



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

**CARRERA DE ELECTRÓNICA Y
AUTOMATIZACIÓN**

**TRABAJO DE TITULACIÓN
PROPUESTA TECNOLÓGICA, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE:
INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y
AUTOMATIZACIÓN**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN ALIMENTADOR FOTOVOLTAICO
INTELIGENTE MEDIANTE EL CONTROL DEL ÁNGULO DE INCLINACIÓN
PARA DISPOSITIVOS PORTÁTILES, APLICANDO A ZONAS VERDES DE
LA UPSE”**

AUTOR:

CALVA SOLANO JOSÉ ANTONIO

PROFESOR TUTOR

ING. OSCAR GÓMEZ MORALES | MGTR

LA LIBERTAD–ECUADOR

2024

AGRADECIMIENTO

No quiero comenzar este apartado sin antes agradecer a Dios, por permitirme estar hoy aquí escribiendo estas palabras y ser parte de este proceso.

A mis padres un agradecimiento infinito por todo su amor y apoyo incondicional, que siempre estuvieron presentes en el proceso de mi formación profesional.

A mis hermanos Ronnal, Milton, Joan, Rosa, y Karina, ya que nunca me negaron su apoyo en momentos que los necesitaba.

Con gratitud a Diana Valle por su apoyo incondicional, su dedicación incansable y su generosidad de espíritu.

A todos mis amigos en especial a Janeth Oralla, que me brindaron toda su confianza y apoyo.

A mi tutor de tesis Ing. Oscar Gómez Morales, por guiarme y compartir sus conocimientos durante este proceso de trabajo de titulación.

DEDICATORIA

Con amor y gratitud, dedico este trabajo de titulación a mis padres, Juan calva y Rosa Solano. Su amor sincero, apoyo incondicional y sacrificio mutuo han sido la razón que me llevo a culminar con éxito esta meta tan anhelada, que, con palabras de aliento en los momentos más difíciles, hicieron de este camino una experiencia llena de aprendizajes y fortaleza. Gracias por creer en mí incluso cuando yo dudaba, y por ser el pilar fundamental en cada uno de mis logros.

APROBACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de tutor del trabajo de titulación denominado: **“Diseño e implementación de un alimentador fotovoltaico inteligente mediante el control del ángulo de inclinación para dispositivos portátiles, aplicando a zonas verdes de la UPSE”** elaborado por el estudiante Calva Solano José Antonio, de la carrera de Electrónica y Automatización de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 03 de diciembre del 2023.

OSCAR
WLADIMIR
GOMEZ
MORALES

Firmado digitalmente por OSCAR
WLADIMIR GOMEZ MORALES
DN: cn=OSCAR WLADIMIR
GOMEZ MORALES, gn=OSCAR
WLADIMIR, c=EC, l=TÁMBILLO,
ou=Certificado Persona Natural EC
(FIRMA),
e=oscargomez@gmail.com
Motivo: Doy fe de la exactitud e
Integridad de este documento
Ubicación:
Fecha: 2023-06-06 16:57:05:00

Ing. Oscar Gómez Morales, Mgtr.

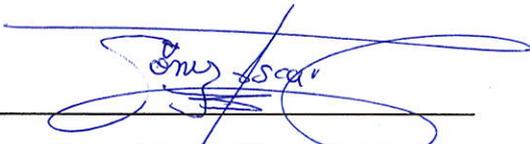
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN



Ing. Ronald Rovira Jurado, Ph. D.
DIRECTOR DE LA CARRERA DE
ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN



Ing. Bremmen Veliz Noboa, Msc.
DOCENTE ESPECIALISTA



Ing. Oscar Gómez Morales, Msc.
DOCENTE TUTOR



Ing. Luis Chuquimarca Jiménez, Msc.
DOCENTE GUIA UIC



Ing. Corina Gonzabay de la A, Mgt.
SECRETARIA DEL TRIBUNAL DE
SUSTENTACION

RESUMEN

En esta propuesta se desarrolla el diseño e implementación de un sistema fotovoltaico inteligente para la alimentación de dispositivos portátiles en zonas verdes de la Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE). El sistema se basa en el uso de energía solar captada por un panel solar monocristalino, el cual está equipado con un seguidor solar automático que ajusta el ángulo de inclinación para optimizar la captura de radiación solar y maximizar la eficiencia energética.

El mecanismo de seguimiento permite adaptar el sistema a las variaciones diarias de la posición del sol, Logrando así una mayor generación de energía y una cobertura continua de la demanda energética de los dispositivos portátiles en la zona donde este sistema emplea un microcontrolador Arduino nano, que se encarga de controlar el ángulo de orientación del panel por medio de un actuador lineal que reacciona acorde al tiempo con el fin de suministrar energía para la carga de los dispositivos electrónicos como teléfonos, tablets y laptops así como el almacenar carga en una batería para mantener el suministro estable en caso de que las condiciones climáticas no sean favorables.

La solución permite ajustar los parámetros de operación del panel del sistema fotovoltaico en el con el ángulo de panel solar se logra alcanza un desempeño mayor que en función de las condiciones ambientales detectadas, optimizando la generación de energía y asegurando su disponibilidad para los dispositivos portátiles ubicados en las zonas verdes. El sistema inteligente da un suministro eficiente de energía renovable, mientras aviva la utilización sostenible junto con la integración de tecnologías limpias dentro del entorno universitario, para ayudar al desarrollo de un campus más verde que sea energéticamente eficiente.

Palabras clave: Alimentador fotovoltaico, Ángulo azimut, Dispositivos portátiles, Radiación solar.

ABSTRACT

This proposal develops the design and implementation of an intelligent photovoltaic system for powering portable devices in green areas of the Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE). The system is based on the use of solar energy captured by a monocrystalline solar panel, which is equipped with an automatic solar tracker that adjusts the inclination angle to optimize the capture of solar radiation and maximize energy efficiency.

