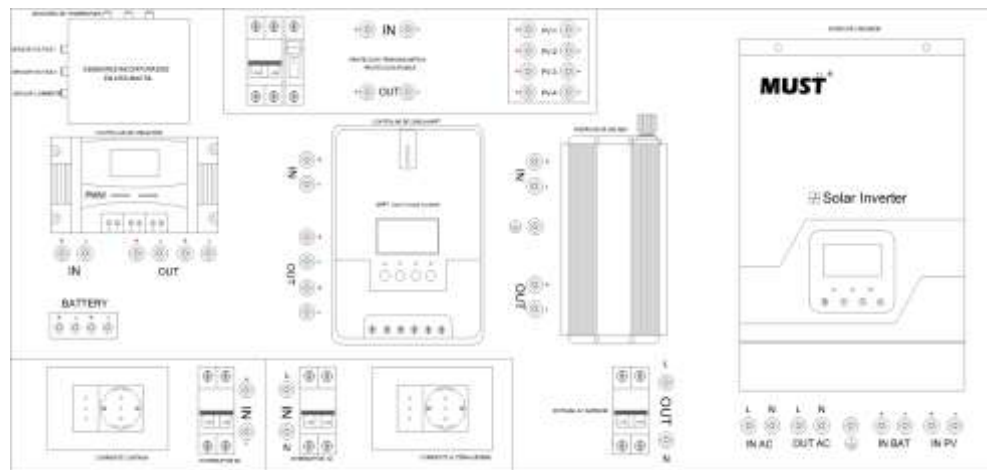


Figura 20. Diagrama de la distribución de componentes.

3.6.6 Visualización de parámetros (tensión, corriente y temperaturas) y curvas I-V

Para poder visualizar los parámetros de tensión, corriente y temperaturas. Los cuales nos serán de gran importancia para poder ver el comportamiento de los paneles solares y cuanta influencia tiene la temperatura. Además, se podrá verificar la corriente y tensión que pierde a diferentes configuraciones.

Viendo estos detalles se necesitarán sensores de tensión, de corriente y de temperaturas, un Arduino donde se conecten y por último donde se pueden visualizar estos parámetros, descargar los valores y realizar las gráficas de curvas I-V.

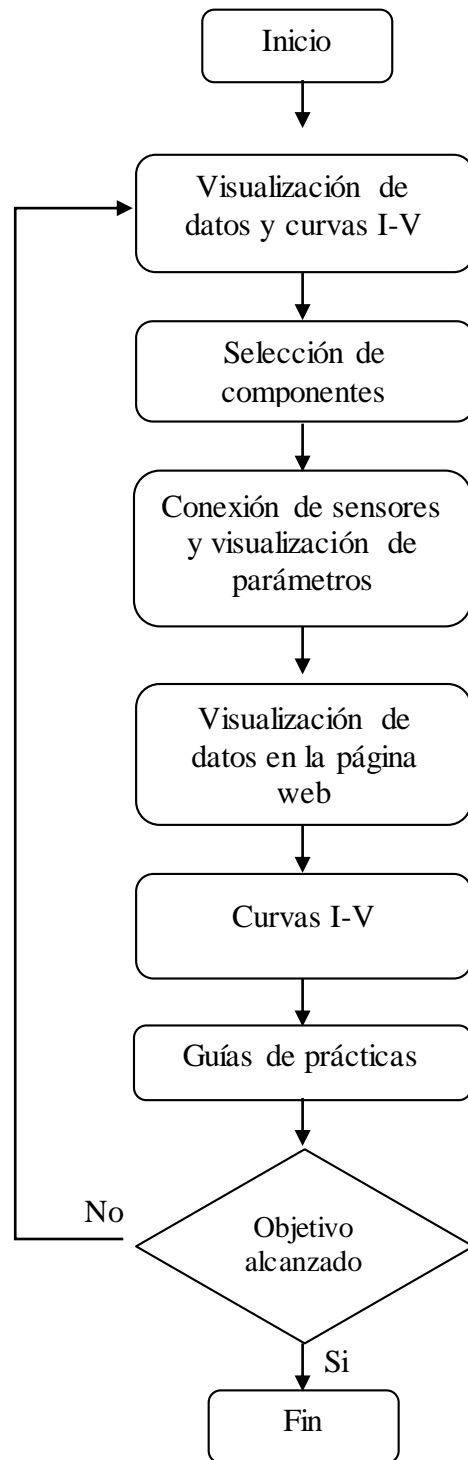


Figura 21. Diagrama de flujo para la visualización de parámetros (tensión, corriente y temperaturas) y curvas I-V.

a. Selección de componentes

Sensor de tensión

Especificación y características

- Clase: FZ0430 - Detector de voltaje
- Rango de voltaje VCC de entrada: DC 0-25V 0-10V
- Ámbito de identificación de voltaje VCC: DC Voltage 0.0244V - 25V
- Resolución de voltaje analógica: 0.00489V
- Voltaje máximo de detección: 25V (5V x 5=25V) o 16.5v (3.3V x 5= 16.5V)
- Clase de emisión: Vocal Analógica
- Con orificio para la fijación
- Posee un conector bloqueado de dos tornillos para la medición de la tensión.
- Polaridad evidenciada en módulo
- Conexión con Arduino, fotos entre otros (Unit Electronics, 2023).

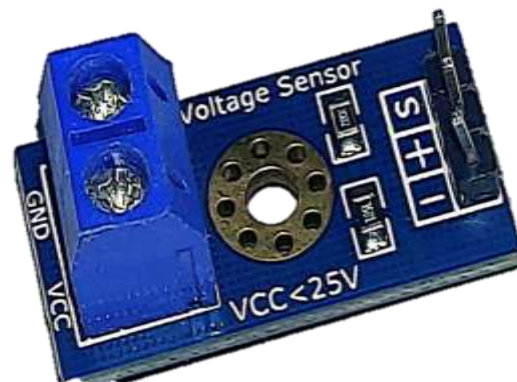


Figura 22. Sensor de Voltaje.

Sensor de corriente

Especificación y características

- Clase: ACS712ELCTR-30A-T Detector de corriente eléctrica
- Voltaje funcionamiento: 5V
- Área de máxima amplitud: (+/002D) 30A
- Salida analógica: 100mV/A
- Salida cuando la corriente no se detecta: 2VCC
- Nivel de sensibilidad: 66 mV/A
- Resistencia: 66 mV/A
- Resistencia interna: 1.2 mΩ
- Capacitancia interna: 1.2 mΩ
- Voltaje de aislamiento mínimo entre los pines 1-4 y los 5-8: 2.1 kVRM
- Tamaño: 31mm x 13mm x 11.8mm Unit Electronics, 2024).

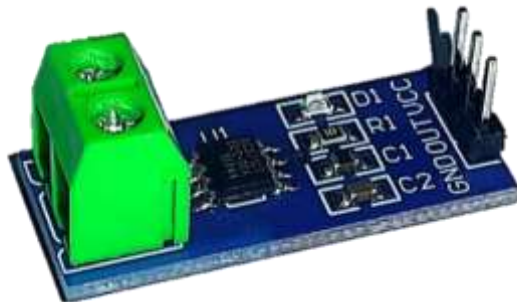


Figura 23. Sensor de corriente.

Sensor de temperatura

Especificación y características

- Clase: DS18B20 - Detector de temperatura
- Insumos: Acero de acero inoxidable
- Susceptible y resistente al agua
- Resistencia al agua y sumergibilidad
- Voltaje de alimentación: de 3.0V a 5.5V
- Espectro térmico: -55°C a + 125°C (-67°F a +257°F)
- Se aconseja una temperatura máxima de 100°C

- Salida: Digital sensor.
- Resolución: entre 9 y 12bits
- Transforma la temperatura de 12bits en letra digital en 750ms (máximo)
- Amplitud de cable:1 metro
- Extensión del cable:1 metro (Unit Electronics, 2024).



Figura 24. Sensor de temperatura.

Arduino Uno R4 Wifi

- Modelo: ARDUINO
- Microchip: RA4M1 (R7FA4M1AB3CFM) es un microprocesador de 32 bits equipado con Arm Cortex-M4 de 48MHz
- Segundo microcontrolador: ESP32-S3-1-N8
- Puerto para la configuración: USB de versión C
- Voltaje de energía: Conector DC y pad VIN: 6V a 24V (7V GFrecomendado), Conector USB: 4.8V a 5.5V (5V sugerido).
- Tensión de funcionamiento: 5V (3.3V para el ESP32 y el puerto I2C)
- Corriente DC de entrada/salida: 8 mA.
- Tamaño: Tarjeta de dimensiones: 68.85mm x 53.34mm x 15.20mm; Tarjeta de base acrílica: 80mm x 58mm x 23mm (Unit Electronics, 2024).

b. Conexión de sensores y visualización de parámetros

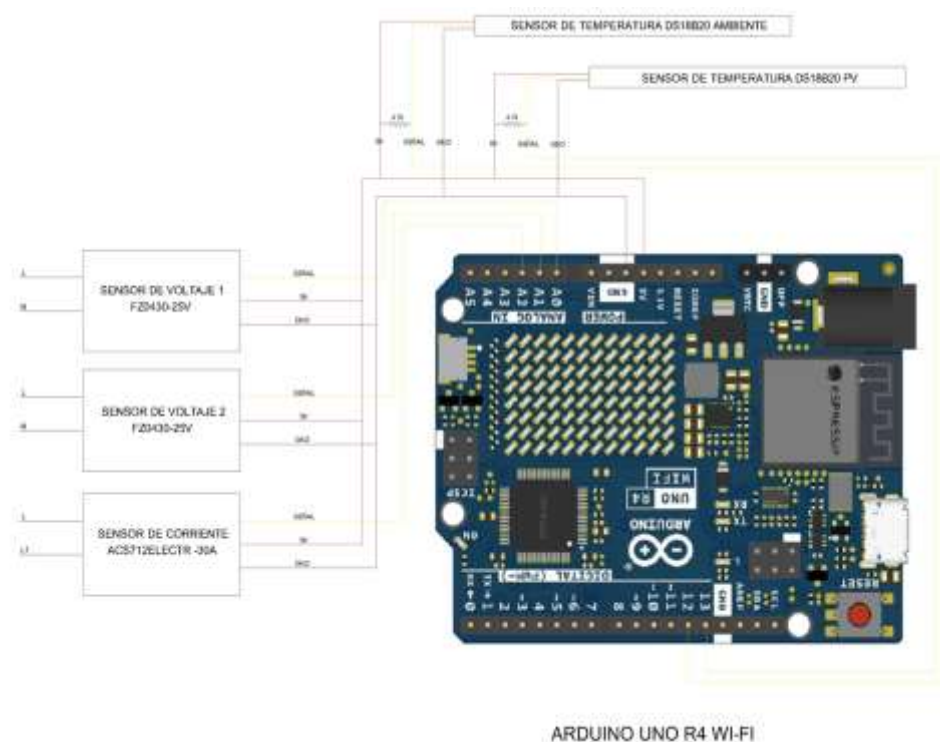


Figura 25. Diagrama de conexión para el monitoreo de datos.

Para poder visualizar los parámetros del módulo de capacitación se cuenta con los siguientes sensores: 2 sensores de voltaje 25V, 1 sensor de corriente 30 A y 2 sensores de temperatura (una para medir la temperatura ambiente y otro para medir la temperatura de la superficie del panel solar). Para luego realizar la programación en el software Arduino IDE siguiente este diagrama de conexión de los sensores.

Para realizar la prueba conectar los sensores en los siguientes puntos: tensión de salida del panel solar, tensión de baterías, corriente generada por el panel solar, temperatura de la superficie del panel y temperatura ambiente. Luego encender el Arduino para realizar pruebas de medición.

c. Visualización de datos en la página web

Para visualizar los datos en la página web, el Arduino R4 WiFi envía los datos hacia la nube y de la nube a la página web. A esto le llaman “Internet de las cosas (IoT)” donde el microcontrolador Arduino (mide parámetros físicos) y la Nube (almacena en forma digital).

Detallamos el proceso que se siguió:

- **Recopilación de datos:** El Arduino R4 WiFi utiliza sus sensores para recopilar datos físicos, como tensión, corriente y temperaturas.
- **Procesamiento de datos:** El Arduino procesa los datos recogidos y los convierte en un formato compatible para la transmisión.
- **Conexión a la nube:** El Arduino R4 WiFi utiliza su módulo WiFi para conectarse a un servidor en la nube.
- **Envío de datos:** El Arduino envía los datos procesados al servidor en la nube a través de una conexión WiFi.
- **Almacenamiento de datos:** La nube recibe los datos enviados por el Arduino y los almacena en una base de datos.
- **Acceso a datos:** El servidor web en la nube procesa los datos almacenados y los formatea para que sean visualizados en la página web de “www.gdprisma.edu.pe”.
- **Visualización de datos:** La página web muestra los datos recibidos de la nube cada 10 segundos, en forma de gráficos y tablas los cuales pueden ser descargados para su posterior uso y aplicación.

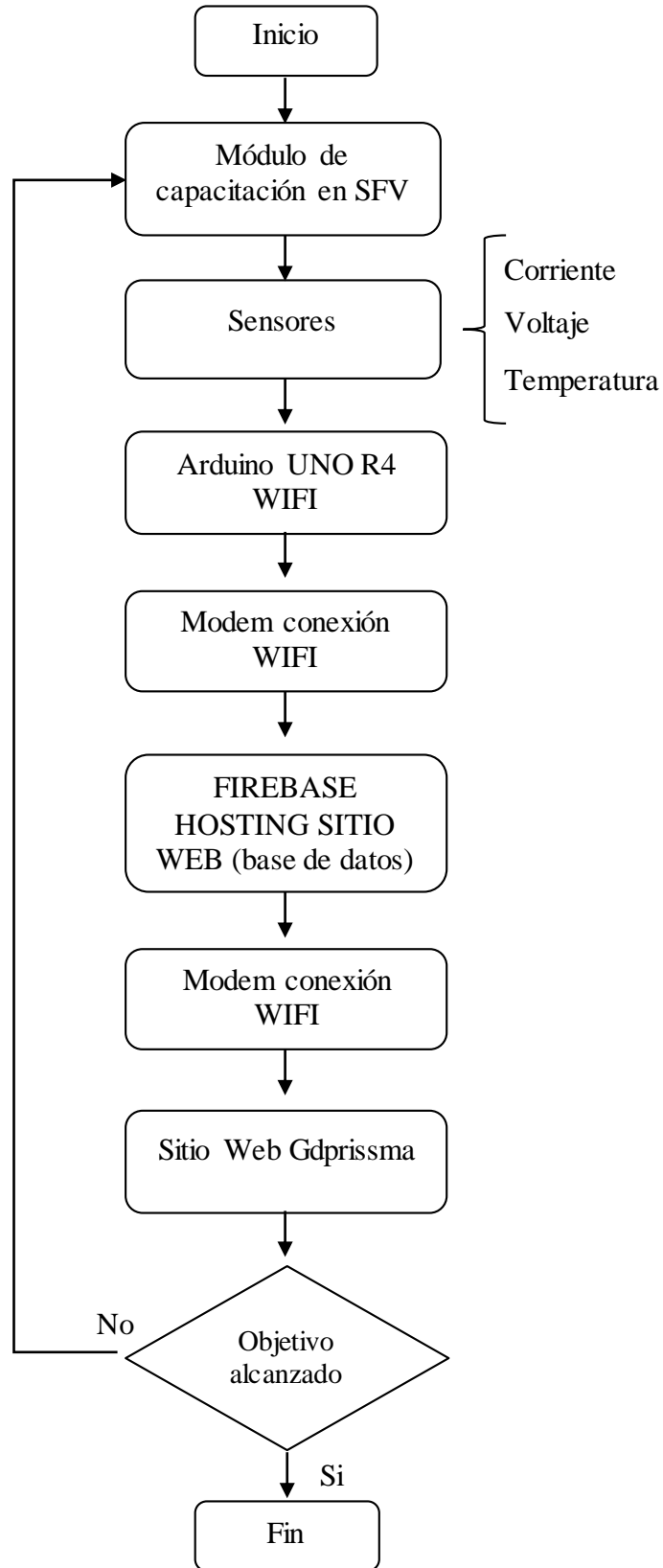


Figura 26. Funcionamiento de monitoreo de datos desde la Web.

d. Metodología aplicada para curvas I-V

Para graficar las curvas de corriente, voltaje y potencia, usamos el Software Simulink dentro de Matlab, siguiendo la siguiente metodología:

- Modelar el circuito: Utilizar bloques de Simulink para representar los componentes del circuito.
- Simular el circuito: Ejecutar la simulación para obtener las señales de voltaje y corriente.
- Visualizar los resultados: Utilizar bloques Scope y guardar los datos en el espacio de trabajo.
- Graficar las curvas: Utilizar las funciones de MATLAB para graficar las curvas I-V y Potencia.

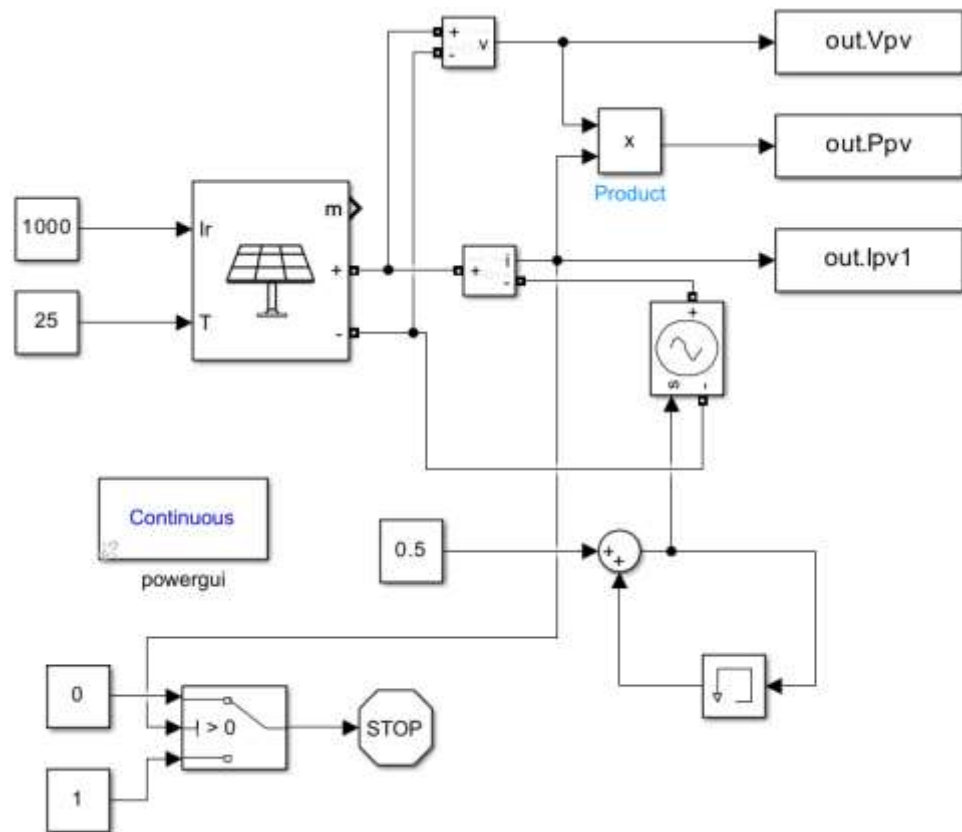


Figura 27. Bloques de simulink para visualizar curvas I-V y potencia.

Nota. La entrada de irradiancia se toma como un constante (1000W/m^2) y la entrada de temperatura varía de acuerdo al tipo de simulación 25°C -curva IV del panel a condiciones normales y 60°C -curva IV del panel solar operando a temperatura máxima de la superficie usando los controladores (PWM y MPPT).

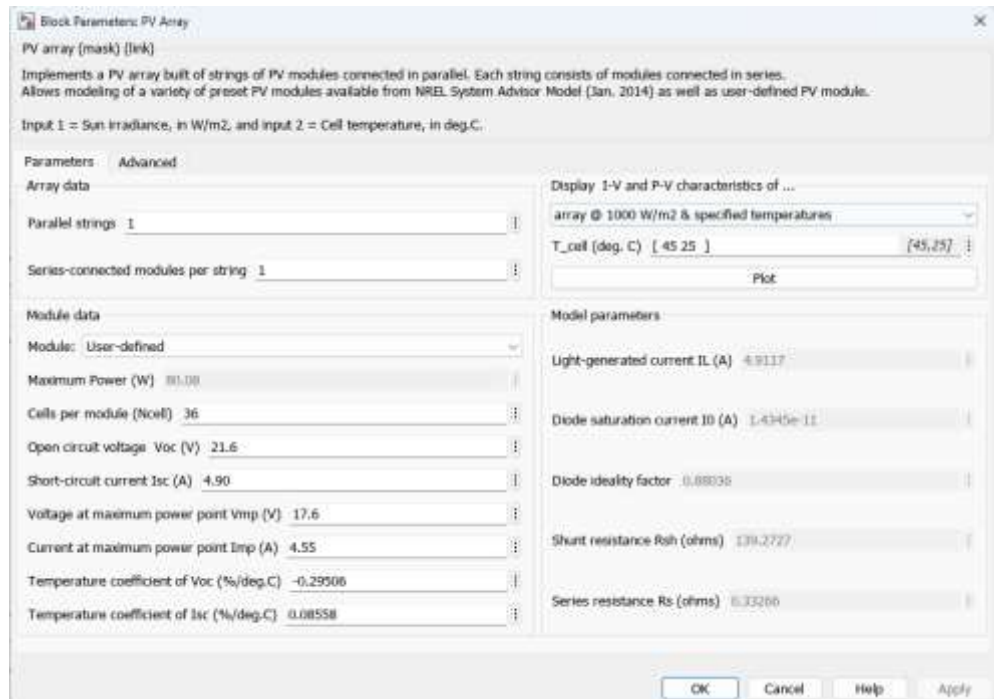


Figura 28. Insertando parámetros del panel solar de 80W.

e. Guías de práctica en el módulo de capacitación

- **Guía de práctica 01:** Componentes del módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos.
- **Guía de práctica 02:** Parámetros y curvas características de los paneles solares.
- **Guía de práctica 03:** Efectos del ángulo de incidencia y asociación de los paneles solares.
- **Guía de práctica 04:** Parámetros del regulador de carga.
- **Guía de práctica 05:** Parámetros del banco de baterías.
- **Guía de práctica 06** Parámetros de los inversores.

Estas guías de práctica se encuentran en el **Anexo 7**.

3.6.7 Evaluación de aprendizaje (Método Kirkpatrick)

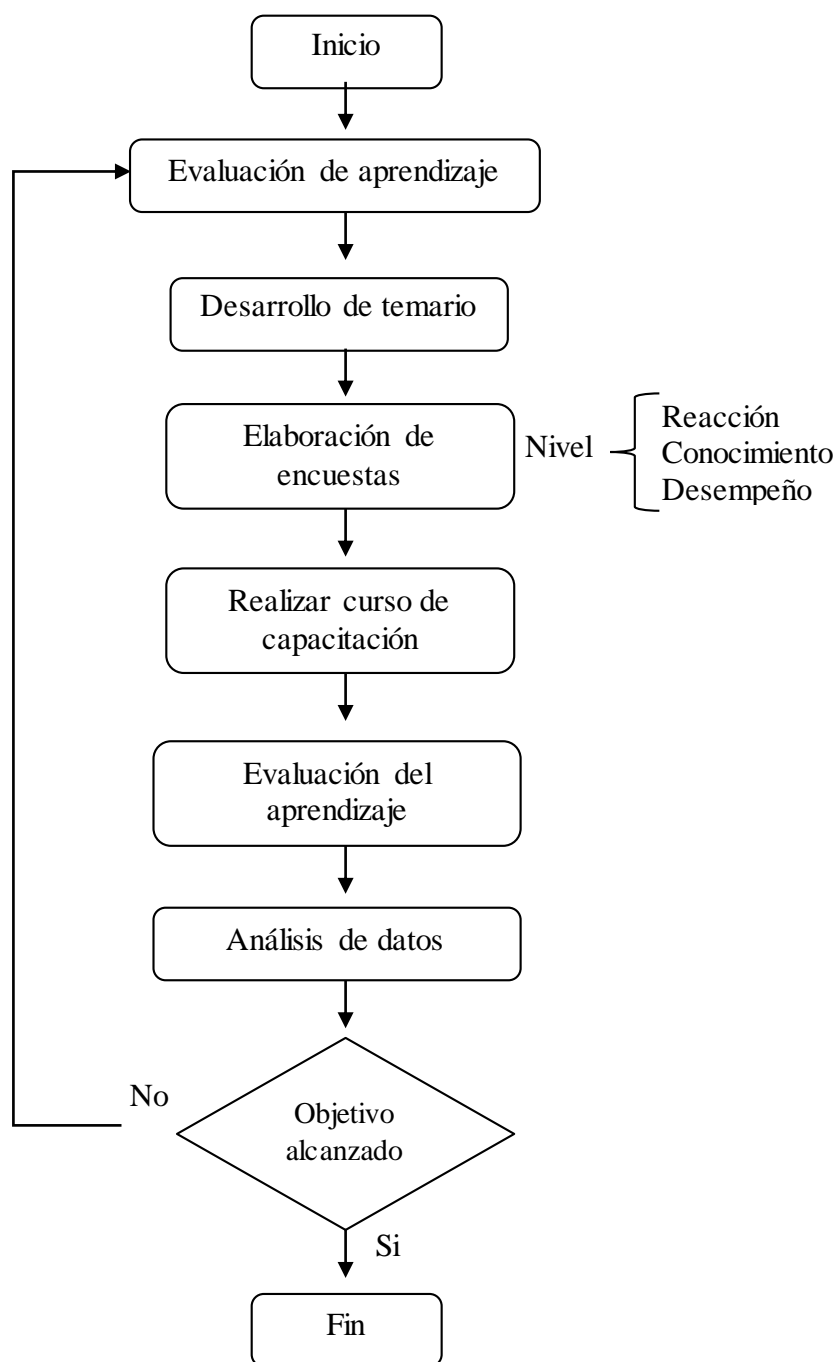


Figura 29. Diagrama de flujo para la evaluación de aprendizaje.

a. Temario desarrollado en la capacitación

Para el desarrollo del curso de capacitación que se realizó durante un periodo de un mes (teórico/práctico) se siguió el siguiente temario para la parte teórica y se implementó guías de práctica para los talleres en el módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos (los cuales se encuentran en el **Anexo 7**).

Introducción y tecnología eléctrica

- Introducción a la energía solar
- Tecnología eléctrica aplicado a la fotovoltaica

Radiación aplicada a la energía fotovoltaica

- Radiación solar aplicada
- Análisis del recurso solar

Componentes de las instalaciones fotovoltaicas I

- Características de los paneles solares
- Características de inversores
- Características de regulador

Componentes de las instalaciones fotovoltaicas II

- Características de baterías
- Accesorios y estructura
- Sistemas de protección y cableado
- Normativa y seguridad en instalaciones fotovoltaicas

Diseño de instalaciones conectadas a red

- Recopilación de la información del cliente
- Análisis de consumos energéticos
- Análisis del recurso solar
- Cálculo de la potencia fotovoltaica a detalle
- Dimensionado de la capacidad de almacenamiento
- Distribución geométrica de los paneles solares
- Selección de los componentes
- Distribución eléctrica de los paneles solares
- Informe de resultados

Diseño de instalaciones aisladas de la red

- Recopilación de la información del cliente
- Análisis de consumos energéticos
- Análisis del recurso solar
- Cálculo de la potencia fotovoltaica a detalle
- Dimensionado de la capacidad de almacenamiento
- Selección de los componentes

- Distribución eléctrica de los paneles solares
- Informe de resultados

b. Método de evaluación (Kirk Patrick)

En el trabajo de investigación se realizó con el método Kirk Patrick lo cual fueron usadas como variables para todos los participantes de la capacitación. Por tanto, las encuestas se llevaron a cabo utilizando la escala de Likert para cada cuestionario. Con esta información, se determinó el promedio de cada variable en comparación con las escalas mostradas. Los formatos de las encuestas (realizadas a los estudiantes) se pueden verificar en el **Anexo 7, 8 y 9.**

Tabla 11

Escala de Likert para el nivel reacción

Criterio	Escala
Muy Satisfecho	5
Satisfecho	4
Ni Insatisfecho Ni Satisfecho	3
Insatisfecho	2
Completamente Insatisfecho	1

Tabla 12

Nivel 1: Reacción

N°	Variables nivel 1: reacción	Preguntas
01	Objetivos claros	Los objetivos del curso fueron claramente establecidos
02	Expectativas curso	Las expectativas del curso fueron de su agrado
03	Material aprendizaje	Los materiales facilitados para las actividades mejoraron el desarrollo de aprendizaje en el curso.

Continuación

04	Funcionalidad sitio web	Los sitios web de dimensionamiento y visualización de datos funcionaban correctamente.
05	Distribución de tiempo	La distribución del tiempo fue adecuada.
06	Objetivos logrados	Los objetivos del curso fueron logrados
07	Material interesante	Los materiales de enseñanza fueron presentados de forma atrayente
08	Trascendencia de guías	La guía para los talleres prácticos fue relevante para su formación.
09	La metodología en clases fue adecuada	La metodología aplicada fue apropiada para su formación
10	Nivel complejidad del curso	El nivel de complejidad del contenido del curso fue adecuado
11	Temas claros y comprensibles	Los temas del curso fueron presentados de forma clara y comprensible.
12	Los contenidos fueron estructuradas y organizadas	Los contenidos realizados en cada sesión fueron presentados de forma estructurada y organizada.
13	Satisfacción con el módulo de capacitación.	El módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos es adecuado para su enseñanza.

Tabla 13*Escala de Likert para el nivel conocimiento*

Criterio	Escala
Completamente	1
En la mayoría	2
Algunas veces	3
Casi nunca	4
Nunca	5

Tabla 14*Nivel 2: Conocimiento*

N°	Variables de nivel 2: conocimiento	Preguntas
Sobre el contenido del curso		
01	Comprende conceptos del sector, componentes y beneficios.	Reconoce conceptos de energía solar fotovoltaica, los componentes de las instalaciones y los beneficios a la sociedad y al medio ambiente.
02	Comprende la configuración de los sistemas.	Comprende las configuraciones de los sistemas fotovoltaicos de acuerdo al tipo de instalación (aisladas y conectadas a red)
03	Comprende los parámetros meteorológicos, ubicación geográfica, ambientales y su efecto de actuación.	Entiende el efecto que causa los parámetros meteorológicos, ubicación geográfica y ambientales en los sistemas fotovoltaicos.
04	Reconoce los componentes, sus parámetros eléctricos y utilización.	Reconoce los componentes esenciales de los sistemas fotovoltaicas, sus parámetros eléctricos y utilización.

Continuación

-
- | | | |
|----|---|---|
| 05 | Comprende la asociación de los componentes y el comportamiento de los parámetros eléctricos | Comprende la asociación en serie – paralelo de los componentes de una instalación fotovoltaica y el comportamiento de los parámetros eléctricos |
| 06 | Realiza el dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos. | Realiza el dimensionado de sistemas fotovoltaicos de acuerdo a la demanda, tipo de instalación y energía disponible. |

Sobre el módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos

- | | | |
|----|--|---|
| 07 | Comprende manejo y uso del módulo. | El módulo de capacitación fue asequible su manipulación y uso. |
| 08 | Reconoce el diagrama de conexión de los componentes y procedimiento de instalación. | Reconoce el diagrama de conexión de los componentes de un sistema fotovoltaico y su procedimiento de instalación. |
| 09 | Comprende la metodología de aprendizaje basado en talleres prácticos. | La metodología basada en talleres prácticos permitió una apropiación rápida de los conocimientos. |
| 10 | Comprende la interfaz de visualización de los parámetros corriente, tensión y temperatura. | Comprende la interfaz de visualización de los parámetros corriente, tensión y temperatura. |

Sobre el sistema en línea de dimensionamiento off grid

- | | | |
|----|---|---|
| 11 | Comprende el uso y manejo del sistema de dimensionamiento en línea. | Comprende el uso y manejo del sistema en línea de dimensionamiento fotovoltaico off grid. |
|----|---|---|
-

Tabla 15*Escala de Likert para el nivel desempeño*

Criterio	Escala
Completamente	1
En la mayoría	2
Algunas veces	3
Casi nunca	4
Nunca	5

Tabla 16*Nivel 3: Desempeño*

N°	Variables de nivel 3: desempeño	Preguntas
01	Aplica conceptos del sector solar fotovoltaica y apropiación.	Reconoce los conceptos del sector solar fotovoltaica y apropiación en el desempeño de sus funciones.
02	Aplica conocimientos de los parámetros meteorológicos, ubicación geográfica y ambientales.	Aplica conocimientos de los parámetros meteorológicos, ubicación geográfica y ambientales para el cálculo de instalaciones fotovoltaicas.
03	Aplica conocimientos de los parámetros eléctricos para el cálculo de la demanda de energía y tipo de configuración.	Aplica conocimientos de los parámetros eléctricos (aparatos eléctricos) de una vivienda para el cálculo de la demanda de energía y tipo de configuración (ON GRID Y OFF GRID).
04	Aplica conocimientos de parámetros eléctricos de los componentes para el diseño.	Aplica conocimientos de parámetros eléctricos de los componentes para el diseño de sistemas fotovoltaicos

Continuación

05	Aplica la asociación de componentes de acuerdo al tipo de configuración.	Aplica la asociación de componentes de los sistemas fotovoltaicos de acuerdo al tipo de configuración.
06	Aplica los conocimientos de los sistemas de protección y su importancia de su función.	Entiende la importancia y la función de los sistemas protección y aplica los conocimientos para realizar el diseño.
07	Aplica conocimientos para realizar dimensionado e instalación de sistemas fotovoltaicas.	Se siente en capacidad de realizar el dimensionado e instalación de sistemas fotovoltaicas para diferentes sectores de acuerdo a la demanda requerida, aplicando los conocimientos en su función.
08	Aplica el propósito de las energías renovables (solar fotovoltaica) y el camino a la sostenibilidad.	Aplica el propósito de las energías renovables (solar fotovoltaica) y el camino a la sostenibilidad.

Una vez reconocidos, se elaboraron diagramas y barras apiladas, el primero para examinar de manera global las respuestas medias en cada una de las preguntas de los diferentes cuestionarios. De igual forma, para establecer las respuestas en porcentaje para cada pregunta basándose en la escala de Likert. El análisis se realizó utilizando el programa Microsoft Excel 2018 para la relación de las preguntas planteadas a los participantes en la encuesta.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Implementación de un sistema de dimensionamiento fotovoltaico en línea considerando la demanda, características técnicas de los componentes de sistemas fotovoltaicos, los parámetros ambientales y geográficos

La implementación del sistema en línea de dimensionamiento de sistemas fotovoltaicos aislados se puede realizar en la página web de la **Escuela Técnica Gdprisma Perú** el cual es de acceso gratuito para todos sin. A continuación, encontramos en el siguiente enlace <https://gdprisma.edu.pe/energias-renovables> .

a. Cálculo del consumo

Se toma en consideración dos tipos de cargas AC y DC como se observa en la siguiente captura de pantalla desde la Web.



The screenshot shows a web application interface for calculating energy requirements. It features a navigation bar with tabs for 'CALCULO DEMANDA', 'RES', 'RENDIMIENTO GLOBAL', and 'CALCULO PV'. Below the navigation, there are two main calculation sections:

CÁLCULO DE ENERGÍA NECESARIA PARA LOS CONSUMOS AC

Descripción	Cantidad	Potencia(w)	Uso diario	Factor de Uso	Consumo(MWh/día)	Potencia Simultanea(W)
CONSUMO TOTAL					0	0

CÁLCULO DE ENERGÍA NECESARIA PARA LOS CONSUMOS DC

Descripción	Cantidad	Potencia(w)	Uso diario	Factor de Uso	Consumo(MWh/día)	Potencia Simultanea(W)
CONSUMO TOTAL					0	0

On the right side, there is a 'RESUMEN' panel with a 'CALCULAR' button.

Figura 30. Cuadro de cálculo de cargas en AC y DC.

b. Selección del lugar y recurso solar disponible por mes

Dentro de la lista desplegable encontramos todas las provincias del Perú y para todos los meses del año, considerando una inclinación de 15° Norte, los datos de irradiación se encuentran en el **Anexo N° 8**.

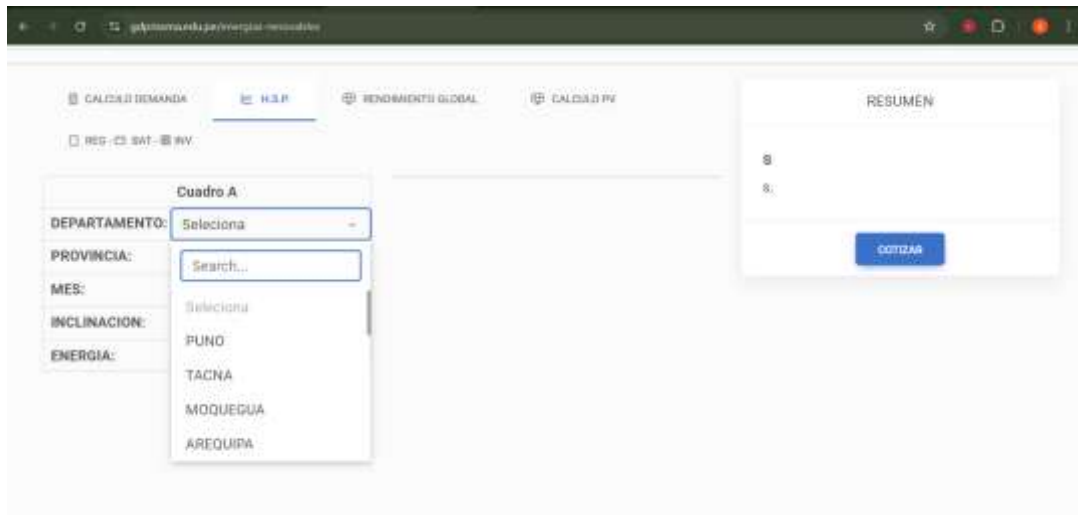


Figura 31. Energía disponible seleccionando departamento, provincia y mes, considerando una inclinación de 15°.

c. Cuadro de rendimiento de componentes del sistema fotovoltaico

Los datos considerados dentro de los rendimientos es una recomendación del autor. Dependiendo el tipo de componentes utilizados.