The tracking mechanism allows the system to adapt to daily variations in the position of the sun, thus achieving greater energy generation and continuous coverage of the energy demand of portable devices in the area where this system uses an Arduino nano microcontroller, which is responsible for controlling the orientation angle of the panel by means of a linear actuator that reacts according to time in order to supply energy for charging electronic devices such as phones, tablets and laptops as well as storing charge in a battery to maintain a stable supply in case weather conditions are not favorable.

The solution allows adjusting the operating parameters of the photovoltaic system panel in order to achieve a higher performance based on the detected environmental conditions, optimizing energy generation and ensuring its availability for portable devices located in green areas. This intelligent system not only provides efficient supply of renewable energy, but also encourages the sustainable use and integration of clean technologies in the university environment, to contribute to the development of a greener and more energy-efficient campus.

Keywords: Photovoltaic feeder, Azimuth angle, Portable devices, Solar radiation.

ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	11
ABSTRACT	12
INTRODUCCIÓN	13
CAPÍTULO I.....	14
1.1 ANTECEDENTES.....	14
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO.....	15
1.2.1 Investigación y análisis de requisitos:	16
1.2.2 Diseño conceptual:	17
1.2.3 Diseño detallado:	17
1.2.4 Adquisición de componentes:.....	17
1.2.5 Ensamblaje e integración:.....	17
1.2.6 Desarrollo del software de control:	18
1.2.7 Pruebas y optimización:.....	18
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO	19
1.3.1 Objetivo general	19
1.3.2 Objetivos específicos.....	19
1.4 JUSTIFICACIÓN	19
1.5 ALCANCE.....	21
1.6 METODOLOGÍA	23
1.6.1 Investigación descriptiva	24
1.6.2 Investigación cuasiexperimental.....	24
CAPITULO II.....	25
2.1 MARCO CONTEXTUAL	25
2.1.1 Ubicación.....	25
2.1.2 Localización geográfica.....	25
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	26
2.2.1 Energía solar fotovoltaica.....	26
2.2.2 Orientación e inclinación óptima.....	27
2.2.1 Hora solar pico.....	28
2.2.3 Radiación solar	28
2.2.4 Factores que afectan a la radiación solar	29
2.2.5 Condiciones estándar de medida	31
2.2.6 Instalación solar fotovoltaica aislada.....	32
2.2.7 Módulo fotovoltaico	33

2.2.8	Regulador de carga.....	36
2.2.9	Batería.....	37
2.2.10	Inversor.....	43
2.3	MARCO TEÓRICO.....	44
CAPITULO III		46
3.1	COMPONENTES FISICOS DE LA PROPUESTA.....	46
3.1.1	Panel solar.....	46
3.1.2	Controlador de carga	47
3.1.3	Inversor de carga	48
3.1.4	Batería.....	49
3.1.5	Microcontrolador Arduino Nano.....	50
3.1.6	Modulo Reloj RTC DS3231Tiempo Real	52
3.1.7	Modulo controlador puente H L298N	53
3.1.8	Actuador lineal VEVOR.....	54
3.1.9	Tablero eléctrico.....	56
3.1.10	Breaker eléctrico.....	57
3.1.11	Borneras de conexión	57
3.1.12	Conductor eléctrico.....	58
3.1.13	Conector.....	58
3.2	COMPONENTES LÓGICOS DE LA PROPUESTA	59
3.2.1	Autodesk Fusión 360.....	59
3.2.2	Thonny IDE Python.....	59
3.2.3	Eplan Electric P8	60
3.3	DISEÑO DE LA PROPUESTA	61
3.3.1	Diseño y construcción de la propuesta	61
3.3.2	Trayectoria de movimiento mediante SunEarthTool.....	62
3.3.3	Diseño del tablero eléctrico	63
3.3.4	Esquema de conexión sistema fotovoltaico.....	65
3.3.5	Diagrama de comunicación entre Arduino Nano y actuador lineal.....	66
3.3.6	Montaje.....	67
3.3.7	Programación.....	70
3.3.8	Implementación	73
CAPITULO IV		74
4.1	PRUEBAS Y RESULTADOS	74
4.2	PROTOTIPO.....	74

4.3	SUMINISTRO DE ENERGÍA	75
4.3.1	Dimensionamiento fotovoltaico para cuatro puntos de carga	76
4.3.2	Dimensionamiento fotovoltaico con el control del ángulo de inclinación. 78	
4.3.3	Dimensionamiento del panel solar	80
4.3.4	Cálculo de la batería o banco de baterías.	81
4.3.5	Cálculo del controlador de carga.....	82
4.3.6	Cálculo del inversor.....	82
4.3.1	Cálculo del conductor eléctrico del sistema	82
4.4	MEDICIONES	84
4.4.1	Voltaje	88
4.4.2	Corriente	93
4.4.3	Potencia	98
4.5	ANÁLISIS DE CARGA DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS	103
	CONCLUSIONES	104
	RECOMENDACIONES	105
	BIBLIOGRAFÍA	106
	ANEXOS	110

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Etapas de captación de energía solar.....	16
Figura 2. Estructura de proyecto de captación de energía solar.....	22
Figura 3. Ubicación geográfica del área de ejecución del proyecto.....	25
Figura 4. Inclinación y Orientación módulos fotovoltaica.....	27
Figura 5. Tipos de Radiación Solar.....	28
Figura 6. Factores influyentes en la Radiación solar.....	30
Figura 7. Sistema Fotovoltaico Aislado.....	32
Figura 8. Panel Fotovoltaico Monocristalino.....	35
Figura 9. Panel Fotovoltaico Policristalino.....	35
Figura 10. Panel Fotovoltaico Amorfos.....	36
Figura 11. Conexiones del regulador en una instalación fotovoltaica.....	37
Figura 12. Baterías plomo acido.....	38
Figura 13. Baterías de tracción.....	39
Figura 14. Baterías estacionarias.....	40
Figura 15. Baterías de gel.....	40
Figura 16. Baterías solares.....	41
Figura 17. Conexión de baterías en paralelo.....	41
Figura 18. Conexión de baterías en serie.....	42
Figura 19. El inversor de carga.....	43
Figura 20. Panel solar monocristalino 100W.....	46
Figura 21. Controlador de carga 20A.....	47
Figura 22. Inversor de 1000W.....	48
Figura 23. Batería de 12 v.....	50
Figura 24. Arduino nano.....	51
Figura 25. Modulo Reloj RTC DS3231.....	52
Figura 26. Puente H L298N.....	53
Figura 27. Actuador lineal VEVOR.....	55
Figura 28. Tablero eléctrico.....	56
Figura 29. Breaker eléctrico.....	57
Figura 30. Bornera de conexión.....	58
Figura 31. Cable eléctrico.....	58
Figura 32. Conector.....	59

Figura 33. Autodesk Fusión 360.....	59
Figura 34. Thonny IDE Python.	60
Figura 35. Eplan Electric P8.....	60
Figura 36. Alimentador fotovoltaico diseñado en Fusión 360	61
Figura 37. Alimentador fotovoltaico vista posterior	62
Figura 38. Interior del tablero eléctrico.....	64
Figura 39. Sistema Fotovoltaico.....	65
Figura 40. Carga de dispositivos portátiles	66
Figura 41. Conexiones entre controlador y actuador.....	67
Figura 42. Estructura móvil.....	68
Figura 43. Tablero de conexiones.....	68
Figura 44. Panel solar en la estructura.....	69
Figura 45. Panel solar en la estructura.....	69
Figura 46. Batería	70
Figura 47. Prototipo de cargador fotovoltaico.....	74
Figura 48. Tablero de conexiones.....	75
Figura 49. Voltaje que entrega el panel solar	85
Figura 50. Corriente que ingresa del panel al controlador.	85
Figura 51. Corriente que ingresa a la batería.....	86
Figura 52. Corriente extraída por el cargador de un celular.	86
Figura 53. Corriente extraída por el cargador de una laptop.....	87
Figura 54. Voltaje del panel fijo.....	89
Figura 55. Voltaje del panel con seguidor	90
Figura 56. Comparativa del voltaje entre el panel fijo y el panel con el seguidor	92
Figura 57. Corriente del panel fijo.....	94
Figura 58. Corriente del panel con el seguidor.....	95
Figura 59. Comparativa de la corriente entre el panel fijo y el panel con el seguidor	97
Figura 60. Potencia del panel fijo.....	99
Figura 61. Potencia del panel con seguidor	100
Figura 62. Comparativa de la potencia entre el panel fijo y el panel con el seguidor...	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Utilidad primordial de los sistemas fotovoltaicos aislados.	33
Tabla 2. Ventajas y desventajas de los sistemas fotovoltaicos aislados.	33
Tabla 3. Los criterios de selección del regulador:	37
Tabla 4. Baterías utilizadas en instalaciones solares	42
Tabla 5. Características técnicas del panel Solar.....	47
Tabla 6. Características técnicas del controlador de carga	48
Tabla 7. Características técnicas del inversor.....	49
Tabla 8. Características técnicas de la batería	50
Tabla 9. Características técnicas del Arduino Nano.....	51
Tabla 10. Características técnicas del RTC DS3231	53
Tabla 11. Características técnicas del Puente H L298N.....	54
Tabla 12. Características técnicas del actuador lineal	55
Tabla 13. Características técnicas del tablero eléctrico	56
Tabla 19. Potencia promedio de los equipos	76
Tabla 20. Consumo de energía del alimentados fotovoltaico sin control del azimut.....	77
Tabla 21. Parámetros de funcionamiento del actuador lineal.....	78
Tabla 22. Energía consumida de los equipos de control del azimut.....	79
Tabla 23. Energía total del sistema de control.....	79
Tabla 24. Conductor por tramos.....	83
Tabla 25. Voltaje del panel fijo	88
Tabla 26. Voltaje del panel con seguidor	89
Tabla 27. Comparativa de voltajes	91
Tabla 28. Corriente del panel fijo.....	93
Tabla 29. Corriente del panel con seguidor	95
Tabla 30. Comparativa de corrientes	96
Tabla 31. Potencia del panel fijo	98
Tabla 32. Potencia del panel con seguidor	100
Tabla 33. Comparativa de corrientes	101
Tabla 34. Carga de dispositivos electrónicos	103

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el aprovechamiento de la energía solar ha adquirido una relevancia creciente debido a su sostenibilidad y su capacidad para satisfacer la demanda energética de manera renovable. Universidad Estatal Península de Santa Elena (UPSE), en su constante búsqueda de soluciones tecnológicas innovadoras y sustentables, se presenta como un escenario ideal para la implementación de proyectos de energías limpias. En este contexto, el diseño e implementación de un alimentador fotovoltaico inteligente para dispositivos portátiles en las zonas verdes del campus de la UPSE que propone una solución eficiente y ambientalmente amigable para la provisión de energía, al tiempo que integra tecnologías avanzadas de automatización y monitoreo.

La propuesta se fundamenta en el uso de un panel solar fotovoltaico con alto rendimiento que se encarga de la captación de radiación solar con el fin de generar energía eléctrica en la que para maximizar su eficiencia de captación, se utiliza un mecanismo que permite el seguimiento solar que se encarga de ajusta el ángulo de inclinación del panel con base a la posición en la que se encuentra el sol a lo largo del día donde este seguimiento dinámico ayuda a que los paneles tengan una orientación óptima que maximiza la captura de energía así como la producción de electricidad.