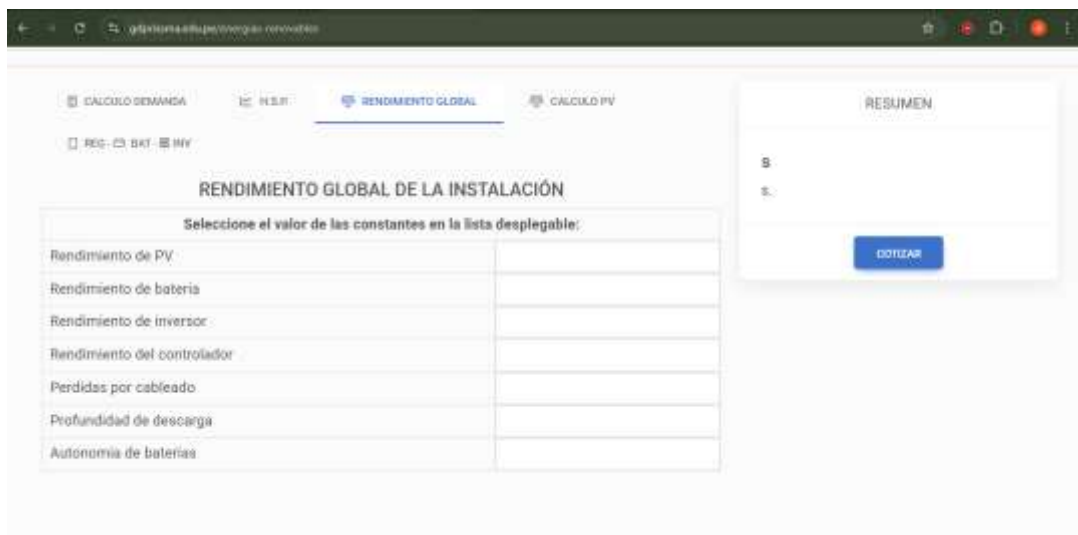


Figura 32. Cuadro de rendimientos de los componentes.

d. Cálculo de la cantidad y asociación de paneles solares

Para poder conocer la cantidad de paneles solares necesarios y el tipo de asociación, se tiene que colocar los valores del panel solar a usar y estos parámetros son: Potencia pico, voltaje del punto de máxima potencia, corriente del punto de máxima potencia y el voltaje nominal de trabajo del sistema.

CÁLCULO DEL NÚMERO DE PANELES FOTOVOLTAICOS

Cálculo de la cantidad de paneles y asociación:

Energía real requerida : 0 Wh/día
 Energía disponible : 0
 Soluciones la Tensión : 12v

Características del Panel Solar

Denominación	Solar Module
Pmax	W
Vmax	V
Vpm	V
Ipm	A

RESULTADO

numero total de paneles: 0
 numero de paneles en serie: 0
 numero de paneles en paralelo: 0
 potencia del campo PV: 0

Figura 33. Cálculo de la asociación de paneles solares y cantidad.

e. Cálculo del regulador de carga

Para el cálculo del regulador de carga utiliza los parámetros de corriente de máxima potencia multiplicando por un factor de error, así entonces realiza un redondeo a la capacidad próxima disponible en reguladores de carga.

f. Cálculo de la capacidad de batería

El cálculo de baterías depende de la cantidad de energía a suministrar durante periodos que no se dispone de radiación solar, dependiendo de los días de autonomía, así entonces tenemos la capacidad de baterías en Wh y Ah.

CÁLCULO DEL REGULADOR DE CARGA

Corriente por cada panel solar en paralelo : 0 A
 Corriente total : 0 A
 Regulador de carga : 20 A

CÁLCULO DE LA CAPACIDAD DE LA BATERÍA

Capacidad de baterías en (Wh): 0 Wh
 Capacidad en baterías en (Ah): 0 Ah

CÁLCULO DEL INVERSOR

Potencia del inversor : 0 W

Figura 34. Cálculo del regular de carga, capacidad de batería, e inversor.

g. Cálculo del inversor

Se considera la cantidad máxima de demanda instantánea del cuadro de cargas, y multiplicamos por un factor de error teniendo la cantidad mínima de potencia en inversores.

4.2 Realización de ensayos prácticos en el módulo de capacitación de sistemas fotovoltaicos para observar las curvas I-V y temperaturas

La realización de ensayos en el módulo de capacitación para la visualización de parámetros: Voltaje del panel solar, voltaje de baterías, corriente del panel solar, temperatura del panel solar y temperatura ambiente. Se pueden visualizar en el siguiente enlace <https://gdprissma.edu.pe/energias-renovables-/panel/> .

a. Sensor de tensión

Se visualiza el voltaje de batería (Volt_B) entre valores de 14.5 voltios, y el voltaje del panel solar (Volt_P) entre valores de 15.1 voltios. Cabe recalcar que el diagrama usado para las mediciones es “conexión para sistema aislado de la red con controlador PWM” con 2 paneles solares en paralelo.

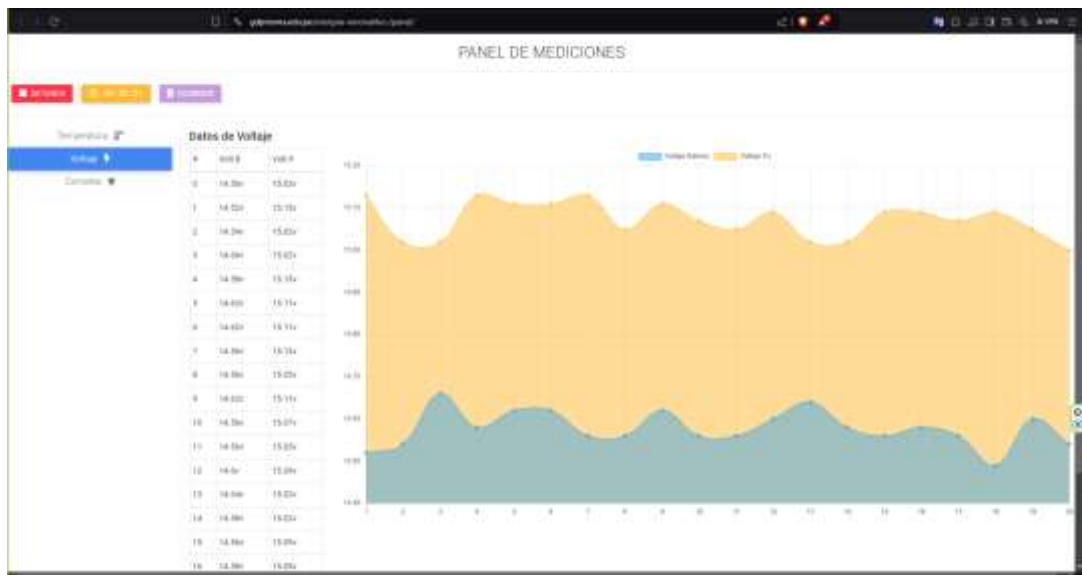


Figura 35. Sensor de tensión.

b. Sensor de corriente

Se visualiza la corriente entre valores de 8.6 Amperios.



Figura 36. Sensor de corriente.

c. Sensor de temperatura

Se visualiza la temperatura del ambiente (Temp.A) entre valores de 21 °C, y la temperatura de la superficie del panel (Temp.P) entre valores de 47 °C. Estos valores son importantes para calcular el rendimiento del panel solar a temperaturas de operación.



Figura 37. Sensor de temperatura.

d. Curvas I-V y de potencia del panel solar

Considerando los parámetros de la ficha técnica del panel solar de 80W.

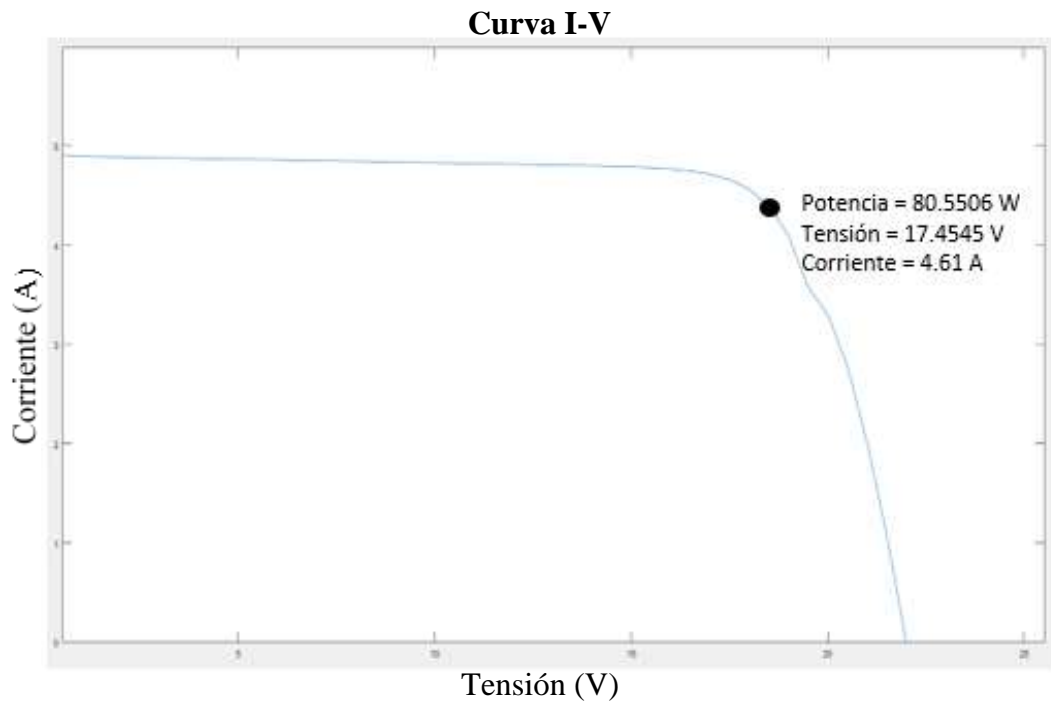


Figura 38. Curva de tensión y corriente (I-V) con datos de la ficha técnica.

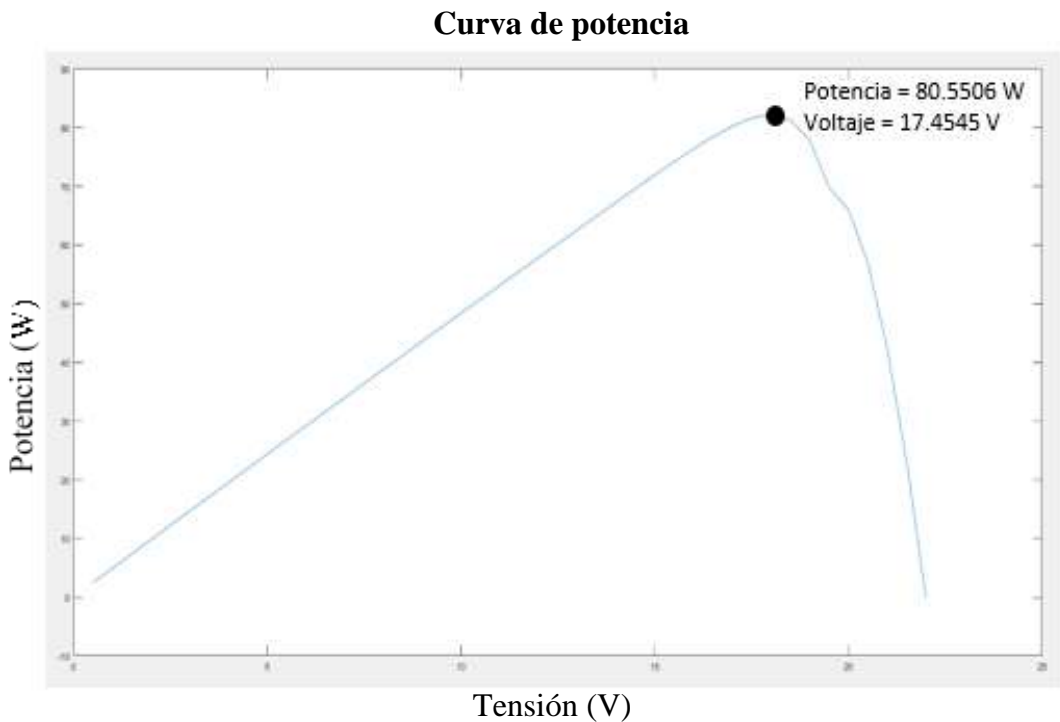


Figura 39. Curva de potencia considerando con datos de la ficha técnica.

Las curvas I-V y de potencia de los paneles solares son herramientas esenciales para comprender su comportamiento y optimizar su funcionamiento, para este caso consideramos una irradiancia promedio de $1000\text{W}/\text{m}^2$, temperatura ambiente de

25°C y una incidencia AM 1.5, el cual nos da una gráfica (curvas) de funcionamiento del panel solar y la utilidad de esta es lo siguiente:

- La curva I-V muestra el punto donde el panel solar genera la máxima potencia (Pmax), conocido como MPP, este punto es crucial para el diseño de sistemas fotovoltaicos.
- La curva de potencia muestra la potencia que el panel genera en función de la irradiación solar.
- Nos ayuda a determinar el tamaño del sistema fotovoltaico necesario para satisfacer la energía necesaria y de esta forma seleccionar los componentes adecuados para maximizar la eficiencia.
- La curva de potencia también es útil para determinar la capacidad de las baterías necesarias para almacenar la energía generada por el sistema.
- Las curvas I-V y de potencia se utilizan para analizar el rendimiento del sistema y detectar posibles problemas (sombras, suciedad o degradación).

e. Curvas I-V y de potencia con controlador PWM

Considerando conexión en el controlador PWM con el panel solar de 80W medidos a temperatura máxima de operación de panel solar (temperatura máxima alcanzada en la superficie del panel solar), los parámetros considerados son: irradiancia 1000W/m², temperatura de 60°C y una incidencia AM 1.5.

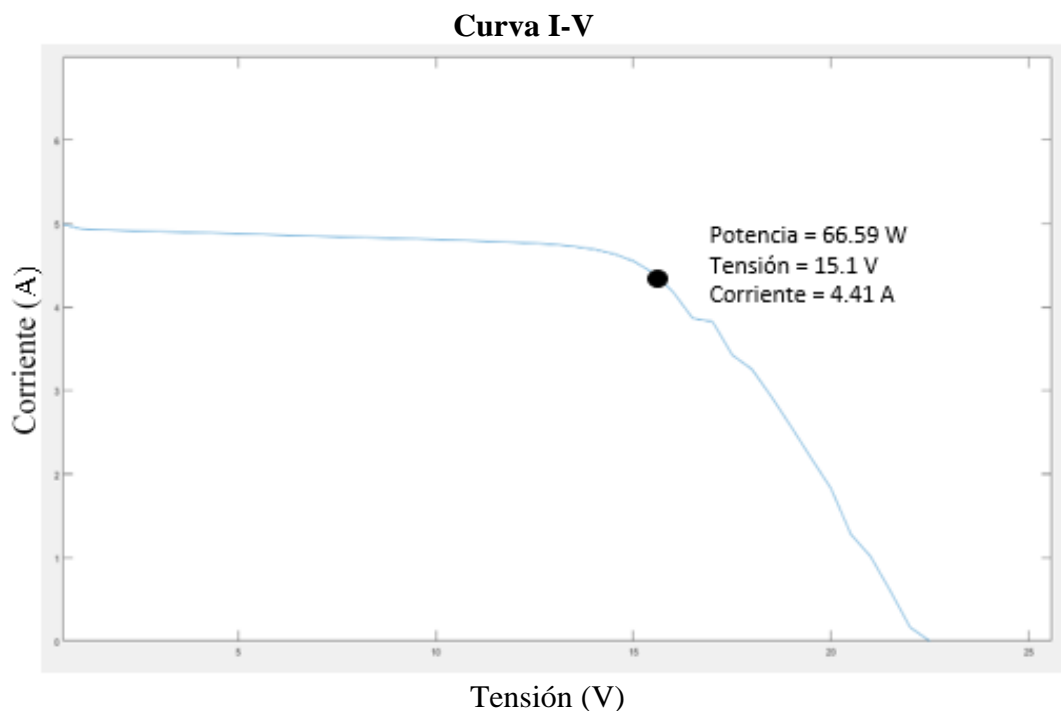


Figura 40. Curva I-V del panel solar conectado al controlador PWM.

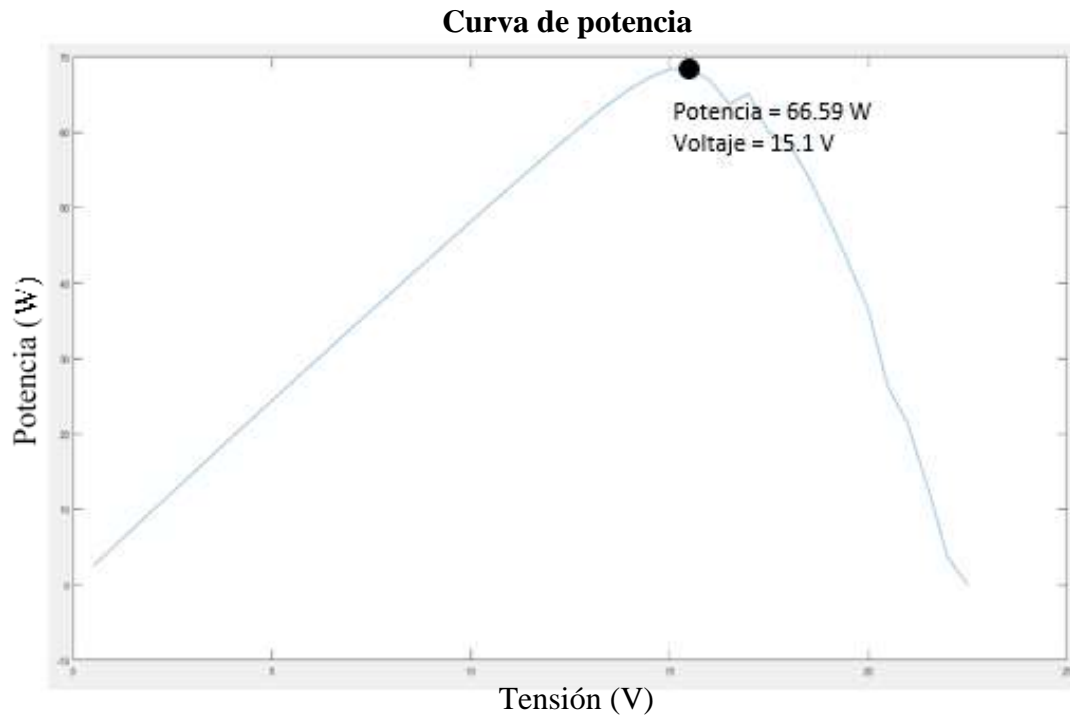


Figura 41. Curva potencia del panel solar conectado al controlador PWM.

Al realizar la conexión del panel solar con un controlador de carga PWM y considerando que está operando a una temperatura en la base de 60 °C se tiene pérdidas considerables, para este caso la pérdida fue de aproximadamente 17% con respecto a la potencia nominal del panel.

Esta pérdida de 17% va relacionado a la teoría, ya que los controladores de carga PWM operan de acuerdo al estado de la batería, lo que origina problemas que afectan el rendimiento del sistema por lo cual definimos que:

- Tienen pérdida de potencia.
- El panel solar no trabajara a su punto de máxima generación.

f. Curvas I-V y de potencia con controlador MPPT

Considerando conexión en el controlador MPPT con el panel solar de 80W medidos a temperatura máxima de operación de panel solar (temperatura máxima alcanzada en la superficie del panel solar), los parámetros considerados son: irradiancia 1000W/m², temperatura de 60°C y una incidencia AM 1.5.