La tecnología que permite el seguimiento solar está destinada a optimizar el rendimiento de captación en los sistemas fotovoltaicos cuando se encuentran en condiciones de radiación variable como las que se aprecian durante las diferentes horas del día o en las estaciones del año donde el sistema propuesto debe alimentar a los dispositivos portátiles en las diferentes zonas verdes del campus o en las áreas que son frecuentemente empleadas por estudiantes y personal académico en las que a menudo se carece de una infraestructura eléctrica para la carga de dispositivos como los teléfonos móviles, laptops y otros equipos.

Por medio de este proyecto, se proporciona una fuente de energía que sea sostenible y accesible, mientras se fortalece el uso de energías renovables con el propósito de reducir la dependencia de las fuentes tradicionales de energía que señala en este contexto, que el proyecto tiene el objetivo de brindar una solución energética innovadora que anime el uso de las tecnologías limpias y sostenibles dentro del entorno académico, para alinearse con los principios de responsabilidad social y ambiental de la UPSE, los cuales aportan en el desarrollo de un campus ecológico y eficiente.

CAPÍTULO I

1.1 ANTECEDENTES

En este capítulo se desarrolla la revisión literaria de las investigaciones previas relacionadas con el campo de energía solar en conjunto con los proyectos de generación de energía que hacen uso de paneles fotovoltaicos.

El francés Alexandre Edmond Becquerel en 1838 descubre el efecto fotovoltaico, cuando tenía solo 19 años. Becquerel estaba realizando experimentos con una pila electrolítica equipada con electrodos de platino, y observó que la corriente en uno de los electrodos aumentaba cuando este se exponía a la luz solar, este hallazgo fue el primer indicio de que la luz solar podía ser convertida en energía eléctrica, sentando las bases para el desarrollo de la tecnología fotovoltaica moderna [1].

La Universidad Técnica Particular de Loja (UTPL) cuenta con aproximadamente 300 paneles solares que tienen una capacidad instalada de 130 kWp, los cuales producen energía limpia y renovable para cubrir una parte de sus necesidades eléctricas. Además, el sistema ayuda a alimentar la red eléctrica nacional al transferir el excedente de energía generado donde este sistema de energía alternativa fue implementado en colaboración con la empresa Ingeniería Verde, liderada por David Aguirre Burneo, quien es estudiante de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones en la UTPL[2].

En Ecuador, menos del 3% de los hogares y empresas cuentan con paneles solares para la generación de electricidad. Actualmente, en las provincias de Guayas, Manabí, Pichincha, Cotopaxi, Loja, Imbabura, El Oro y Galápagos se desarrollan ocho proyectos de energía fotovoltaica donde a pesar de que el mercado de la energía solar aún es relativamente pequeño en el país, se prevé que esta cifra se cuadruple para 2023, gracias a la puesta en marcha de dos proyectos adicionales que contribuirán significativamente a la expansión de la energía fotovoltaica en la región [3].

Por otro lado, en el proyecto titulado “Implementación de un Sistema Fotovoltaico en un Vehículo Eléctrico para la Carga de Baterías”, identifica a la energía solar como la opción más eficiente y ecológica para la carga de baterías en vehículos ligeros que resalta a esta solución para ofrecer una alternativa completamente limpia y libre de contaminantes en comparación con los combustibles fósiles. Además, las celdas fotovoltaicas al ser adaptadas a la estructura y dimensiones específicas del vehículo permiten optimizar su

integración y asegurar que el sistema fotovoltaico se ajuste perfectamente al diseño del vehículo para maximizar la generación de energía solar y la autonomía del mismo [4].

Además, en la tesis se llevó a cabo la implementación de dispositivos móviles que utilizan energía solar fotovoltaica para su recarga con fin de permitir el acceso a información digital en zonas rurales que están fuera del alcance de las redes tradicionales de distribución de energía. Al emplear paneles solares para la carga de los dispositivos, se facilita la conectividad y el acceso a recursos digitales en áreas remotas que contribuye a la inclusión digital y superando las limitaciones impuestas por la falta de infraestructura eléctrica en estas regiones [5].

El proyecto "Ilumina Ecuador" que es una iniciativa, impulsada por el Ministerio de Energía y Recursos Naturales No Renovables, con el objetivo de llevar energía solar para zonas rurales así como parques públicos de todo el país parte de este proyecto, que se han incluido para la instalación de alimentadores fotovoltaicos dentro las áreas verdes, que no solo permiten la carga de dispositivos portátiles, sino que también proporcionan iluminación a través de lámparas solares en un esfuerzo que busca mejorar el acceso a energía limpia en comunidades remotas y promover el uso sostenible de recursos en espacios públicos [3].

Bajo este contexto algunos de los proyectos realizados para diseñar e implementar alimentadores fotovoltaicos en áreas verdes con el objetivo de cargar dispositivos portátiles destacan la importancia del desarrollo de este tipo de iniciativas que están en constante evolución, por lo que es probable que existan otros casos y avances recientes en este campo.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

La tecnología ha demostrado su valor al proporcionar soluciones que mejoran la calidad de vida en una variedad de actividades humanas donde el avance tecnológico ha permitido el desarrollo de herramientas innovadoras que generan energía eléctrica para satisfacer diversas necesidades en diferentes contextos donde el aprovechar la energía solar representa una manera eficaz de utilizar los recursos naturales, específicamente la luz solar, que es un recurso abundante y de gran importancia para la generación de energía. Este enfoque ofrece una fuente de energía sostenible y renovable que también contribuye a la diversificación de las aplicaciones energéticas, desde la generación de electricidad hasta la alimentación de dispositivos y sistemas en áreas remotas o sin acceso a redes

eléctricas tradicionales. El presente proyecto se centra en el desarrollo de un sistema de alimentación fotovoltaico con seguimiento inteligente del ángulo de inclinación que capta la luz solar para convertirla en energía eléctrica que se destine a la carga de dispositivos portátiles de una forma eficiente y autónoma.

El sistema innovador que se plantea mejora la carga de dispositivos mientras se incluye un mecanismo destinado a ajustar automáticamente el ángulo de inclinación del panel solar en el que el ajuste dinámico optimiza la captación de energía solar bajo distintas condiciones de iluminación y orientaciones con respecto al sol, lo que asegura un rendimiento máximo del sistema durante todo el día sin importar las distintas estaciones del año.

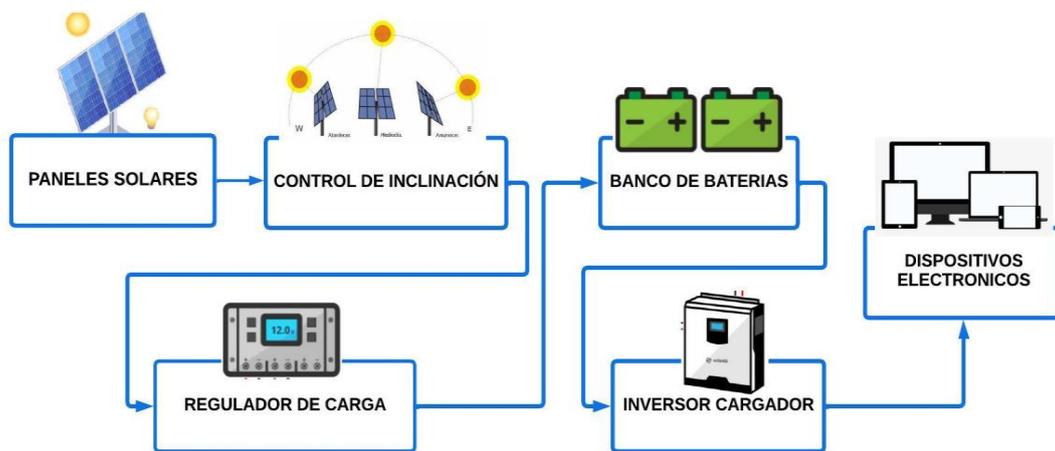


Figura 1. Etapas de captación de energía solar.

Fuente: Autor.

El siguiente proyecto se encuentra desarrollado en algunas fases como las que se describen a continuación:

1.2.1 Investigación y análisis de requisitos:

En esta fase de inicio, se lleva a cabo una investigación detallada tanto de la tecnología fotovoltaica como de los dispositivos portátiles junto con los requisitos específicos del proyecto, Además se analiza los detalles de las necesidades de carga para estos dispositivos, así como las características técnicas requeridas al igual que los aspectos vinculados con la eficiencia energética donde para este análisis se establece una base sólida que aporte al desarrollo del sistema, para lograr que los componentes y requerimientos sean apropiados.

1.2.2 Diseño conceptual:

Con base en los requisitos identificados, se procederá a desarrollar un diseño conceptual para el alimentador fotovoltaico inteligente donde se incluye la selección de componentes clave, tales como el panel solar, el mecanismo de seguimiento solar, el método de control y el banco de baterías. Además, se definirán las especificaciones técnicas y se integrarán funcionalidades adicionales del sistema para asegurar que cumpla con el rendimiento establecidos en la etapa de investigación.

1.2.3 Diseño detallado:

En esta fase, se desarrolló un diseño que detalla el sistema, tomando en cuenta los aspectos fundamentales como son la combinación de los elementos, así como el diseño del mecanismo de soporte para la estructura y la carcasa que proteja a los elementos delicados junto con la elección tanto de los sensores como los actuadores y la arquitectura que se destina para el sistema de control. Además, se elaboró los diagramas esquemáticos junto con los cálculos necesario y las simulaciones que permiten alcanzar un funcionamiento óptimo del sistema para lo cual fue esencial el comprobar la viabilidad del diseño para asegurar que los elementos sean capaces de operar de una manera coordinada que logre un rendimiento esperado del sistema.

1.2.4 Adquisición de componentes:

Una vez finalizado el diseño detallado, se procede a la adquisición de los componentes destinados a la construcción del sistema de alimentación fotovoltaico el cual cubre la adquisición de un panel solar junto con los actuadores y controladores necesarios para el seguimiento del ángulo azimut, así como las baterías y otros elementos esenciales. La selección y adquisición de estos componentes se realizará cuidadosamente para asegurar que cumplan con las especificaciones técnicas y de rendimiento definidas en el diseño, que asegura la funcionalidad del sistema en su fase de implementación.

1.2.5 Ensamblaje e integración:

En esta etapa, se procederá al ensamblaje y a la integración de todos los componentes del sistema como los paneles solares que se montarán en los soportes previamente diseñados, y se conectarán los cables junto con circuitos necesarios para su funcionamiento. Además, se llevará a cabo un proceso de prueba exhaustivo para asegurar que todos los elementos

del sistema operen correctamente y de manera coordinada por la correcta integración de cada componente.

1.2.6 Desarrollo del software de control:

Para asegurar que el alimentador fotovoltaico cumpla con su función de seguimiento inteligente, se programa en el software de control los parámetros necesarios para que por de algoritmos se permita ajustar automáticamente el ángulo de inclinación en los paneles solares con base a la posición del sol junto con los datos extraídos por los sensores, mientras también se integra las funciones de monitoreo, lo que permitirá la supervisión en tiempo real para la gestión del sistema desde ubicaciones distantes, optimizando así su rendimiento y facilidad de uso.

1.2.7 Pruebas y optimización:

Posteriormente a la implementación del sistema, se realizó pruebas con el fin de asegurar tanto el rendimiento como eficiencia del sistema para lo cual se evaluó la capacidad de carga y la estabilidad que suministra para los diferentes dispositivos portátiles en las diferentes condiciones que proporciona la luz solar, mientras se da los ajustes y las optimizaciones que sean necesarias para lograr un sistema óptima y que cumpla con los estándares de rendimiento establecidos en su operación óptima.