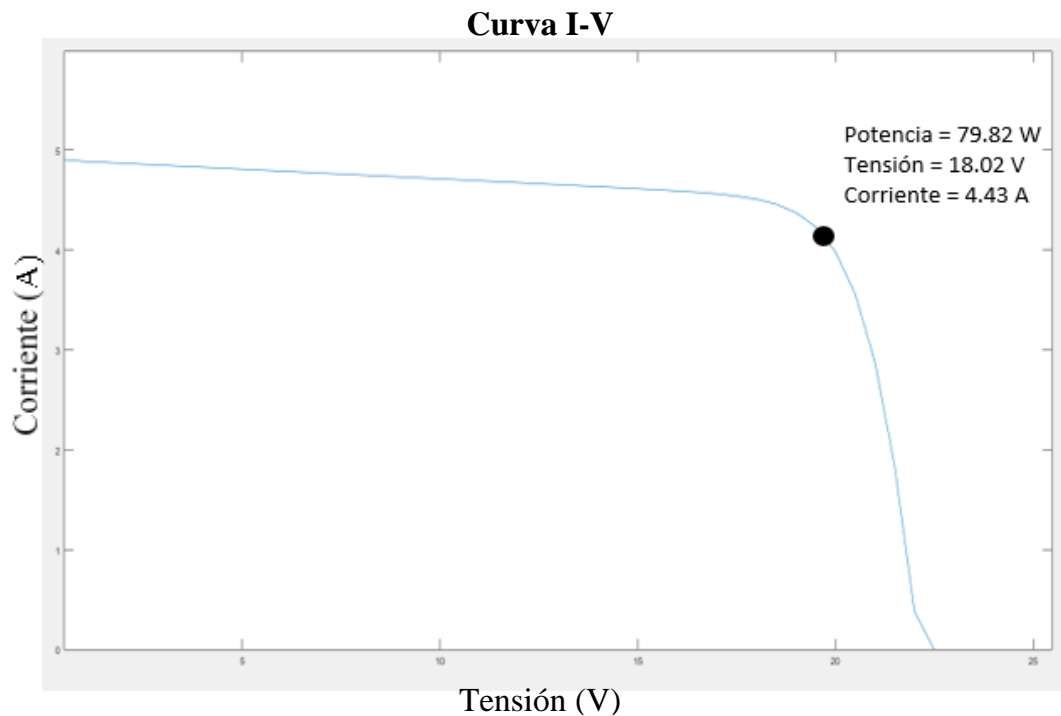


Figura 42. Curva I-V del panel solar conectado al controlador MPPT.

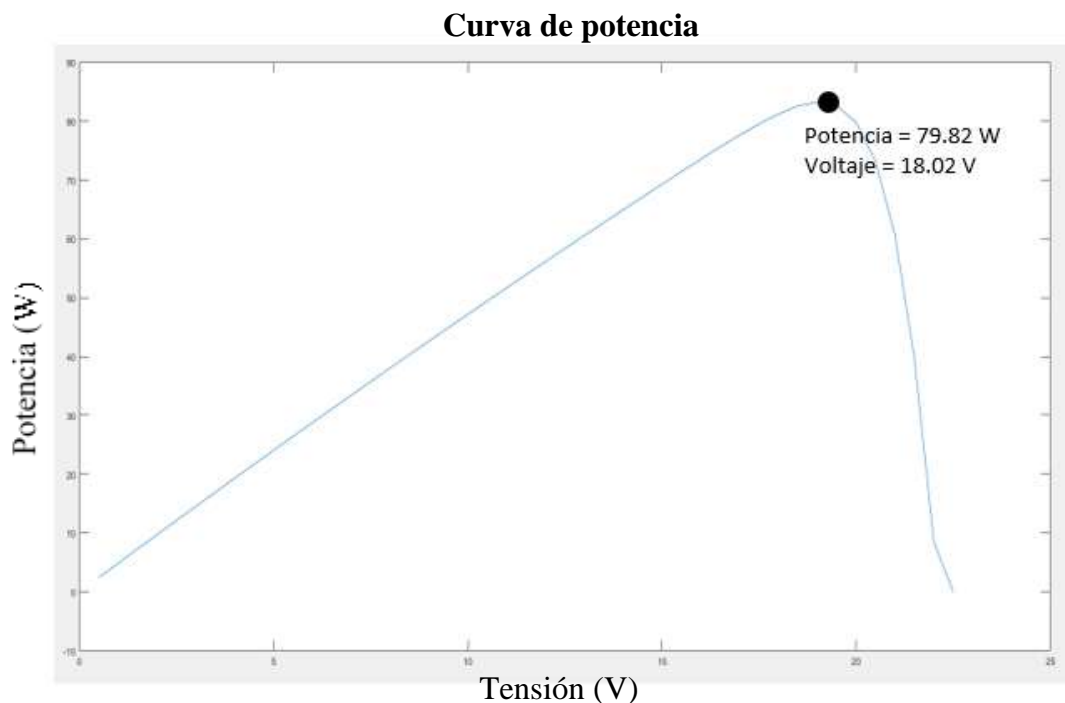


Figura 43. Curva potencia del panel solar conectado al controlador MPPT.

Al realizar la conexión del panel solar con el controlador de carga MPPT considerando que está operando a temperatura máxima, no se tiene muchas pérdidas (solo pérdidas del rendimiento del equipo), que oscila entre un 8 %.

Se puede observar que la potencia generada por el panel solar es de 79.82W, indicando que no hubo pérdidas en el rendimiento del panel solar.

La región de Puno (Juliaca) con respecto a la irradiancia tiene récords que sobrepasan los 1300W/m², aumentado así la generación en paneles solares que sobrepasan sus valores nominales de potencia.

4.3 Aplicación de instrumentos de evaluación para los estudiantes y medir el indicador de aprendizaje sobre el módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea

Los resultados obtenidos en la evaluación de aprendizaje en el aprendizaje en la Escuela Técnica Profesional Gdprisma Perú – sede Juliaca, mediante el modelo de Kirkpatrick aplicado a 15 estudiantes. Donde la evaluación se realizó para distintos niveles como reacción, conocimiento y desempeño. Que nos permitirán identificar los puntos débiles y positivos del programa de capacitación establecido.

a. Nivel 1: Reacción

En los resultados obtenidos en la evaluación del aprendizaje, mediante el modelo de Kirkpatrick, donde se aplicó a 15 estudiantes. donde se realizó distintos niveles (reacción, conocimiento, desempeño).

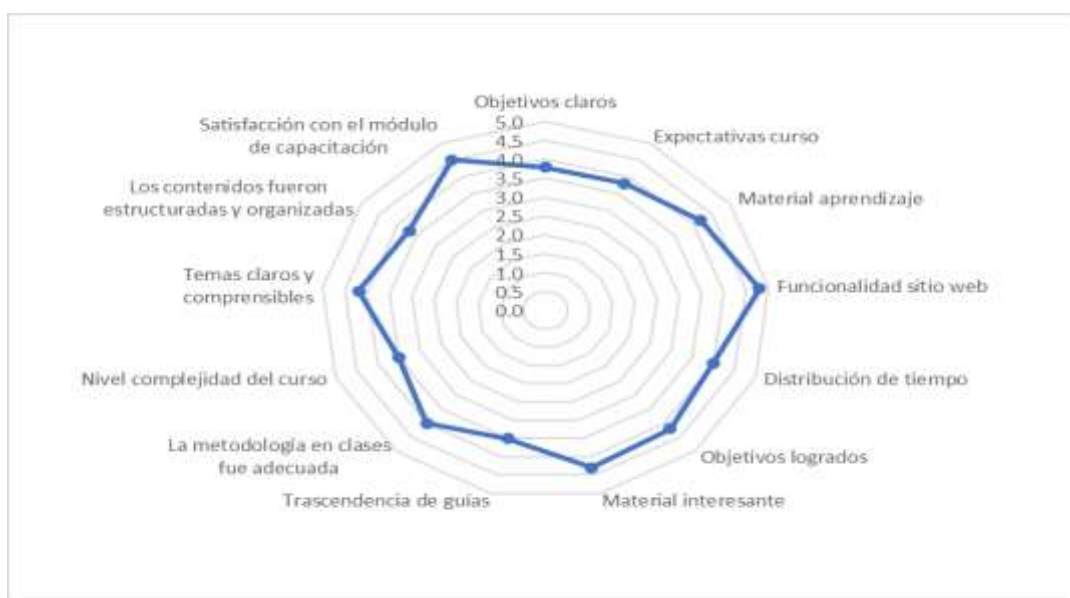


Figura 44. Nivel de reacción.

Interpretación: Según la Figura 51, el promedio es de 4 y la desviación estándar es de 0.38 en una escala de 1 a 5, donde 5 es muy satisfecho. Por otro lado, existe mayor aceptación en la pregunta “funcionalidad sitio web”. Así mismo, todas las preguntas están por encima de 3.

b. Nivel 2: Conocimiento

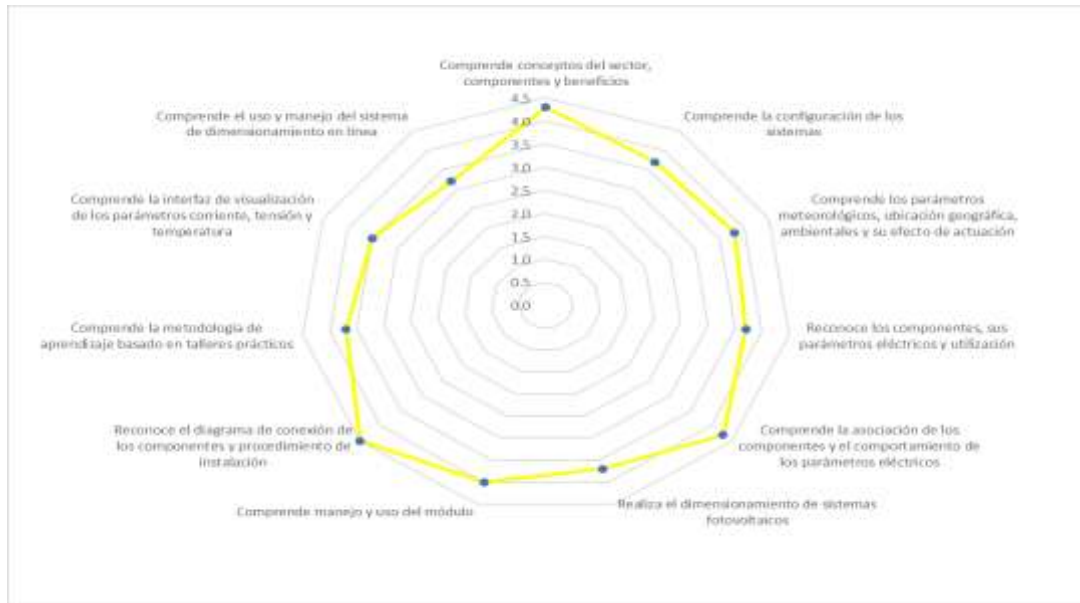


Figura 45. Nivel de conocimiento.

Interpretación: Según la Figura 52, el promedio es de 3.9 y la desviación estándar es de 0.38 en una escala de 1 a 5, donde 5 completamente. Por otro lado, existe mayor aceptación en la pregunta “reconoce el diagrama de conexión de los componentes y procedimiento de instalación”. Así mismo, todas las preguntas están por encima de 3.

c. Nivel 3: Desempeño



Figura 46. Nivel de desempeño.

Interpretación: Según la Figura 53, el promedio es de 4 y la desviación de estándar es de 0.32 en una escala de 1 a 5, donde 5 completamente. Por otro lado, existe mayor aceptación en la pregunta “aplica el propósito de las energías renovables (solar fotovoltaica) y el camino a la sostenibilidad”. Así mismo, todas las preguntas están por encima de 3.



Figura 47. Módulo de capacitación en funcionamiento después del taller.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

La implementación del sistema en línea de dimensionamiento fotovoltaico de sistemas aislados nos garantiza un cálculo rápido de la cantidad de componentes, características mínimas, asociación de estas de acuerdo a la disposición energética por cada provincia del país, dentro de las sesiones todos los capacitándoseos pueden ingresar desde su dispositivo móvil y realizar un dimensionado rápido.

Con la realización del curso de capacitación teórico/práctico en sistemas fotovoltaicos, utilizando el módulo de capacitación para la realización de prácticas, se pudo observar el comportamiento de los parámetros voltaje, corriente y temperatura cuando el sistema está funcionando en sus distintas configuraciones (aislada y conectada a red) y estos datos se pueden descargar para su posterior trabajo. Una de las grandes ventajas de este sistema de monitoreo de datos es la visualización en tiempo real desde cualquier localidad ya que se encuentra dentro de la página de la Escuela Técnica Gdprisma Perú.

Con la realización del curso de capacitación en sistemas fotovoltaicos y con talleres en el manejo de diferentes configuraciones en el módulo, se realizó la evaluación de aprendizaje mediante el método Kirckpatrick en sus niveles de reacción, conocimiento y desempeño, obteniendo resultados favorables y positivos.

El diseño y la implementación del módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos con dimensionamiento en línea ha demostrado ser un muy bueno en la formación de interesados en el sector solar. Los resultados obtenidos han evidenciado la eficacia del módulo en términos de aprendizaje, satisfacción de los participantes y aplicación práctica de los conocimientos.

5.2 Recomendaciones

Se recomienda ampliar la cobertura del módulo de capacitación a diferentes regiones de Perú, con el objetivo de llegar a un mayor número de personas interesadas en el sector y contribuir a la formación de una fuerza laboral calificada en el sector de la energía solar.

Es fundamental actualizar el contenido del módulo y el sistema de dimensionamiento en línea de forma constante, incorporando nuevas tecnologías, estimación de costos, alcance de los componentes, estándares y mejores prácticas del sector.

Se recomienda realizar investigaciones adicionales para evaluar el impacto del módulo de capacitación en el desarrollo de proyectos fotovoltaicos y el desempeño de los profesionales en el mercado laboral.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABC Solar Electronics*. (02 de Agosto de 2024). Obtenido de <https://abcsolarelectronics.com/product/maximum-power-point-tracking-mppt-srml-series/>
- Academia de aviación. (20 de Agosto de 2010). *Asoc. Pasión por Volar*. Obtenido de <https://www.pasionporvolar.com/latitud-y-longitud-navegacion-aerea/>
- Amador Salinas, J. G., Gonzáles Rivera, V., Estrada Salas, J., Islas León, M., Ramírez Castelán, S., & Rojas Villavicencio, J. (Enero-Junio de 2020). Evaluación del impacto del seminario análisis conductual aplicado usando el modelo de Kirkpatrick. *Digital internacional de psicología y ciencia social*, Vol 6(Nº1).
- Amaral Santos, C. D., & De Paula e Sousa, T. (2022). *Aplicación de los sistemas fotovoltaicos ON GRID y OFF GRID*. [Tesis de pregrado]. Instituto Federal de Espírito Santo, Brasil. Obtenido de <https://repositorio.ifes.edu.br/handle/123456789/1991>
- Arias Odón, F. G. (2012). *El proyecto de investigación* (Sexta edición ed.). Caracas, Venezuela: Episteme C.A.
- Auto Solar. (2024). *Energía Solar*. Obtenido de <https://autosolar.co/>
- Banco Mundial. (26 de Setiembre de 2022). Obtenido de <http://www.bancomundial.org/es/topic/energy/overview>
- Barbero, J. I. (03 de Julio de 2013). *slideshare*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/slideshow/movimientos-de-la-tierra-23862366/23862366#1>
- Barreto Bastidas, Y. (2020). *Desarrollo de módulos didácticos de energía solar, para el laboratorio de energías alternativas de la Universidad de Pamplona*. [Tesis de pregrado]. Universidad de Pamplona, Pamplona. Obtenido de <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jsui/handle/20.500.12744/4447>
- Bermúdez Amaya, L. D. (2017). *Diseño e implementación de un sistema didáctico de entrenamiento en generación de energía fotovoltaica para el laboratorio de máquinas eléctricas de la Universidad de Pamplona*. [Tesis de pregrado].

Universidad de Pamplona, Colombia. Obtenido de <http://repositoriodspace.unipamplona.edu.co/jsui/handle/20.500.12744/4568>

Bolívar, R., García, M., & Mostany, J. (2006). Petróleo versus energías alternas. Dilema Futuro. *SciELO*.

Cárdenas Sánchez, S. D. (2024). *Estudio de Viabilidad de Instalaciones Solares (FV) Tipo A Y Tipo B, para la Sala de Sistemas de la Institución Educativa Técnica Agropecuaria Municipio de Chivatá Boyacá*. Universidad Santo Tomás Tunja, Tunja, Colombia. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11634/54634>

Carmona Rubio, G., & Díaz Corcobado, T. (2018). *Instalaciones solares fotovoltaicas* (Primera edición ed.). España: McGrawHill.

Castellanos Taita, M. A. (2020). *Modelo de predicción de curvas I-V para paneles solares bajo condiciones difíciles de sombra basado en machine learning*. [Tesis de pregrado]. Obtenido de <http://hdl.handle.net/1992/50625>

CER-UNI. (2018). *Proyectos*. Obtenido de <https://cer.uni.edu.pe/index.php/proyectos/>

Chimborazo Villacis, K. A. (2020). *Efectos de la capacitación en el personal de la construcción: Caso Ecosur Ecuador*. [Tesis de pregrado]. Universidad Nacional de Chimborazo, Riobamba, Ecuador. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9434>

CNE. (2011). *Código nacional de electricidad*. Obtenido de https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/898589/C%20C3%B3digo_Nacional_de_Electricidad__Suministro_2011_.pdf?v=1593533921

COP-27. (20 de Noviembre de 2022). *United Nations Climate Change*. Obtenido de <https://unfccc.int/es/news/la-cop27>

Cubillos Riveros, S. C. (2021). *Evaluación del aprendizaje organizacional por medio de la aplicación del modelo Kirkpatrick*. [Tesis de grado]. Universidad Militar Nueva Granada, Granada, Bogotá. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10654/39639>

Eléctrica. (2025). Obtenido de <https://electrica.mx/correcta-seleccion-de-interruptores/#:~:text=A%20manera%20de%20resumen%20podemos,la%20termina%20con%20el%20conductor.>

- Energy, N. (2024). *Natura Energy*. Recuperado el 10 de 09 de 2024, de <https://www.naturaenergy.cl/articulo/paneles-solares-con-tecnologia-de-media-celda>
- Fabre Morales, M. (2013). *Comparación de modelos de cielo despejado para la predicción a corto plazo de la irradiancia directa normal*. Sevilla, España.
- Febres Flores, M. E. (2021). *Diseño de un módulo didáctico para el estudio de las curvas características I – V de paneles solares para el laboratorio de circuitos eléctricos en la Universidad Señor de Sipán*. Universidad Señor de Sipán, Pimentel, Perú. Obtenido de <https://hdl.handle.net/20.500.12802/8629>
- Firestore. (2024). Obtenido de <https://firebase.google.com/docs/hosting?hl=es-419>
- Flores Rivera, N. R., & Domínguez Ramírez, M. Á. (2017). *Medición de la eficiencia energética de los paneles solares de silicio*. [Tesis de maestría]. Gobierno de México, México. Obtenido de <http://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/handle/1004/791>
- Gallardo Echenique, E. E. (2017). *Metodología de la investigación* (Primera edición ed.). Huancayo, Perú.
- García Coronado, E. (2012). *Implementación del modelo de evaluación de Donald Kirkpatrick en un curso de capacitación en una empresa de procesamiento de datos*. [Tesis de maestría]. Universidad Autónoma de Nuevo León, México. Obtenido de <http://eprints.uanl.mx/id/eprint/2809>
- García, M. (2021). *Energía solar fotovoltaica para todos*. España: Marcombo.
- González, M., & Olivares, S. (2014). *Planeación e integración de los recursos humanos: capital humano*. México: Patria.
- Gutiérrez Sepúlveda, T. S. (2023). *Análisis comparativo entre inversores y microinversores para la generación de energía solar fotovoltaica*. Universitat de Barcelona. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2445/194049>
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación*. México: McGraw-Hill. Obtenido de <file:///C:/Users/HP/Downloads/2018%20-%20Metodolog%C3%ADa%20de%20la%20Investigaci%C3%B3n%20-%20Hern%C3%A1ndez%20Sampieri%20&%20Mendoza-Copiar.pdf>

- Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Pilar, L. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta edición ed.). México: McGraw Hill.
- Hontoria, L., & Aguilera Tejero, J. (2004). *Fundamentos, dimensionado y aplicaciones de la energía solar fotovoltaica*. Universidad de Jaén, Centro de Investigaciones Energéticas, Medioambientales y Tecnológicas, CIEMAT, España.
- IEA. (20 de Marzo de 2023). *Crisis Energética Mundial*. Obtenido de <https://www.iea.org/topics/global-energy-crisis>
- Jaramillo Valladares, F. B., & Silva Perugachi, B. J. (2020). *Diseño, construcción e implementación de un generador fotovoltaico para el sistema a escala del laboratorio de sistemas eléctricos de potencia*. [Tesis de pregrado]. Escuela Politécnica Nacional, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/21325>
- Ladrón de Guevara, J. (2017). *Diseño y cálculo de una instalación fotovoltaica aislada*. Universidad Politécnica de Madrid, Madrid.
- Maldonado Luna, S. M. (2007). Manual práctico para el diseño de la Escala Likert. *Revista Xihmai, Vol 2(Nº 4)*.
- Matiz Mora, D. F., & Macareno Carrillo, J. W. (2019). *Diseño e implementación de una estación didáctica para el entrenamiento en el manejo de energía solar fotovoltaica*. Universidad de Santander, Colombia. Obtenido de <https://repositorio.udes.edu.co/handle/001/4328>
- Mindiamart. (02 de Agosto de 2024). Obtenido de <https://pdf.indiamart.com/impdf/21919659612/MY-19185881/leoch-lead-acide-12v-65-ah-battery.pdf>
- Molina Anchatuña, A. D. (2021). *Diseño e implementación de un módulo didáctico de generación fotovoltaica aislada con almacenamiento híbrido para el Laboratorio de Energías Renovables*. [Tesis de pregrado]. Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/26021>
- NASA. (2024). *Energía de la nasa (DAV)*. Obtenido de <https://power.larc.nasa.gov/data-access->

viewer/?fbclid=IwA%20R0SU8HH6cpkHIXEWjEDgKkMbeTuKC6VpfOcbfop
W7%20kMUCBnrSzpvwYHpU

- Ordóñez García, A. (02 de Enero de 2021). *Seiscubos*. Obtenido de <https://www.seiscubos.com/conocimiento/graficas-de-recorridos-solares>
- Osaka Electronics*. (02 de Agosto de 2024). Obtenido de <https://osakaelectronicsltda.com/energia-solar/controladores-de-carga/regulador-controlador-solar-pwm-1224v-20a.html>
- Peña, L. (13 de Abril de 2022). *Ilumin*. Obtenido de <https://ilumin.online/diferencias-entre-radiacion-irradiancia-e-irradiacion-solar/>
- Pérez Martínez, M., Clemente Morales, I., & Castro, E. (2017). The hour equivalent solar pick. Definition and interpretation. *SciELO*, 38(Nº 2). Obtenido de http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1815-59012017000200007&lng=es&tlng=en
- Pérez Porto, J., & Gardey, A. (2023). *Definición de aprendizaje*. Obtenido de <https://definicion.de/aprendizaje/>
- Pérez, B. (2020). *La energía fotovoltaico* (Tercera edición ed.). España: Academia de Energía Solar.
- Pinda Román, D.F. (2021). *Implementación de un módulo de pruebas a nivel de laboratorio para el estudio de paneles solares fotovoltaicos y pilas de combustible*. [Tesis de pregrado]. Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11600>
- Portillo Gil, G. (2021). *Modelo de evaluación Kirkpatrick en Educación para el Desarrollo y Ciudadanía Global: Recomendaciones para su adaptación en proyectos de Farmamundi*. Universitat Politècnica de València. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10251/168999>
- Rocha, A. (15 de Abril de 2022). *MPV Solar*. Obtenido de <https://www.mpvsolarreference.com/post/qu%C3%A9-tipos-de-inversor-fotovoltaico-existen>
- Rodas Toledo, D. A. (2019). *Diseño de una metodología de evaluación para eventos de capacitación en el desempeño personal para una institución pública financiera*.

[Tesis de maestría]. Universidad Andina Simón Bolívar, Quito, Ecuador. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10644/7201>

Romero Rodríguez, D. E. (2015). *Diseño de un sistema de monitoreo de parámetros eléctricos basado en tecnología GSM para un riogenerador PUCP*. [Tesis de pregrado]. Pontificia Universidad Católica del Perú, Lima. Obtenido de <http://hdl.handle.net/20.500.12404/6230>

Romo Garcia, M. (2020). *Control automático de tiempo de precalentamiento en ajuste de interruptores termomagnéticos*. Universidad Cetys, México.

Ronova Energía. (31 de Julio de 2024). Obtenido de <https://www.renova-energia.com/categoria-producto/controladores-de-carga-pwm/#:~:text=Existen%20dos%20tipos%20de%20reguladores,o%20controladores%20de%20carga%20PWM>

Sáez, A. (06 de Abril de 2009). *Agrupación Astronómica Jerezana MAGALLANES*. Obtenido de <https://agrupacionastronomicamagallanes.wordpress.com/2009/04/06/mecanica-celeste-adonde-orientar-la-vivienda/>

Salas Reyes, Y., Gómez Blanco, H., Vanegas Chamorro, M., Valencia Ochoa, G., & Villicaña Ortíz, E. (2018). Diseño técnico y económico de un banco solar fotovoltaico para generación de energía eléctrica de forma aislada. *Prospectiva, Vol 16*(N° 2), 82-88. Obtenido de <https://doi.org/10.15665/rp.v16i2.1653>

Tamayo Pereyra, R. (22 de Marzo de 2019). *Linkedin*. Obtenido de <https://es.linkedin.com/pulse/sistemas-fotovoltaicos-conectados-red-sfv-nored-en-el-tamayo-pereyra>

Tecsol Energy. (02 de Agosto de 2024). Obtenido de <https://www.tecsolenergy.pe/producto/inversor-cargador-1000w-12v-pwm-50a-must-solar-2/>

Unit Electronics. (2023). *Sensor de Voltaje FZ0430*. Obtenido de <https://uelectronics.com/producto/modulo-sensor-de-voltaje-0-25v-dc/>

Unit Electronics. (2024). *Arduino UNO R4 WiFi ABX00087*. Obtenido de <https://uelectronics.com/producto/arduino-uno-r4-wifi/>

Unit Electronics. (2024). *Sensor de corriente ACS712 30A*. Obtenido de <https://uelectronics.com/producto/sensor-de-corriente-ac712-30a/>

Unit Electronics. (2024). *Sensor de temperatura DS18B20*. Obtenido de <https://uelectronics.com/producto/ds18b20-sensor-de-temperatura-digital-de-acero-inoxidable-sumergible/>

Vélez Mosquera, F. D., & Grijalva Campoverde, C. X. (2020). *Estudio e implementación de un sistema fotovoltaico aplicado a luminarias: caso de estudio Unidad educativa*. [Tesis de pregrado]. Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, Ecuador. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/18646>

ANEXOS

Anexo 1. Ficha técnica del panel solar

Parámetro	Valor
Tamaño del modulo	664x754x25mm
Tipo de célula	Monocristalino
Numero de células	36 (4x9)
Potencia máxima (Wp)	80W
Tolerancia de potencia (%)	±5%
Voltaje en circuito abierto (Voc)	21.6V
Intensidad en cortocircuito (Isc)	4.90A
Voltaje a máxima potencia (Vm)	17.6V
Intensidad a máxima potencia (Im)	4.55A
Fusible máxima serie	10 ^a
Numero de diodos	2
Longitud y tipo cable	Sin cables
Condiciones del test	1000W/m ² ,25°C, AM 1.5
Voltaje máximo sistema	600Vdc
Coefficiente temperatura –Isc	+0.08558%/°C
Coefficiente temperatura –Uoc	-0.29506%/°C
Coefficiente temperatura –Pmpp	-0.38001%/°C
Temperatura normal trabajo célula	-40 ~+80°C
Eficiencia del módulo	14.6%
Peso	6.8 Kg

Anexo 2. Ficha técnica de batería

Parámetro	Valor
Voltaje nominal	12V
Capacidad nominal	65.0AH
Dimensiones	Longitud 348±3mm (13.7 pulgadas)
	Ancho 167±2mm (6.57 pulgadas)
	Altura del contenedor 178±2mm (7.01 pulgadas)
	Altura total (con terminal) 178±2mm (7.01 pulgadas)
Peso aproximado	Aproximado 19.2 Kg (42.3 Ibs)
Terminal	T6
Material del contener	ABS
Capacidad nominal	65.0 AH/3.25A; (20hr ,1.80V/cell,25 °C/77 °F)
	62.1 AH/6.21A; (10hr,1.80V/cell,25 °C/77 °F)
	53.6 AH/10.72A;(5hr,1.75V/cell,25 °C/77 °F)
	45.8 AH/15.3A; (3hr,1.75V/cell,25 °C/77 °F)
	37.5 AH/37.5A; (1hr,1.60V/cell,25 °C/77 °F)
Corriente máxima de descarga	780A (5s)
Resistencia interna	Aproximadamente 7.3 mΩ
Rango de temperatura de funcionamiento	Descarga -15~50 °C (5~122°F)
	Cambiar 0~40 °C (32~104°F)
	Almacenamiento -15~40 °C (5~104°F)
Temperatura nominal de funcionamiento. Rango	25± 3°C (77±5°F)
Uso cíclico	Corriente de carga inicial inferior a 19.5A. Voltaje 14.4V~15.0V en 25°C (77 °F) coeficiente de temperatura -30mV/ C
Uso en espera	Sin límite en el voltaje de corriente de carga inicial 13.5V~13.8V en 25°C (77 °F) temperatura coeficiente -20mV/ C
Capacidad afectada por la temperatura	40°C (104°F) 103%
	25°C (77°F) 100%
	0°C (32°F) 86%

Continuación

Autodescarga	Las baterías de la serie LP se pueden almacenar hasta por 6 meses a 25°C (77°C) y luego se requiere una carga de renovación. para temperatura más altas el intervalo será más corto.
--------------	--

Nota. Esta tabla muestra las especificaciones del batería usado Mindiamart (2024).

Anexo 3. Ficha técnica del controlador MPPT



Parámetro	Valor
Modelo	ML2420
Voltaje del sistema	12V/24V auto
Pérdida sin carga	0.7 W a 1.2 W
Voltaje de batería	9 a 35
Máximo voltaje de entrada solar	100V (25°C), 90V (-25°C)
Máximo rango de voltaje del punto de alimentación	Voltaje de la batería +2V a 75V
Corriente de carga nominal	20 A
Capacidad de carga capacitiva máxima	10000uF
Potencia máxima de entrada del sistema fotovoltaico	260W/12V; 520W/24V
Eficiencia de conversión	≤ 98%
Eficiencia de seguimiento MPPT	>99%
Factor de compensación de temperatura	-3.0mv/ °C/ 2V (default)
Temperatura de funcionamiento	-35°C a +45°C
Grado de protección	IP32
Peso	1.4kg
Método de comunicación	RS 232
Altitud	≤ 3000m
Dimensiones del producto	210*151*59.5mm

Nota. Esta tabla muestra la especificación del controlados MPPT utilizado ABC Solar Electronics (2024).

Anexo 4. Ficha técnica del controlador PWM



Parámetro	Valor
Máxima Corriente Carga / Descarga	20 ^a
LVD	11.0V ADJ 9-12V x 2 en batería de 24V
LVR	12.6V ADJ 11-13.5V x 2 en batería de 24V
Voltaje Flotante	13.8V ADJ 13-15V x 2 en batería de 24V
Impulso de Carga	14.4V x 2 24V (Si el voltaje de la batería es menor a 12V, tendrá demora de 2 horas).
Voltaje de protección de batería	16.5V x 2 en batería de 24V
Protección de conexión inversa	Si
Protección en la carga	Si, cada dos minutos reinicia
Tipo de carga	PWM
Salida USB	5V 1A
Pérdida por temperatura	-24mV /°C Para sistemas 12V. x 2 en batería de 24V
Temperatura de trabajo	-20°C; 55°C
Terminal	28-10 AWG
Medidas	168x92x42mm
Peso	0.26Kg Pantalla LCD

Nota. Esta tabla muestra la especificación del controlador PWM usado Osaka Electronics (2024).

Anexo 5. Ficha técnica del inversor - cargador



Modelo		PV18-1012VPK
Voltaje de baterías del sistema		12VDC
	Potencia del inversor	1000W
	Pico de potencia	2000VA
Salida inversor	Tipo de Onda	Onda Senoidal Pura
	Regulación de Voltaje AC	220VAC~240VAC
	Eficiencia del Inversor	93%
	Tiempo de Tránsito	10ms (FST, APL), 20ms (SLO)
Entrada	Voltaje Salida AC	230VAC
	Rango Voltaje Salida (Seleccionable)	170~280VAC (FST), 90~280VAC (SLO), 184~253VAC (APL)
	Rango de Frecuencia	50Hz/60Hz (Auto programado)
Batería	Voltaje Nominal	12VDC
	Voltaje de Flotación	13.5VDC
	Voltaje de Protección Sobrecarga Batería	15.5VDC
Cargador solar & cargador AC	Voltaje máximo de panel en Voc	55VDC
	Consumo en Stand By	2W

Continuación

	Máxima corriente de carga solar (PWM)	50A
	Máxima corriente de carga AC	20A
	Máxima corriente de carga total	70A
Especificaciones mecánicas	Dimensiones de producto (A*A*L) (mm)	225*355*92
	Dimensiones del paquete (A*A*L) (mm)	450*373*205
	Peso neto (Kg)	4.0
	Peso en bruto (Kg)	6.0
Varios	Humedad	5% al 95% humedad relativa
	Temperatura de trabajo	0 °C – 55°C
	Temperatura de almacenamiento	de -15°C – 60°C

Nota. Esta tabla muestra la especificación del inversor - cargador usado Tecsol Energy (2024).

Anexo 6. Ficha técnica del inversor off gride



Modelo	M-600W-12V
Potencia de salida	600W
Potencia de pico	1200W
DC rango de tensión de entrada	DC12V (9,5 V-15,5 V)
Voltaje de salida de CA (opción única)	100V/110V/120V/220V/230V/240V
Descargar actual	$\leq 0.5A$
Frecuencia de salida	(50Hz \pm 2Hz) o (60Hz \pm 2Hz)
Forma de onda de salida	Modified onda sinusoidal
Salida USB de voltaje/corriente	5V 2A (compatible con carga rápida QC3.0 de hasta 18W)
Max salida eficiencia	88%
Protección de baja tensión	"Alarma" "Bi" con intervalo de 2s + luces rojas y verdes en funcionamiento, se reinician automáticamente cuando el voltaje se recupera"
Por protección de tensión	"Alarma" "BiBi" con intervalo de 1s + luces rojas y verdes que cambian alternativamente, se reinician automáticamente cuando el voltaje se recupera"

Continuación

De carga de protección	"Alarma" "Bi" "continuamente + luz roja que brilla/se reinicia automáticamente cuando la energía de carga se recupera; Si se cierra después de recuperarse dos veces, debe reiniciarse manualmente."
Por temperatura de protección	"Alarma" "BiBiBi" con intervalo de 1s + luces rojas y verdes que cambian alternativamente, se reinician cuando la temperatura se recupera"
Protección contra cortocircuito	Sí
DC conexión inversa protección	Fusible quemado
Alarma de baja tensión de	10,5 v \pm 0,5 v
Protección de baja tensión de	9,5 v \pm 0,5 v
Baja Tensión recuperar rango de	12v \pm 0,5 v
Por protección de tensión de	15,5 v \pm 0,5 v
Más tensión recuperar rango de	14v \pm 0,5 v
Temperatura de trabajo	-10°C~ 50°C
Método de enfriamiento	Refrigeración del ventilador (control de temperatura)
Tamaño de la unidad	218mm * 106mm * 60mm
N.W/G.W	0,9 kg/1,19 kg

Nota. Esta tabla muestra la especificación del inversor off gride utilizado TecsolEnergy (2024).

Anexo 7. Encuestas para el nivel de Reacción

ENCUESTA		FECHA Y LUGAR				
CODIGO: I-001-EC						
NIVEL: Reacción						
Por favor marque con una X considerando en la escala 5 como mayor puntaje y 1 como menor puntaje (muy satisfecho, satisfecho, ni insatisfecho ni satisfecho, insatisfecho, completamente insatisfecho).						
PREGUNTA		ESCALA				
		5	4	3	2	1
01	Los objetivos del curso fueron claramente establecidos.					
02	Las expectativas del curso fueron de su agrado.					
03	Los materiales facilitados para las actividades mejoró el desarrollo de aprendizaje en el curso.					
04	Los sitios web de dimensionamiento y visualización de datos funcionaban correctamente.					
05	La distribución del tiempo fue adecuada.					
06	Los objetivos del curso fueron logrados.					
07	Los materiales de enseñanza fueron presentados de forma atrayente.					
08	La guía para los talleres prácticos fue relevante para su formación.					
09	La metodología aplicada fue apropiada para su formación.					
10	El nivel de complejidad del contenido del curso fue adecuado.					

Continuación

11	Los temas del curso fueron presentados de forma clara y comprensible.					
12	Los contenidos realizados en cada sesión fueron presentados de forma estructurada y organizada.					
13	El módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos es adecuado para su enseñanza.					

Persona que realiza la encuesta	Daniel Wily Catachura Jayo
Observaciones:	

Validación: Prueba de apariencia, visto bueno empresa.

Anexo 8. Encuestas para el nivel de Conocimiento

ENCUESTA		FECHA Y LUGAR				
CODIGO: I-002-EC						
NIVEL: Conocimiento						
Por favor marque con una X considerando en la escala 5 como mayor puntaje y 1 como menor puntaje (5 completamente, 4 en la mayoría, 3 algunas veces, 2 casi nunca, 1 nunca).						
PREGUNTA		ESCALA				
		5	4	3	2	1
01	Reconoce conceptos de energía solar fotovoltaica, los componentes de las instalaciones y los beneficios a la sociedad y al medio ambiente.					
02	Comprende las configuraciones de los sistemas fotovoltaicos de acuerdo al tipo de instalación (aisladas y conectadas a red).					
03	Entiende el efecto que causa los parámetros meteorológicos, ubicación geográfica y ambientales en los sistemas fotovoltaicos.					
04	Reconoce los componentes esenciales de los sistemas fotovoltaicas, sus parámetros eléctricos y utilización.					
05	Comprende la asociación en serie – paralelo de los componentes de una instalación fotovoltaica y el comportamiento de los parámetros eléctricos					
06	Realiza el dimensionado de sistemas fotovoltaicos de acuerdo a la demanda, tipo de instalación y energía disponible.					

Continuación

SOBRE EL MODULO DE CAPACITACIÓN EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS					
07	El módulo de capacitación fue asequible su manipulación y uso.				
08	Reconoce el diagrama de conexión de los componentes de un sistema fotovoltaico y su procedimiento de instalación.				
09	La metodología basada en talleres prácticos permitió una apropiación rápida de los conocimientos.				
10	Comprende la interfaz de visualización de los parámetros corriente, tensión y temperatura.				
SOBRE EL SISTEMA EN LÍNEA DE DIMENSIONAMIENTO OFF GRID					
11	Comprende el uso y manejo del sistema en línea de dimensionamiento fotovoltaico off grid.				

Persona que realiza la encuesta	Daniel Wily Catachura Jayo
Observaciones:	

Validación:
empresa.

Prueba de apariencia, visto bueno.

Anexo 9. Encuestas para el nivel de Desempeño

ENCUESTA		FECHA Y LUGAR				
CODIGO: I-003-EC						
NIVEL: Desempeño						
Por favor marque con una X considerando en la escala 5 como mayor puntaje y 1 como menor puntaje (5 completamente, 4 en la mayoría, 3 algunas veces, 2 casi nunca, 1 nunca).						
PREGUNTA		ESCALA				
		5	4	3	2	1
01	Reconoce los conceptos del sector solar fotovoltaica y apropiación en el desempeño de sus funciones.					
02	Aplica conocimientos de los parámetros meteorológicos, ubicación geográfica y ambientales para el cálculo de instalaciones fotovoltaicas.					
03	Aplica conocimientos de los parámetros eléctricos (aparatos eléctricos) de una vivienda para el cálculo de la demanda de energía y tipo de configuración (ON GRID Y OFF GRID).					
04	Aplica conocimientos de parámetros eléctricos de los componentes para el diseño de sistemas fotovoltaicos Aplica la asociación de componentes de los sistemas fotovoltaicos de acuerdo al tipo de configuración.					
05	Entiende la importancia y la función de los sistemas protección y aplica los conocimientos para realizar el diseño.					
06	Entiende la importancia y la función de los sistemas protección y aplica los conocimientos para realizar el diseño.					