En este contexto el proyecto tecnológico plantea como objetivo desarrollar un sistema fotovoltaico con seguimiento inteligente destinado a la alimentación el cual optimizara la captación de la energía proveniente de sol para la carga de dispositivos portátiles donde mediante el ajuste automático del ángulo de inclinación de los paneles solares, el sistema busca mejorar la eficiencia energética y aumentar la autonomía por medio de la capacidad de carga de los dispositivos portátiles que al aprovechar de manera óptima la energía del sol con la integración de un control preciso del ángulo de los paneles maximiza la recolección de luz solar con la que se ofrece una solución tanto eficaz como sostenible en el suministro de energía en diversos entornos.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.3.1 Objetivo general

Diseñar e implementar un alimentador fotovoltaico con seguimiento inteligente através del control del ángulo de inclinación destinado a la carga de dispositivos portátiles, aplicado en las zonas verdes del campus de la UPSE.

1.3.2 Objetivos específicos

- Analizar las características y requisitos técnicos de los diferentes dispositivos portátiles (Teléfonos móviles y tablets), para la fijación de los parámetros de carga referentes a la tensión y corriente de carga.
- Estudiar las características de los componentes que se emplean para el desarrollo del sistema con datos técnicos del panel solar junto con la batería, así como del controlador de carga y los otros dispositivos relacionados.
- Desarrollar la estructura junto con el sistema de control para ajustar automáticamente el ángulo de inclinación de los paneles solares por medio de la programación del controlador para determinar la posición del sol con el fin de maximizar la captación de energía del sol.
- Documentar los resultados del proyecto para presentar informes técnicos en los que se incluye los diagramas de diseño junto a las especificaciones del sistema para compartir los conocimientos del proceso que permita el desarrollo del proyecto en otras instituciones.

1.4 JUSTIFICACIÓN

En los recientes años, sea ha sido testigos del incremento de los dispositivos portátiles como teléfonos inteligentes, tablets y otros aparatos electrónicos de consumo donde su uso se han incorporado de forma natural en nuestras rutinas, lo que nos permite el estar conectados, así como realizar múltiples actividades en cualquier momento o lugar. No obstante, uno de los principales inconvenientes es la dependencia de fuentes de energía externas como son las baterías recargables que generalmente requieren el estar conectadas a una red eléctrica para su carga.

La energía solar ha emergido como una alternativa sostenible que es viable para alimentar los dispositivos portátiles en la que destaca debido a su naturaleza tanto limpia como renovable que es abundante donde esta fuente disminuye la dependencia así los combustibles fósiles, mientras permite generar ahorros económicos y adaptarse a diversas aplicaciones pues al aprovechar la energía solar, es posible reducir nuestra dependencia de fuentes convencionales de energía, lo que aumenta la autonomía y la sostenibilidad de los dispositivos portátiles para contribuir a un futuro más amigable con el medio ambiente.

Para optimizar la captación de energía solar, es esencial seguir el movimiento del sol por lo que se debe ajustar el ángulo del panel solar con base a la posición en el horizonte donde este es uno de los mayores retos de los paneles solares, pero que permite maximizar el rendimiento durante el día, para mejorar así la eficiencia en la generación de energía donde el objetivo de este proyecto es diseñar e implementar un sistema fotovoltaico que capture la energía solar y la transforme en energía eléctrica útil para la carga de dispositivos portátiles.

Además, se integrará un sistema de control inteligente que ajustará automáticamente el ángulo de inclinación de los paneles solares, optimizando así la captación de energía solar y mejorando la eficiencia del sistema de carga para un alimentador fotovoltaico que estará específicamente diseñado para su aplicación en zonas verdes de la UPSE, proporcionando una solución eficiente y sostenible para la carga de dispositivos en estos espacios.

La adopción de un alimentador fotovoltaico inteligente que emplea energía solar ayuda al uso de fuentes renovables mientras se reduce la dependencia de energías no renovables para lo cual el aprovechando la energía solar permite que se reduzca la emisión de gases de efecto invernadero junto con el contribuir a la mitigación del cambio climático pues al incorporar esta tecnología, se origina un enfoque sostenible que es respetuoso con el medio ambiente que favorece a la conservación de los recursos naturales y reduce la huella de carbono.

Las fuentes de energía limpia se obtienen de recursos naturales inagotables y generan un impacto mínimo en el ambiente que en comparación con fuentes tradicionales de energía, Estas energías como la solar, la eólica y la hidroeléctrica, así como la geotérmica y el gas de biomasa muestran que las energías limpias favorecen a la sostenibilidad pues al evitar el agotamiento de recursos naturales, se minimizan la generación de residuos tóxicos

destacando que estas tecnologías que están en constante evolución y son esenciales para asegurar un futuro energético sostenible así como contribuir a la preservación del planeta para las generaciones futuras.

En el diseño junto a la implementación del sistema encargado de ajustar automáticamente el ángulo de inclinación de los paneles solares para lograr una captación óptima de la energía solar durante el día se trata de que este ajuste dinámico maximice la exposición de los paneles a la luz solar para mejorar la eficiencia energética del sistema y, como resultado, optimizar la carga de los dispositivos portátiles, lo que asegura una mayor autonomía y un rendimiento más confiable.

Dentro de la comunidad universitaria que manipula teléfonos inteligentes junto a otros dispositivos portátiles este sistema los beneficiará pues al disponer de una fuente de energía que es sostenible y renovable que se destina a la cargar sus dispositivos en las zonas verdes del campus, la infraestructura permitirá que todos los usuarios sean capaces de disfrutar de una mayor autonomía en sus dispositivos, lo que reduce las preocupaciones por la duración de la batería y permite que sus dispositivos estén operativos mientras se encuentran en los espacios al aire libre.