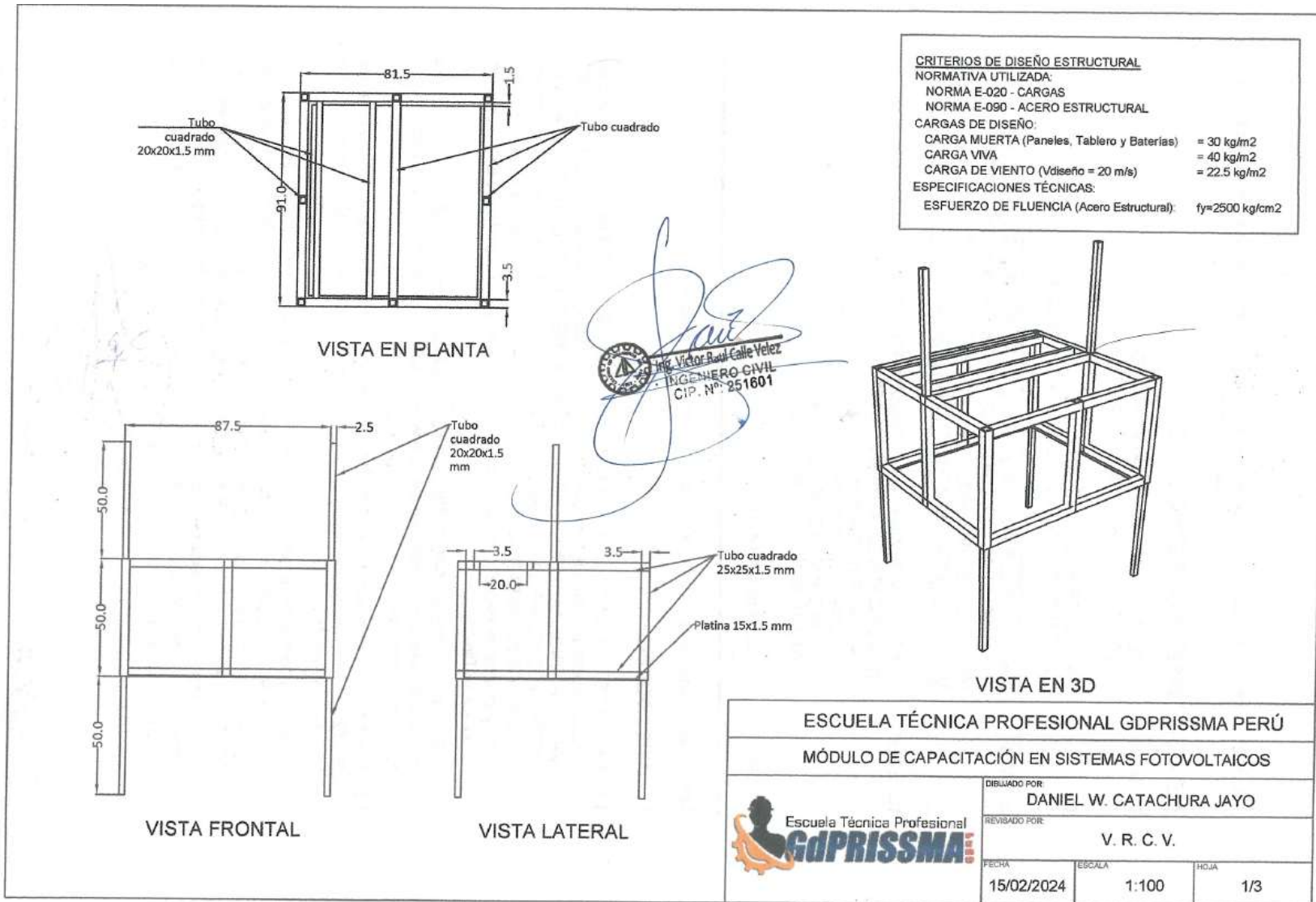
Continuación

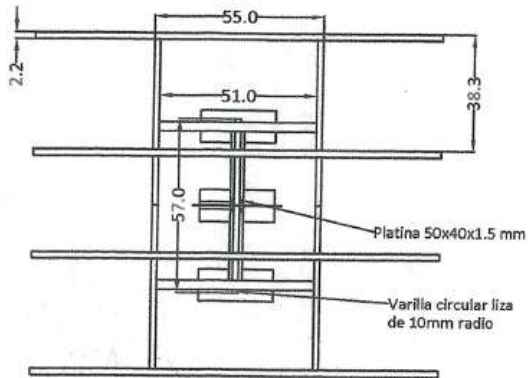
07	Se siente en capacidad de realizar el dimensionado e instalación de sistemas fotovoltaicas para diferentes sectores de acuerdo a la demanda requerida, aplicando los conocimientos en su función.					
08	Aplica el propósito de las energías renovables (solar fotovoltaica) y el camino a la sostenibilidad.					

Persona que realiza la encuesta	Daniel Wily Catachura Jayo
Observaciones:	

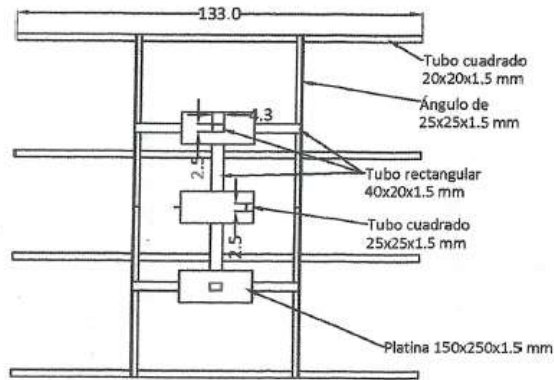
Validación: Prueba de apariencia, visto bueno empresa

Anexo 10. Planos de la estructura del módulo de capacitación

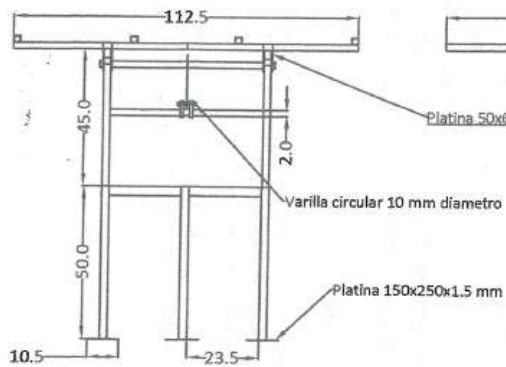




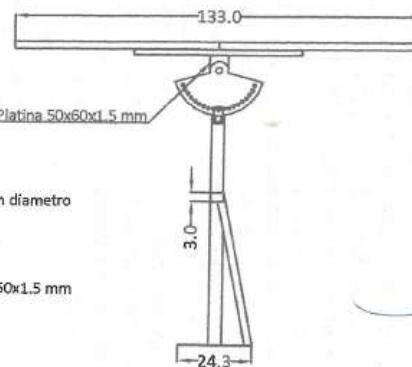
VISTA EN PLANTA (superior)



VISTA EN PLANTA (inferior)



VISTA FRONTAL



VISTA LATERAL

CRITERIOS DE DISEÑO ESTRUCTURAL

NORMATIVA UTILIZADA:

NORMA E-020 - CARGAS

NORMA E-090 - ACERO ESTRUCTURAL

CARGAS DE DISEÑO:

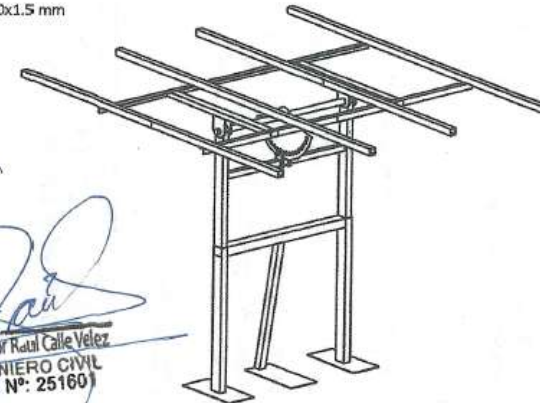
CARGA MUERTA (Paneles, Tablero y Baterías) = 30 kg/m²

CARGA VIVA = 40 kg/m²

CARGA DE VIENTO (V_{diseño} = 20 m/s) = 22.5 kg/m²

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS:

ESFUERZO DE FLUENCIA (Acero Estructural): $f_y = 2500 \text{ kg/cm}^2$



VISTA EN 3D

Ing. Victor Rival Calle Velez
INGENIERO CIVIL
CIP. N°: 25160

ESCUELA TÉCNICA PROFESIONAL GDPRISMA PERÚ

MÓDULO DE CAPACITACIÓN EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



DISEÑADO POR:

DANIEL W. CATACHURA JAYO

REVISADO POR:

V. R. C. V.

FECHA:

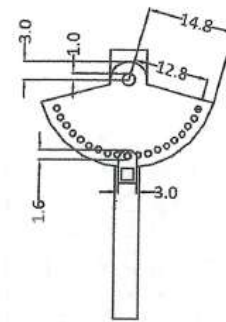
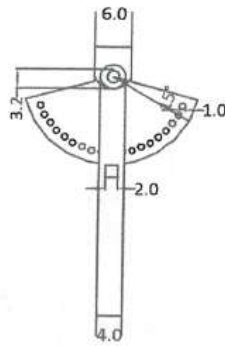
15/02/2024

ESCALA:

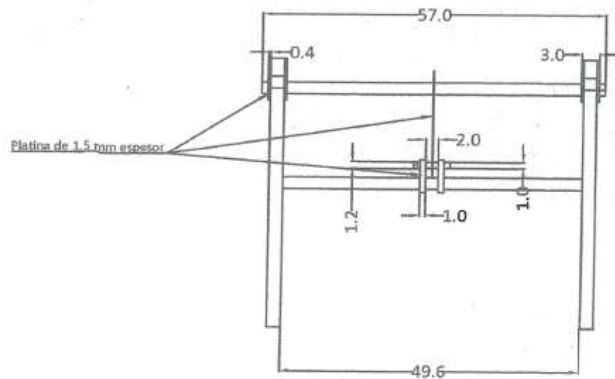
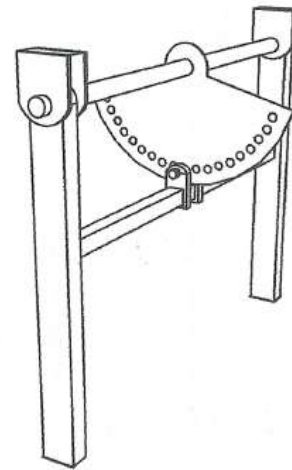
1:100

HOJA:

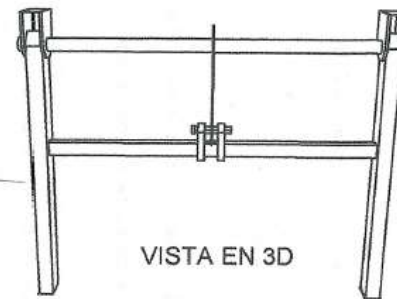
2/3



DETALLES DE LA PARTE MOVIL




 Ing. Victor Raúl Calle Velez
 INGENIERO CIVIL
 C.P. N°: 251601



VISTA EN 3D

ESCUELA TÉCNICA PROFESIONAL GDPRISMA PERÚ

MÓDULO DE CAPACITACIÓN EN SISTEMAS FOTOVOLTAICOS



DIBUJADO POR:
DANIEL W. CATACHURA JAYO

REVISADO POR:
V. R. C. V.

FECHA:
15/02/2024

ESCALA:
1:100

HOJA:
3/3

Anexo 11. Guías de práctica desarrollados dentro de las sesiones

GUÍAS DE PRÁCTICA N° 01

“COMPONENTES DEL MÓDULO DE CAPACITACIÓN EN SISTEMAS FOTVOLTAICOS”

OBJETIVOS:

- Saber cómo funciona un módulo de capacitación para sistemas fotovoltaicos.
- Realizar una lista de los componentes con sus respectivas ilustraciones y describa sus principales características y usos.

INTRODUCCIÓN:

Como todos sabemos, un sistema de energía solar fotovoltaica está compuesto por una variedad de elementos, dispositivos o aparatos que permiten la obtención, transportación, procesos de almacenamiento y transformación de energía eléctrica, lo que permite su uso seguro y eficiente. Esta práctica enumera cada uno de los componentes fundamentales del sistema y sus funciones. del módulo de capacitación

- Paneles solares
- Inversores (ON-GRID y OFF-GRID)
- Reguladores (MPPT y PWM)
- Baterías
- Cables de conexión
- Sistemas de monitoreo de datos
- Cámara fotográfica

MARCO TEÓRICO

Panel solar (módulo fotovoltaico): Encargado de transformar la energía solar en energía eléctrica a través del efecto fotoeléctrico. Están constituidas por semiconductores de silicio (mono-cristalinos o poli-cristalinos). Y según su configuración están diseñados para valores específicos de tensión 12V,24, etc.

Regulador de carga: Componente que se encarga de regular la carga entre la unión de paneles solares y baterías, evitando situaciones de sobrecarga y sobre descarga.

Baterías: Componente que se encarga de almacenar energía generada por los paneles solares en forma de energía química, también se utilizan para estabilizar el voltaje y corriente.

Inversor: Encargado de transformar la energía suministrada por los paneles solares y baterías en forma de corriente continua (DC) en corriente alterna (AC) para su posterior uso.

PROCEDIMIENTO:

1. Acérquese al módulo fotovoltaico.
2. Identificar y tomar evidencia del soporte de los paneles solares.
3. Tomar los paneles solares.
4. Describir las características, función, tipo de panel solar.
5. Tomar evidencia.
6. Tomar los inversores (ON GRID O OFF GRID)
7. Describir las características, funciones y usos.
8. Tomar evidencia.
9. Tomar los controladores de carga (PWM y MPPT)
10. Describir las características, funciones y usos.
11. Tomar evidencia.
12. Tomar las baterías
13. Describir las características, funciones y usos.
14. Tomar evidencia.
15. Tomar el sistema de monitoreo de datos
16. Describir las características, funciones y usos.
17. Tomar evidencia.

CONCLUSIONES:

Cada participante presenta apreciaciones y a su vez un análisis general del trabajo realizado.

GUÍA DE PRÁCTICA N° 02

“PARÁMETROS Y CURVAS CARACTERÍSTICAS DE LOS PANELES SOLARES”

OBJETIVOS:

- Examinar las características esenciales de los paneles solares.
- Conocer cómo funcionan los paneles solares.
- Medir y verificar la curva característica de los paneles solares en la página web "gdprissma.edu.pe".

INTRODUCCIÓN:

Los paneles solares tienen una serie de parámetros que es necesario saber e identificar para trabajar con ellos:

- Tensión de circuito abierto (V_{ca})
- Tensión de máxima potencia (V_{mp})
- Corriente de cortocircuito (I_{cc})
- Corriente de máxima potencia (I_{mp})
- Rendimiento

MATERIALES:

- Paneles solares
- Módulo de capacitación y cargas
- Computador o laptop
- Interfaz del sistema de monitoreo de datos en la página web
- Cables de conexión

MARCO TEÓRICO:

Las curvas características de un panel solar, llamados también curvas I-V, representa valores de tensión y corriente medidos en un determinado tiempo, el cual se somete a diferentes condiciones de insolación y temperatura.

PROCEDIMIENTO:

1. Elegir el panel solar que se utilizará.
2. Fijar la estructura de forma perpendicular al sol.

3. Iniciar el sistema de monitoreo de datos para que pueda almacenar datos.
4. Colocar los sensores de voltaje y corriente en la salida del panel.
5. Realizar las conexiones en el módulo de acuerdo a tipo al diagrama de aislada con controlador MPPT.
6. Insertar cargas AC y DC en la salida y llene una tabla con los valores de voltaje y resistencia.
7. Verificar en el sitio web “gdprisma.edu.pe” los valores obtenidos de los sensores.
8. Analizar la gráfica que muestra el módulo.
9. Descargar los datos y graficar de manera manual.

N°	Potencia (W)	Voltaje (V)	Corriente (A)

CONCLUSIONES:

Cada participante presenta los resultados, datos, gráficos y recomendaciones o dificultades encontradas dentro de la práctica.

GUÍA DE PRÁCTICA N° 03

“EFECTOS DEL ANGULO DE INCIDENCIA Y ASOCIACION DE LOS PANELES SOLARES”

OBJETIVOS:

- Realizar las mediciones del voltaje y corriente generado por el panel solar.
- Monitorear el comportamiento de voltaje y corriente de salida del panel en diferentes ángulos.

INTRODUCCIÓN

En un sistema de energía solar fotovoltaica, la fuente o equipo utilizado para obtener energía es el panel solar de células fotovoltaicas. La forma de ubicar las placas solares o módulos solares influye en la calidad de la energía y la cantidad que se puede obtener. Puede decirse que, según el tipo de panel solar, su tamaño, potencia, tensión y corriente punta, el precio y la duración necesariamente varían. La base de esta práctica es conocer el comportamiento de las placas solares variando el ángulo en el que se encuentran.

MATERIALES:

- Módulo de capacitación (paneles solares, sistemas de monitoreo de datos)
- Cables de conexión
- Computadora o celular (ingresar página web)
- Cargas

MARCO TEÓRICO

Asociación de paneles solares (serie y paralelo). La elección entre la conexión en serie y paralela de paneles se basa en las necesidades del sistema fotovoltaico completo. Para hacerlo, se analizan los parámetros eléctricos del conjunto total de paneles utilizando los datos del inversor solar o el regulador de carga. Los paneles deben estar dentro del rango de trabajo del equipo a los que se conectarán.

Antes de hablar sobre las formas en que se conectan los paneles solares en serie y en paralelo, es importante recordar que la potencia (W) siempre aumentará. Esto se debe a que tanto la tensión como la intensidad son factores de potencia, y aumentar cualquiera de ellos significa aumentar la potencia. Además, esta potencia debe ser compatible con el regulador de carga o el inversor solar.

Conexión en serie de paneles solares.

La conexión en serie es la más sencilla y común, para esto se deben conectar el terminal positivo con el terminal negativo de otro panel y así sucesivamente. Al final en los extremos queda un terminal positivo y otro negativo, estos cables se conectan al inversor o controlador de carga. Recordar que en las conexiones en serie aumenta el voltaje y se mantiene constante la corriente.

Conexión en paralelo de paneles solares.

Para realizar conexiones en paralelo se deben juntar los terminales positivos y por el otro lado los terminales negativos y estos conectar al inversor o controlador. Recordar que en este caso el voltaje se mantiene constante y la corriente se suma.

PROCEDIMIENTO:

1. Identificar la numeración de los paneles
2. Orientar la estructura de los paneles solares de forma perpendicular al sol.
3. Realizar la conexión con ayuda de los cables.
4. Conectar los sensores y encender el sistema de monitoreo de datos.
5. Conexión en serie o paralelo
6. Verificar el comportamiento de la tensión y corriente en cada caso.
7. Descarga los datos de sistema, gráfica y compara.

Conexión en serie:

- Conectar el terminal P1 (del PV1) con terminal N2 (del PV2)
- Conectar el terminal N1 (del PV1) y el terminal P2 (del PV2) al controlador de carga.

O el otro caso:

- Conectar el terminal P3 (del PV3) con terminal N4 (del PV4)
- Conectar el terminal N3 (del PV3) y el terminal P4 (del PV4) al controlador de carga.

Para las conexiones tenemos limitaciones ya que los componentes (controlador de carga) trabajan en rangos de 12/24 V.

Conexión en paralelo:

- Conectar los terminales P1+P2+P3+P4
- Conectar los terminales N1+N2+N3+N4

- Conectar las resultantes al controlador de carga o inversor.

Para las conexiones no hay limitaciones ya que los componentes soportan corrientes la corriente resultante de la conexión en paralelo.

CONCLUSIONES:

Cada participante presenta los resultados, datos, gráficos y recomendaciones o dificultades encontradas dentro de la práctica.

GUÍA DE PRÁCTICA N° 04

“PARÁMETROS DEL REGULADOR DE CARGA”

OBJETIVOS:

- Conocer el funcionamiento del regulador.
- Medir el consumo del regulador
- Medir niveles de voltaje a la entrada y salida del regulador.

INTRODUCCIÓN:

La tensión nominal de los módulos fotovoltaicos es mayor que la tensión nominal de las baterías o acumuladores que se utilizan en las instalaciones. Esto tiene dos razones:

Para compensar la disminución que se puede producir debido al aumento de la temperatura, el voltaje nominal del panel debe ser más alto.

Para que el panel fotovoltaico se carga correctamente, la tensión a circuito abierto debe ser mayor que la tensión máxima de la batería. por lo que es necesario un voltaje mínimo de 14 V para que una batería de 12 V nominales alcance un estado de carga completo.

MATERIALES:

- Módulo de capacitación (reguladores de carga, paneles solares y baterías)
- Sistema de monitoreo de datos
- Cables de conexión

MARCO TEÓRICO:

El regulador desconecta automáticamente las cargas cuando el voltaje de las baterías es menor o igual al voltaje de descarga, permitiendo que las baterías se recarguen con la energía generada por los paneles fotovoltaicos. Por lo tanto, cuando el voltaje de las baterías es igual o superior al valor establecido por el regulador como voltaje de sobrecarga, los módulos fotovoltaicos se desconectan automáticamente, evitando daño a las baterías y reduciendo su vida útil.

Tipos de controlador de carga:

PWM: controlan la carga de baterías mediante un algoritmo programado. básicamente la corriente inyectada y el voltaje se comportan dependiendo del estado de carga de las baterías.

MPPT: Independizan la tensión de funcionamiento de los paneles solares de la tensión de la batería. Así entonces el algoritmo MPPT puede variar su tensión de funcionamiento buscando en todo momento el punto donde se entrega la máxima potencia.

PROCEDIMIENTO:

- Realizar la conexión de preferencia (de acuerdo a la practica 3)
- De preferencia conectar los paneles PV1 y PV2 en (en serie o paralelo) al controlador PWM y a la batería (B1)
- Conectar los paneles PV3 y PV4 en (serie o paralelo) al controlador MPPT y a la batería (B2)
- Encender el sistema de monitoreo de datos
- Conectar los sensores a la entrada y salida de los controladores
- Conectar cargar y quitar de acuerdo a la medición.
- Verificar los datos en la página web
- Tomar evidencia.
- Analizar los datos y comparar con las fichas técnicas.

Cargas	Voltaje de entrada (V)	Voltaje de salida (V)	Corriente de entrada (A)	Corriente de salida (A)
Con carga				
Sin carga				

CONCLUSIONES:

Cada participante presenta los resultados, datos, gráficos y recomendaciones o dificultades encontradas dentro de la práctica.

GUÍA DE PRÁCTICA N° 05

“PARÁMETROS DEL BANCO DE BATERÍAS”

OBJETIVOS:

- Conocer el funcionamiento de las baterías.
- Medir el consumo de corriente de la batería.
- Reconocer el estado de carga de las baterías midiendo el voltaje.

INTRODUCCIÓN:

Los módulos fotovoltaicos (paneles solares) absorben la energía solar durante el día para cargar las baterías solares. Durante la noche, las baterías liberan la energía para alimentar dispositivos como bombillos, computadoras, televisores, etc.

MATERIALES:

- Módulo de capacitación (reguladores de carga, paneles solares y baterías)
- Multímetro
- Conectores
- Sistema de monitoreo de datos

MARCO TEÓRICO:

En un sistema de energía solar fotovoltaica, las baterías acumulan la energía generada por los paneles fotovoltaicos durante las horas de sol, dependiendo de la región, y luego alimentan las cargas cuando se vuelve nublado u oscurece.

Una batería está compuesta por pequeños acumuladores de 2V que están integrados en el mismo componente; estos acumuladores pueden tener una capacidad de 6, 12, 24 o 48V. La celda que almacena energía a través de un proceso electroquímico se llama acumulador. De esta manera, cuando hablamos de una batería de 12V, estamos hablando de un conjunto en serie de 6 celdas de plomo-ácido de 2V cada una; la composición de otras baterías es similar.

PROCEDIMIENTO:

1. Realizar la conexión de su preferencia (de acuerdo a las practicas anteriores)
2. Antes de iniciar la carga (medir el voltaje de la batería)
3. Conectar los paneles al controlador y a las baterías
4. Medir la corriente y el voltaje de entrada en las baterías

5. Cargar por un determinado tiempo (20 minutos min)
6. Pasado el tiempo desconectar y medir el voltaje de la batería

Anotar en la siguiente tabla (se puede repetir el proceso hasta tener la batería cargada) identificando los estados de carga en las baterías.

N°	Voltaje	Tiempo

CONCLUSIONES:

Cada participante presenta los resultados, datos, gráficos y recomendaciones o dificultades encontradas dentro de la práctica.

GUÍA DE PRÁCTICA N° 06

“PARÁMETROS DE LOS INVERSORES”

OBJETIVO:

- Conocer el funcionamiento de los inversores (off grid y on grid).
- Medir el consumo del voltaje de un inversor
- Medir niveles de voltaje a la entrada y salida del inversor

INTRODUCCIÓN:

El inversor forma parte integrante de un sistema fotovoltaico y su función principal es transformar la energía suministrada por un conjunto de paneles solares en forma de corriente continua (DC) en corriente alterna (AC) para ser utilizada en los hogares, o edificios, verterlo en la red o almacenarlo en baterías.

MATERIALES

- Módulo de capacitación (reguladores de carga, paneles solares, baterías, inversores y cargas)
- Multímetro
- Conectores
- Sistema de monitoreo de datos

MARCO TEÓRICO:

Tenemos diferentes tipos de inversores de acuerdo a las necesidades, de las cuales dentro de este taller de prácticas usaremos dos tipos de inversores solares, una de ellas para sistemas aislados (inversor de aislada) y el otro para conexión a red sin inyección (inversor híbrido).

Inversores: Estos equipos tienen como única función tomar la energía almacenada en las baterías (corriente continua) y transformarla en corriente alterna.

Inversor cargador: Este tipo de inversor fotovoltaico no sólo transforma la energía de corriente continua en corriente alterna, sino que también puede convertir la corriente alterna de entrada auxiliar en corriente continua y cargar las baterías o transportarla donde se necesite la electricidad. La fuente auxiliar suele ser un generador de emergencia

PROCEDIMIENTO:

Para sistemas aislados (off gride)

1. Realizar la conexión (de acuerdo a las características de los inversores) de aislada
2. Conectar cargas AC en la salida del inversor.
3. Medir el voltaje y corriente de entrada del inversor.
4. Medir el voltaje y corriente de salida
5. Anotar, comparar y analizar los datos obtenidos.

N°	Voltaje (V)	Corriente (A)

Para sistemas conectados a red (on grid) sin inyección

1. Realizar la conexión (de acuerdo a las características de los inversores híbrido)
2. Conectar cargas AC en la salida del inversor.
3. Conectar la entrada AC de la red.
4. Programar (con ayuda del instructor)
5. Medir el voltaje y corriente de entrada del inversor.
6. Medir el voltaje y corriente de salida
7. Anotar, comparar y analizar los datos obtenidos.

N°	Voltaje (V)	Corriente (A)

CONCLUSIONES:

Cada participante presenta los resultados, datos, gráficos y recomendaciones o dificultades encontradas dentro de la práctica.

Anexo 12. Datos de recurso solar disponible (irradiación Wh/m²/día)

IRRADIACIÓN EN KWH/M2/DIA CON UNA INCLINACION DE 15°													
REGIÓN	PROVINCIAS	E	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
PUNO	AZANGARO	6.4	6.39	6.32	5.98	5.83	5.61	5.73	6.16	6.14	6.37	6.76	6.43
	PUNO	6.55	6.48	6.45	6.15	5.97	5.7	5.83	6.42	6.75	7.08	7.39	6.86
	CHUCUITO	6.09	6.07	6.02	5.93	5.79	5.51	5.64	6.19	6.49	6.93	7.21	6.63
	CARABAYA	6.42	6.39	6.31	5.95	5.76	5.53	5.65	6.1	6.11	6.37	6.77	6.45
	MELGAR	6.4	6.39	6.32	5.98	5.83	5.61	5.73	6.16	6.14	6.37	6.76	6.43
	EL COLLAO	6.09	6.07	6.02	5.93	5.79	5.51	5.64	6.19	6.49	6.93	7.21	6.63
	HUANCANE	6.1	6.14	6.2	6.09	5.84	5.52	5.67	6.24	6.62	6.97	7.16	6.42
	SANDIA	4.58	4.47	4.67	4.77	4.68	4.6	4.69	4.91	4.78	5.02	5.17	4.64
	LAMPA	6.56	6.48	6.44	6.13	5.94	5.66	5.79	6.39	6.73	7.08	7.4	6.87
	SAN ROMAN	6.56	6.48	6.44	6.13	5.94	5.66	5.79	6.39	6.73	7.08	7.4	6.87
	YUNGUYO	6.09	6.07	6.02	5.93	5.79	5.51	5.64	6.19	6.49	6.93	7.21	6.63
	SAN ANTONIO DE PUTINA	4.57	4.47	4.67	4.78	4.7	4.62	4.72	4.93	4.79	5.02	5.17	4.63
	MOHO	6.09	6.14	6.2	6.11	5.87	5.56	5.71	6.27	6.64	6.98	7.16	6.41
TACNA	TACNA	7.14	7.02	6.73	5.59	4.26	3.24	3.34	4	4.91	5.89	6.74	7.39
	CANDARAVE	6.69	6.28	6.58	6.36	5.82	5.2	5.49	6.29	7.03	7.69	8.01	7.67
	TARATA	6.69	6.28	6.58	6.36	5.82	5.2	5.5	6.29	7.03	7.69	8.01	7.67
	JORGE BASADRE	6.69	6.28	6.58	6.36	5.82	5.2	5.5	6.29	7.03	7.69	8.01	7.67
MOQUEGUA	GENERAL												
	SANCHEZ CERRO	5.94	5.58	5.87	6.07	5.97	5.67	5.75	6.45	6.94	7.35	7.53	6.69
	MARISCAL NIETO	6.7	6.28	6.57	6.34	5.78	5.16	5.46	6.26	7.01	7.69	8.02	7.54
	ILO	6.98	6.89	6.7	5.68	4.58	3.6	3.67	4.14	4.82	5.77	6.57	7.16
AREQUIPA	AREQUIPA	6.42	5.8	6.17	6.33	6.01	5.65	5.78	6.52	7.19	7.78	8.04	7.39
	CAYLLOMA	6.29	6.11	6.06	6	6.01	5.72	5.82	6.45	6.8	7.16	7.41	6.76
	ISLAY	6.54	6.51	6.03	4.68	3.47	2.59	2.52	3.02	3.61	4.64	5.63	6.33
	CAMANA	7.03	6.79	6.71	6.07	5.37	4.78	4.8	5.44	6.06	6.88	7.39	7.35
	CASTILLA	5.9	5.21	5.58	5.83	5.85	5.54	5.62	6.32	6.84	7.37	7.62	6.78
	CONDESUYOS	5.89	5.2	5.58	5.85	5.89	5.58	5.66	6.35	6.86	7.38	7.61	6.77
	LA UNION	5.91	5.21	5.57	5.81	5.82	5.5	5.58	6.29	6.83	7.37	7.63	6.79
	CARAVELI	6.49	5.76	5.96	6.13	6	5.62	5.76	6.45	7.11	7.73	7.95	7.34
CUSCO	ACOMAYO	4.74	4.57	4.68	4.76	4.78	4.66	4.74	5.08	4.99	5.11	5.27	4.78
	ANTA	4.95	4.74	4.7	4.82	4.97	4.84	4.96	5.33	5.2	5.39	5.62	5.09
	CALCA	4.74	4.57	4.68	4.75	4.76	4.63	4.71	5.06	4.98	5.11	5.27	4.79
	CANAS	5.67	5.42	5.47	5.54	5.62	5.42	5.52	6.01	5.96	6.22	6.56	5.95
	CANCHIS	5.67	5.42	5.47	5.54	5.62	5.42	5.52	6.01	5.96	6.22	6.56	5.95
	CHUMBIVILCAS	6.08	5.94	5.88	5.77	5.8	5.49	5.58	6.06	6.21	6.58	6.88	6.3
	CUSCO	4.74	4.57	4.68	4.75	4.76	4.63	4.71	5.06	4.98	5.11	5.27	4.79
	ESPINAR	5.66	5.42	5.47	5.55	5.65	5.45	5.56	6.04	5.98	6.22	6.55	5.94
	LA CONVENCION	4.13	3.86	4.05	4.06	3.95	3.8	3.95	4.27	4.28	4.51	4.47	4.03
	PARURO	4.74	4.57	4.68	4.76	4.78	4.66	4.74	5.08	4.99	5.11	5.27	4.78
	PAUCARTAMBO	4.74	4.57	4.68	4.75	4.76	4.63	4.71	5.06	4.98	5.11	5.27	4.79

Continuación

	QUISPICANCHI	4.74	4.57	4.68	4.75	4.76	4.63	4.71	5.06	4.98	5.11	5.27	4.79
	URUBAMBA	4.95	4.74	4.7	4.82	4.97	4.84	4.96	5.33	5.2	5.39	5.62	5.09
MADRE DE DIOS	TAMBOPATA	4.65	4.37	4.63	4.51	3.96	3.89	4.25	4.79	4.82	4.98	4.88	4.63
	TAHUAMANU	4.74	4.49	4.62	4.57	4.2	4.16	4.5	4.94	4.86	4.98	5.03	4.76
	MANU	4.41	4.12	4.26	4.15	3.63	3.51	3.75	4.29	4.49	4.55	4.5	4.32
ABANCAY	ABANCAY	4.95	4.74	4.7	4.82	4.97	4.84	4.96	5.32	5.2	5.39	5.62	5.09
	COTABAMBAS	4.95	4.74	4.7	4.82	4.97	4.84	4.96	5.32	5.2	5.39	5.62	5.09
	GRAU	6.08	5.94	5.87	5.76	5.77	5.45	5.54	6.04	6.19	6.58	6.88	6.31
	ANTABAMBA	6.08	5.94	5.88	5.77	5.8	5.49	5.58	6.06	6.21	6.58	6.88	6.3
	AYMARAES	6.58	6.35	6.17	5.89	5.83	5.52	5.65	6.11	6.36	6.8	7.22	6.73
	ANDAHUAYLAS	5.31	4.97	4.84	4.94	5.05	4.88	4.97	5.35	5.41	5.78	6.09	5.41
	CHINCHEROS	5.31	4.97	4.84	4.94	5.05	4.88	4.97	5.35	5.41	5.78	6.09	5.41
AYACUCHO	HUANTA	4.85	4.5	4.48	4.73	4.79	4.69	4.83	5.08	4.9	5.22	5.51	4.86
	LA MAR	5.32	4.97	4.84	4.93	5.03	4.85	4.94	5.33	5.4	5.78	6.09	5.42
	HUAMANGA	5.59	5.16	5.08	5.32	5.46	5.26	5.41	5.84	5.86	6.15	6.5	5.7
	CANGALLO	5.59	5.16	5.08	5.34	5.48	5.29	5.45	5.86	5.87	6.15	6.5	5.69
	VILCASHUAMAN	5.31	4.97	4.84	4.94	5.05	4.88	4.97	5.35	5.41	5.78	6.09	5.41
	VICTOR FAJARDO	5.31	4.97	4.85	4.95	5.08	4.91	5	5.37	5.42	5.78	6.08	5.4
	HUANCASANCOS	5.58	5.15	5.09	5.35	5.51	5.33	5.48	5.89	5.88	6.16	6.49	5.68
	SUCRE	6.59	6.35	6.16	5.87	5.8	5.48	5.61	6.09	6.35	6.8	7.22	6.74
	LUCANAS	5.79	5.12	5.19	5.76	5.89	5.56	5.73	6.3	6.73	7.22	7.4	6.45
	PARINACOCHAS	6.51	5.77	5.95	6.09	5.93	5.54	5.68	6.39	7.07	7.72	7.97	7.37
	PAUCAR DE SARA SARA	6.51	5.77	5.95	6.09	5.93	5.54	5.68	6.39	7.07	7.72	7.97	7.37
ICA	CHINCHA	6.5	6.46	6.24	5.79	4.58	3.4	3.26	3.76	4.74	5.73	6.26	6.32
	PISCO	6.5	6.46	6.24	5.79	4.57	3.4	3.26	3.76	4.74	5.72	6.26	6.32
	ICA	6.64	6.11	6.17	6.14	5.67	5.06	5.15	5.89	6.72	7.39	7.64	7.17
	PALPA	6.63	6.11	6.18	6.16	5.7	5.1	5.19	5.92	6.74	7.4	7.63	7.15
	NASCA	5.79	5.12	5.19	5.77	5.92	5.6	5.77	6.33	6.74	7.23	7.4	6.44
HUANCAVELICA	HUANCAVELICA	4.85	4.5	4.48	4.73	4.79	4.69	4.83	5.08	4.9	5.22	5.51	4.86
	TAYACAJA	4.86	4.5	4.48	4.72	4.77	4.66	4.8	5.06	4.89	5.22	5.51	4.86
	CHURCAMP	4.86	4.5	4.47	4.72	4.77	4.66	4.8	5.06	4.89	5.22	5.51	4.86
	ACOBAMBA	4.85	4.5	4.48	4.73	4.79	4.69	4.83	5.08	4.9	5.22	5.51	4.86
	ANGARAES	4.85	4.5	4.48	4.73	4.79	4.69	4.83	5.08	4.9	5.22	5.51	4.86
	CASTROVIRREYNA	5.79	5.16	5.21	5.82	5.88	5.5	5.7	6.31	6.83	7.22	7.31	6.33
	HUAYTARA	5.79	5.16	5.21	5.82	5.88	5.5	5.7	6.31	6.83	7.22	7.31	6.33
JUNIN	SATIPO	4.16	3.88	4.04	4.2	4.14	4.06	4.22	4.51	4.42	4.55	4.56	4.1
	HUANCAYO	5.16	4.74	4.66	5.12	5.32	5.21	5.4	5.7	5.49	5.78	6.02	5.19
	CHUPACA	5.16	4.74	4.66	5.12	5.32	5.21	5.4	5.7	5.49	5.78	6.02	5.19
	CONCEPCION	4.65	4.31	4.3	4.59	4.75	4.73	4.82	5.02	4.7	4.95	5.17	4.61
	JAUIJA	4.65	4.31	4.3	4.59	4.75	4.73	4.82	5.02	4.7	4.95	5.17	4.61
	CHANCHAMAYO	4.66	4.31	4.3	4.58	4.71	4.68	4.77	4.99	4.69	4.95	5.18	4.62
	TARMA	4.65	4.31	4.3	4.59	4.73	4.7	4.8	5	4.7	4.95	5.18	4.62