1.5 ALCANCE

El presente proyecto tecnológico está dirigido a cualquier persona y tiene como objetivo principal el desarrollo de un cargador solar que utilice herramientas ecológicas para apoyar al medio ambiente el cual busca abordar las necesidades humanas mediante la implementación de soluciones basadas en energías alternativas a la electricidad convencional por lo que tanto al diseñar como implementará un prototipo de este sistema alimentador que usa la energía solar por medio de un panel fotovoltaico se es capaz de captar la energía solar para convertirla en energía eléctrica que se destine a cargar dispositivos portátiles mientras integrará un controlador inteligente que ajustará automáticamente el ángulo de inclinación de los paneles solares para optimizar la captación de energía.

La Figura 2 ilustra el proceso de generación de energía fotovoltaica.

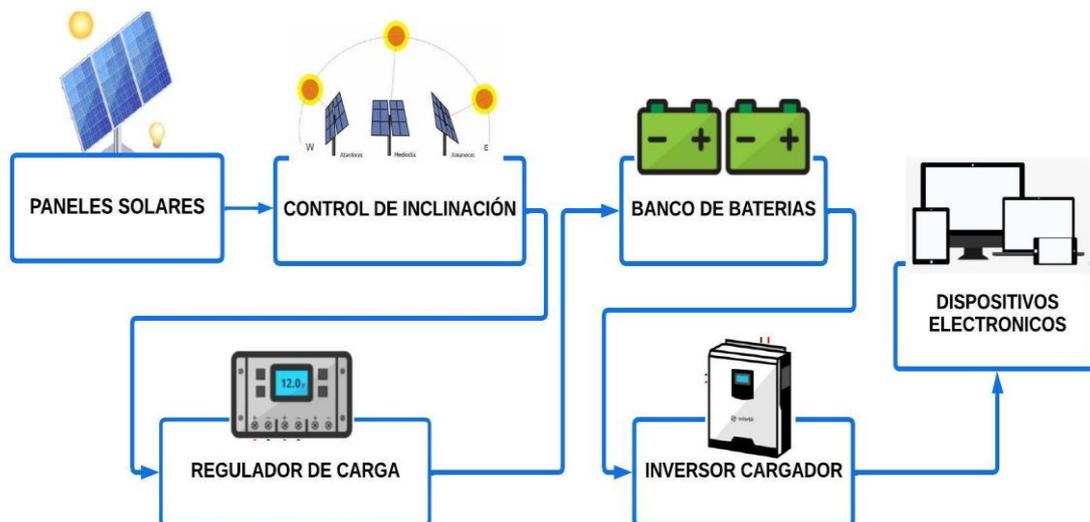


Figura 2. Estructura de proyecto de captación de energía solar.

Fuente: Autor.

- **Sistema de paneles solares:** El uso de energía solar como fuente de electricidad a través de un sistema de paneles solares aporta a la reducción de costos de energía a largo plazo, con una disminución de los precios de los paneles solares en los últimos años, la inversión inicial en el sistema se recupera con el tiempo mediante los ahorros generados en la factura de electricidad destacando que al aprovechar la energía solar, los usuarios se beneficia de una reducción continua en sus gastos energéticos, haciendo de esta tecnología una opción económicamente viable y sostenible a largo plazo.
- Una limitación importante de los sistemas de paneles solares es que la cantidad de energía generada está directamente relacionada con la disponibilidad de radiación solar por lo que factores como días nublados, obstrucción por sombras o la presencia de otros obstáculos reduce la producción de energía, ya que esta variabilidad en la generación afectar la eficiencia del sistema, especialmente en regiones con condiciones climáticas cambiantes o en entornos urbanos donde las sombras de edificios y estructuras impacta en la captación de luz solar.
- **Sistema de control ángulo de inclinación:** El principal alcance del proyecto es optimizar la captación de energía solar mediante el ajuste automático de la orientación de los paneles solares que permite maximizar la generación de energía eléctrica a lo largo del día, asegurando que los paneles solares estén siempre orientados de manera óptima hacia el sol pues al ajustar constantemente la posición de los paneles, se mejora

la eficiencia del sistema y se incrementa la producción de energía para un rendimiento óptimo en todo momento.

- Por otra parte, los sistemas de seguimiento solar con su costo y complejidad técnica presentan como dificultad que requieren la instalación de sensores, actuadores y controladores adicionales que incrementa los costos de hardware, instalación y mantenimiento. Además, la complejidad técnica con lleva a mayores necesidades de soporte, así como a enfrentar desafíos en la resolución de problemas lo que aumenta el costo total de propiedad y la complejidad del sistema.
- **Sistema de almacenamiento:** El sistema de almacenamiento permite acumular energía para su uso posterior y proporcionar respaldo en ausencia de la red eléctrica el cual presenta algunas limitaciones, como la capacidad limitada de almacenamiento, así como la vida útil de las baterías y la eficiencia energética donde estas restricciones llegan a afectar el rendimiento general del sistema y su capacidad para gestionar la energía de manera efectiva. Por lo tanto, se debe considerar estos factores al diseñar y utilizar sistemas de almacenamiento de baterías con el fin de resguardar un funcionamiento óptimo y una gestión adecuada de la energía.
- **Regulador de carga:** El alcance de un regulador de carga incluye la gestión del proceso de carga, así como la protección de la batería contra sobrecargas y descargas profundas donde se debe tener en cuenta las limitaciones, como la capacidad de corriente que maneja junto con la eficiencia energética y la compatibilidad, así como las diferentes tecnologías de baterías por lo que considerar estos factores es esencial al seleccionar un regulador de carga seguro y eficiente del sistema.
- **Inversor cargador:** Un inversor de carga se centra en su capacidad para convertir corriente continua (DC) en corriente alterna (AC), lo que permite una alimentación de una variedad de dispositivos y equipos por lo que necesita de una consideración en las limitaciones específicas del inversor como la capacidad de carga, la estabilidad del voltaje y la duración del uso continuo con el fin de evaluar todos estos factores para un rendimiento fiable del sistema.