Continuación

	YAULI	4.77	4.31	4.3	4.92	5.28	5.17	5.41	5.85	5.86	5.89	5.92	4.95
	JUNIN	4.66	4.31	4.29	4.58	4.71	4.68	4.77	4.99	4.69	4.95	5.18	4.62
UCAYALI	IPARIA	4.39	4.02	4.08	4.2	3.97	4	4.26	4.69	4.72	4.7	4.57	4.43
	MASISEA	4.76	4.31	4.22	4.39	4.16	4.17	4.44	4.91	4.95	4.98	4.94	4.72
	MANANTAY	4.76	4.31	4.22	4.39	4.16	4.17	4.44	4.91	4.95	4.98	4.94	4.72
	YARINACocha	4.76	4.31	4.22	4.39	4.16	4.17	4.44	4.91	4.95	4.98	4.94	4.72
	CAMPOVERDE	4.76	4.31	4.22	4.39	4.16	4.17	4.44	4.91	4.95	4.98	4.94	4.72
	NUEVA REQUENA	4.76	4.31	4.22	4.39	4.16	4.17	4.44	4.91	4.95	4.98	4.94	4.72
	CALLERIA	4.76	4.31	4.22	4.39	4.16	4.17	4.44	4.91	4.95	4.98	4.94	4.72
PASCO	OXAPAMPA	3.91	3.62	3.8	4.05	3.91	3.89	4.08	4.35	4.26	4.35	4.36	3.92
	PASCO	4.8	4.47	4.34	4.65	4.86	4.83	5.05	5.23	4.85	5.01	5.25	4.7
	DANIEL A. CARRION	4.8	4.47	4.34	4.65	4.86	4.83	5.06	5.24	4.85	5.01	5.25	4.7
LIMA	CAÑETE	6.51	6.46	6.24	5.78	4.56	3.38	3.25	3.75	4.74	5.72	6.27	6.33
	YAUYOS	5.16	4.74	4.67	5.13	5.35	5.24	5.43	5.72	5.5	5.78	6.01	5.18
	HUARochIRI	5.77	5.52	5.49	5.57	5.08	4.35	4.44	4.94	5.58	6.23	6.44	5.92
	LIMA	6.45	6.41	6.21	5.7	4.29	3.01	2.68	3.09	3.76	4.81	5.51	5.86
	CANTA	4.77	4.31	4.3	4.92	5.28	5.17	5.42	5.85	5.86	5.89	5.92	4.95
	HUARAL	6.14	6.05	5.93	5.48	4.26	3.21	3.13	3.57	4.25	5.1	5.64	5.83
	HUAURA	6.15	6.05	5.92	5.46	4.24	3.19	3.12	3.56	4.25	5.1	5.65	5.84
	OYON	4.8	4.47	4.34	4.65	4.86	4.83	5.05	5.23	4.85	5.01	5.25	4.7
	CAJATAMBO	4.8	4.47	4.34	4.65	4.86	4.83	5.06	5.24	4.85	5.01	5.25	4.7
	BARRANCA	6.45	6.41	6.21	5.7	4.29	3.01	2.68	3.09	3.76	4.8	5.51	5.86
HUANUCO	PUERTO INCA	4.39	4.02	4.08	4.2	3.97	4	4.25	4.69	4.72	4.7	4.57	4.42
	PACHITEA	3.94	3.62	3.83	4.04	3.79	3.78	4	4.42	4.5	4.45	4.29	3.94
	AMBO	4.81	4.47	4.34	4.65	4.84	4.81	5.03	5.22	4.84	5.01	5.26	4.71
	LAURICOCHA	4.81	4.47	4.34	4.65	4.84	4.81	5.03	5.22	4.84	5.01	5.26	4.71
	HUANUCO	4.33	3.98	4.02	4.26	4.29	4.29	4.47	4.65	4.4	4.53	4.67	4.27
	YAROWILCA	4.33	3.98	4.02	4.27	4.29	4.29	4.47	4.65	4.4	4.53	4.67	4.27
	DOS DE MAYO	4.33	3.98	4.02	4.26	4.29	4.29	4.47	4.65	4.4	4.53	4.67	4.27
	HUAMALIES	4.33	3.98	4.02	4.26	4.27	4.27	4.45	4.63	4.4	4.53	4.67	4.27
	LEONCIO PRADO	4.77	4.31	4.3	4.91	5.26	5.14	5.39	5.83	5.85	5.89	5.93	4.96
	HUACAYBAMBA	4.34	3.98	4.02	4.25	4.26	4.25	4.43	4.62	4.39	4.53	4.68	4.28
	MARAÑON	4.73	4.38	4.14	4.4	4.49	4.53	4.7	4.94	4.64	4.73	5	4.61
	ANCASH	OCROS	5.35	5.01	4.99	5.23	5.11	4.72	4.86	5.27	5.59	6.02	6.17
BOLOGNESI		5.79	5.44	5.23	5.33	4.95	4.53	4.69	5.2	5.64	6.01	6.21	5.89
RECUAY		4.89	4.51	4.3	4.74	4.94	4.94	5.19	5.54	5.31	5.34	5.55	4.83
HUARMey		6.62	6.52	6.19	5.59	4.16	3.1	2.91	3.24	3.87	4.79	5.58	6.19
AIJA		4.89	4.51	4.3	4.75	4.96	4.97	5.22	5.56	5.32	5.34	5.54	4.83
CASMA		6.24	6.04	5.82	5.5	4.57	3.67	3.67	3.97	4.68	5.5	6	6.17
SANTA		5.78	5.44	5.24	5.35	4.97	4.55	4.71	5.21	5.65	6.01	6.2	5.88
HUARAZ		4.89	4.51	4.3	4.74	4.94	4.95	5.19	5.54	5.31	5.34	5.55	4.83
HUARI		4.89	4.51	4.3	4.74	4.95	4.95	5.19	5.55	5.31	5.34	5.55	4.83

Continuación

	CARHUAZ	4.89	4.51	4.3	4.74	4.95	4.95	5.19	5.55	5.32	5.34	5.55	4.83
	YUNGAY	4.9	4.51	4.29	4.73	4.93	4.92	5.16	5.52	5.31	5.34	5.55	4.84
	ASUNCION	4.9	4.51	4.29	4.73	4.93	4.92	5.16	5.52	5.31	5.34	5.55	4.84
	ANTONIO RAYMANDI	4.9	4.51	4.29	4.73	4.93	4.92	5.16	5.52	5.31	5.34	5.55	4.84
	C.F. FITZCARRAID	4.72	4.37	4.14	4.41	4.5	4.56	4.73	4.96	4.65	4.73	4.99	4.6
	MARISCAL LUZURIAGA	4.72	4.38	4.14	4.41	4.5	4.56	4.73	4.96	4.65	4.73	4.99	4.6
	POMABAMBA	4.72	4.38	4.14	4.41	4.5	4.56	4.73	4.96	4.65	4.73	4.99	4.6
	HUAYLAS	4.72	4.38	4.14	4.41	4.5	4.56	4.73	4.96	4.65	4.73	4.99	4.6
	CORONGO	4.73	4.38	4.14	4.4	4.49	4.53	4.7	4.94	4.64	4.73	5	4.61
	SIHUAS	4.73	4.38	4.14	4.4	4.49	4.53	4.7	4.94	4.64	4.73	5	4.61
	PALLASCA	4.73	4.38	4.14	4.4	4.49	4.54	4.71	4.94	4.64	4.73	5	4.61
SAN MARTIN	SAN MARTIN	4.61	4.21	4.09	4.13	4.02	3.95	4.11	4.53	4.65	4.77	4.8	4.62
	LAMAS	4.61	4.21	4.09	4.13	4.02	3.95	4.11	4.54	4.65	4.77	4.8	4.62
	PICOTA	4.6	4.2	4.09	4.13	4.03	3.97	4.12	4.55	4.65	4.77	4.8	4.62
	BELLAVISTA	4.63	4.17	4.1	4.2	4.07	3.99	4.15	4.57	4.71	4.78	4.85	4.63
	MARISCAL CACERES	4.62	4.17	4.1	4.21	4.08	4.01	4.17	4.58	4.72	4.78	4.84	4.63
	HUALLAGA	4.63	4.17	4.1	4.2	4.07	3.99	4.15	4.57	4.71	4.78	4.85	4.63
	EL DORADO	4.6	4.21	4.09	4.13	4.02	3.95	4.1	4.53	4.65	4.77	4.8	4.62
	MOYOBAMBA	4.61	4.21	4.09	4.12	4.01	3.94	4.09	4.52	4.64	4.77	4.81	4.63
	RIOJA	4.16	3.75	3.7	3.81	3.74	3.63	3.66	3.91	3.95	4.27	4.52	4.23
LA LIBERTAD	BOLIVAR	4.37	3.99	3.88	4.05	4.03	3.96	4.11	4.31	4.25	4.45	4.69	4.37
	PATAZ	4.37	3.99	3.89	4.06	4.06	4	4.15	4.34	4.26	4.45	4.68	4.36
	SANCHEZ CARRION	4.37	3.98	3.89	4.06	4.06	4	4.15	4.34	4.26	4.45	4.68	4.36
	SANTIAGO DE CHUCO	5.8	5.44	5.23	5.32	4.93	4.51	4.66	5.18	5.63	6.01	6.22	5.9
	JULCAN	5.8	5.44	5.23	5.32	4.93	4.51	4.66	5.18	5.63	6.01	6.22	5.9
	OTUZCO	4.91	4.49	4.3	4.59	4.75	4.81	5.05	5.43	5.42	5.36	5.61	5.13
	GRAN CHIMU	4.92	4.49	4.29	4.58	4.73	4.78	5.03	5.42	5.41	5.36	5.61	5.14
	VIRU	5.79	5.44	5.23	5.33	4.95	4.53	4.69	5.2	5.64	6.01	6.21	5.89
	TRUJILLO	6.43	6.34	5.96	5.61	4.46	3.36	3.25	3.42	3.88	4.65	5.5	6.03
	ASCOPE	6.02	5.77	5.56	5.45	4.79	4.07	4.13	4.49	5.16	5.71	6.09	6.09
	PACASMAYO	6.03	5.77	5.56	5.46	4.79	4.07	4.13	4.49	5.16	5.71	6.09	6.1
	CHEPEN	6.04	5.77	5.56	5.44	4.77	4.05	4.11	4.48	5.15	5.71	6.1	6.11
CAJAMARCA	CAJAMARCA	4.92	4.5	4.29	4.57	4.71	4.76	5.01	5.4	5.4	5.36	5.62	5.14
	CAJABAMBA	4.92	4.49	4.29	4.58	4.73	4.78	5.03	5.42	5.41	5.36	5.61	5.14
	SAN MARCOS	4.92	4.49	4.3	4.58	4.73	4.79	5.03	5.42	5.41	5.37	5.62	5.14
	CELENDIN	4.41	4.04	3.96	4.19	4.11	4.09	4.23	4.5	4.5	4.72	5.1	4.59
	CONTUMAZA	4.92	4.49	4.3	4.58	4.73	4.79	5.03	5.42	5.41	5.37	5.62	5.14
	SAN MIGUEL	4.92	4.5	4.29	4.57	4.71	4.76	5.01	5.4	5.4	5.37	5.62	5.15
	SANTA CRUZ	4.41	4.04	3.95	4.18	4.1	4.07	4.21	4.48	4.49	4.71	5.1	4.59
	HUALGAYOC	4.41	4.04	3.96	4.19	4.11	4.09	4.23	4.5	4.5	4.72	5.1	4.59

Continuación

	CHOTA	4.42	4.04	3.95	4.18	4.1	4.07	4.21	4.48	4.49	4.71	5.1	4.59
	CUTERVO	4.42	4.05	3.95	4.18	4.1	4.07	4.22	4.48	4.49	4.72	5.1	4.6
	JAEN	3.99	3.66	3.76	3.92	3.67	3.46	3.57	3.99	4.25	4.65	4.85	4.28
	SAN IGNACIO	4.12	3.78	3.94	4.1	3.95	3.83	4.06	4.54	4.91	5.17	5.35	4.69
LAMBAYEQUE	LAMBAYEQUE	4.92	4.53	4.54	4.73	4.52	4.26	4.46	4.96	5.48	5.77	6	5.49
	FERRENAFE	4.92	4.53	4.54	4.73	4.52	4.26	4.46	4.96	5.48	5.77	6	5.49
	CHICLAYO	4.91	4.53	4.54	4.74	4.54	4.28	4.49	4.97	5.49	5.77	5.99	5.49
PIURA	TALARA	6.14	5.85	5.82	5.6	4.96	4.54	4.5	4.83	5.38	5.76	6.13	6.28
	SULLANA	5.02	4.66	4.97	4.98	4.59	4.31	4.61	5.28	5.93	6.18	6.3	5.77
	PAITA	6.54	6.28	6.11	5.81	4.94	4.19	3.99	4.27	4.95	5.39	5.94	6.42
	PIURA	5.88	5.43	5.51	5.48	4.81	4.22	4.29	4.87	5.73	6.08	6.33	6.27
	AYABACA	4.2	3.86	4.01	4.1	3.96	3.88	4.07	4.44	4.7	4.96	5.15	4.62
	MORROPON	4.12	3.78	3.94	4.1	3.95	3.83	4.06	4.54	4.91	5.17	5.35	4.69
	HUANCABAMBA	4.12	3.78	3.94	4.1	3.95	3.83	4.06	4.54	4.91	5.17	5.35	4.69
	SECHURA	5.87	5.43	5.51	5.49	4.83	4.24	4.31	4.88	5.74	6.08	6.32	6.26
TUMBES	CONTRALMIRANTE VILLAR	5.18	5.01	5.2	5.05	4.45	4.02	3.93	4.22	4.65	4.87	5.22	5.4
	TUMBES	5.18	5.01	5.2	5.05	4.45	4.02	3.93	4.22	4.65	4.87	5.22	5.4
	ZARUMILLA	5.18	5.01	5.2	5.05	4.46	4.02	3.93	4.22	4.65	4.87	5.23	5.4
AMAZONAS	CONDORCANQUI	3.78	3.43	3.59	3.82	3.58	3.33	3.44	3.9	4.24	4.49	4.55	4.07
	BAGUA	4	3.66	3.76	3.92	3.67	3.46	3.57	3.99	4.25	4.65	4.85	4.28
	UTCUBAMBA	3.99	3.66	3.76	3.92	3.68	3.48	3.59	4	4.26	4.65	4.84	4.27
	BONGARA	3.69	3.39	3.49	3.71	3.63	3.53	3.64	4.03	4.2	4.34	4.3	3.84
	LUYA	4.16	3.75	3.7	3.81	3.74	3.63	3.66	3.91	3.95	4.27	4.52	4.22
	CHACHAPOYAS	4.16	3.75	3.7	3.81	3.74	3.63	3.66	3.91	3.95	4.27	4.52	4.22
	RODRIGUEZ DE MENDOZA	4.16	3.75	3.7	3.81	3.75	3.64	3.67	3.93	3.96	4.27	4.52	4.22
LORETO	UCAYALI	4.78	4.32	4.17	4.27	4.12	4.02	4.28	4.72	4.84	4.88	4.94	4.78
	REQUENA	4.45	4.29	4.22	4.17	3.98	3.92	4.13	4.5	4.75	4.79	4.73	4.49
	RAMON CASTILLA	4.52	4.39	4.4	4.27	3.95	3.85	4.03	4.39	4.8	4.82	4.79	4.57
	PUTUMAYO	4.56	4.47	4.37	4.14	3.81	3.71	3.85	4.19	4.73	4.86	4.73	4.64
	MAYNAS	4.58	4.46	4.33	4.19	3.9	3.8	3.94	4.38	4.83	4.84	4.77	4.64
	LORETO	4.52	4.34	4.26	4.16	3.93	3.87	4.03	4.41	4.73	4.8	4.73	4.53
	ALTO AMAZONAS	4.37	4.03	3.98	4.09	4	3.93	4.14	4.6	4.8	4.82	4.71	4.41
	DATEM DEL MARAÑON	4.38	4.1	4.06	4.03	3.92	3.81	4.05	4.49	4.75	4.81	4.69	4.42

Anexo 13. Fotografías del curso de capacitación



Realizando curso de capacitación



Realizando curso de capacitación



Talleres de práctica en el modulo



Visualizando datos en la página web



Ingresando a la página Web para verificar la medición de temperatura



Implementando el tablero del modulo



Conexión de Arduino R4 wifi y sensores



Realizando la fijación de los componentes

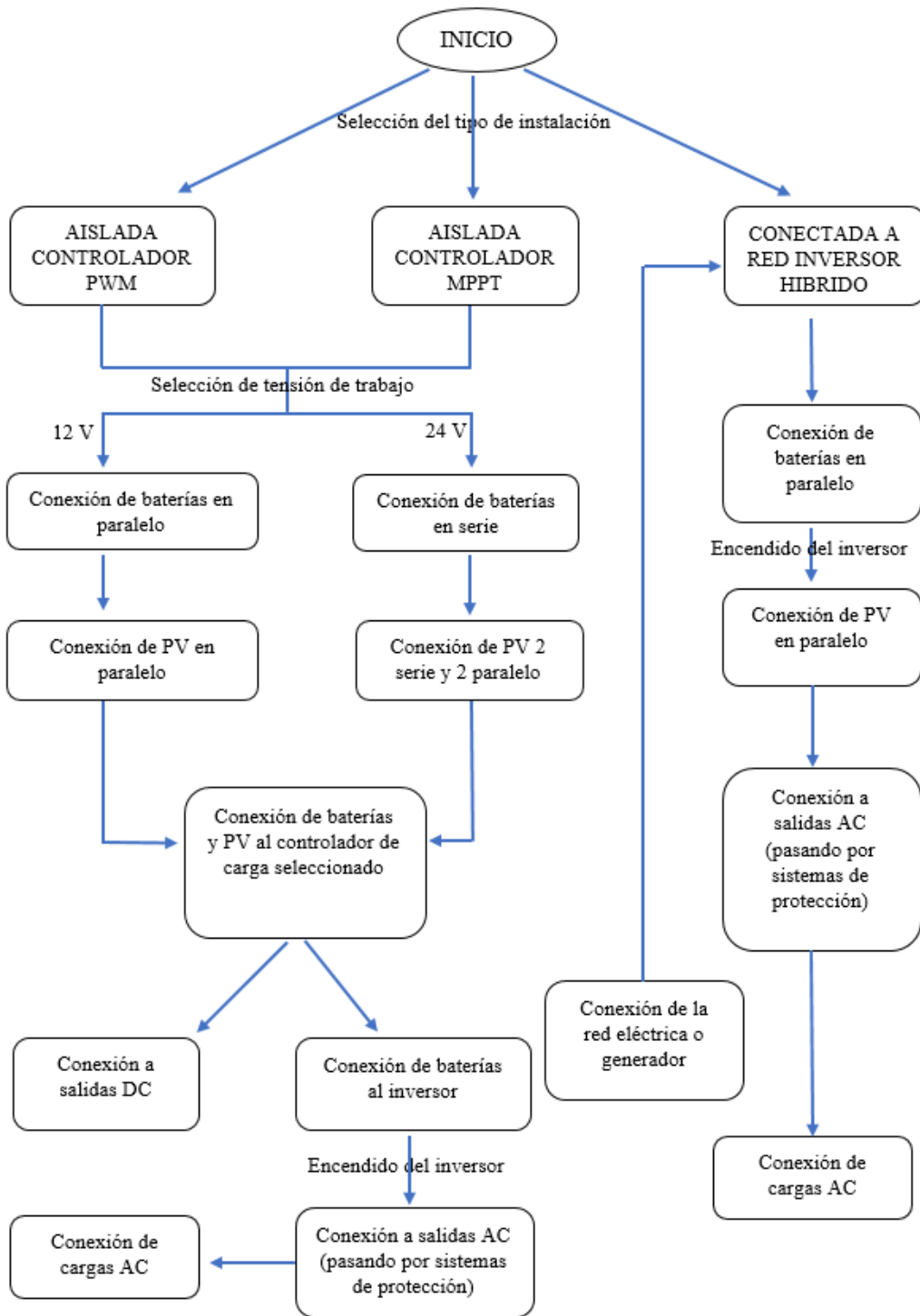


Estructura del panel solar en construcción



Estructura del módulo en construcción

Anexo 14. Diagrama de uso del módulo de capacitación en sistemas fotovoltaicos



UNW

UNN