1.6 METODOLOGÍA

Para el diseño adecuado del proyecto, se han tomado en consideración los siguientes aspectos clave:

1.6.1 Investigación descriptiva

Como el primer paso se plantea identificar el problema o necesidad que se pretende abordar donde en este caso, el objetivo es diseñar e implementar un alimentador fotovoltaico inteligente que permita cargar dispositivos portátiles por medio de un sistema que capaz de posicionar el panel fotovoltaico automáticamente acorde al ángulo de inclinación para el panel solar que optimizar la captación de energía solar.

1.6.2 Investigación cuasiexperimental

Además, se comparan los resultados obtenidos en ambos grupos tanto para una carga tradicional como en la carga del alimentador fotovoltaico con el fin de evaluar el impacto de la intervención en cual se realiza un análisis estadístico de las diferencias entre los grupos para determinar si la implementación del alimentador fotovoltaico inteligente tiene un efecto en la carga de los dispositivos portátiles en comparación con los métodos de carga convencionales con un análisis que permite valorar el sistema fotovoltaico en términos de eficiencia y mejora de la autonomía de los dispositivos.

CAPITULO II

2.1 MARCO CONTEXTUAL

2.1.1 Ubicación

El proyecto se llevará a cabo en la Facultad de Ciencias e Ingeniería en Sistemas y Telecomunicaciones (FACISTEL) de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, ubicada en el Cantón Santa Elena, Provincia de Santa Elena.

2.1.2 Localización geográfica

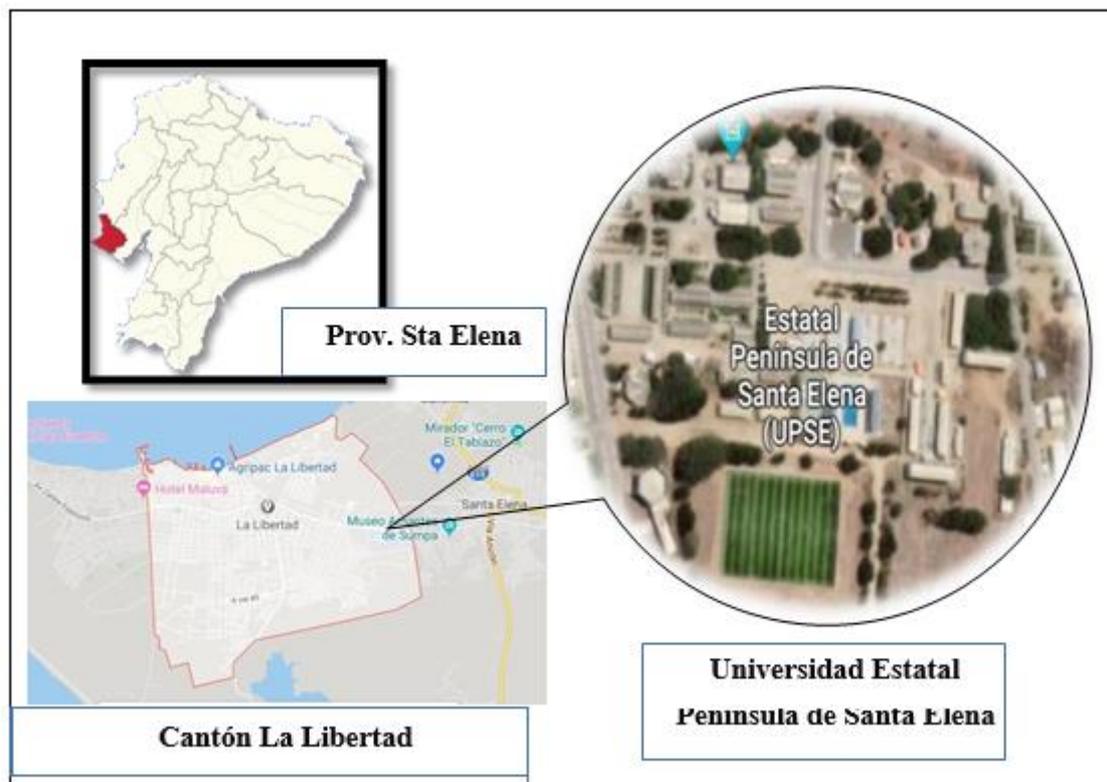


Figura 3. Ubicación geográfica del área de ejecución del proyecto.

Fuente: Autor.

La integración de la automatización para el diseño del alimentador fotovoltaico ofrece numerosas ventajas a la comunidad universitaria donde esta solución innovadora de seguimiento de ángulo de inclinación proporciona una alternativa eficiente y sostenible para el suministro de energía en entornos ecológicos, que destaca por su alta eficiencia energética, donde el suministro constante junto con su compromiso en la protección del medio ambiente la convierten en una opción atractiva, que mejora la experiencia de estudiantes y personal mientras se aporta en la sostenibilidad para el campus.

El sistema de control del ángulo de inclinación es medio para la operación de cualquier sistema que requiera precisión en la orientación que suele estar compuesto por varios elementos interrelacionados, como sensores, actuadores y controladores donde los sensores, como brújulas y giroscopios, tienen la función de detectar la posición actual, así como la dirección del alimentador. Además, los actuadores como motores o servomotores ajustan físicamente el ángulo de inclinación del sistema con el apoyo de los controladores, que son dispositivos electrónicos o algoritmos de software que procesan la información proporcionada por los sensores y envían las instrucciones necesarias a los actuadores para mantener la posición deseada con precisión.

El proyecto en desarrollo tiene como objetivo principal mejorar el confort y lograr un ahorro de energía en la matriz UPSE con el fin de abastecer los componentes eléctricos y accesorios necesarios, se utiliza un sistema fotovoltaico compuesto por un panel solar monocristalino con una potencia pico de 100W, los cuales se complementan con un seguidor solar, diseñado para optimizar la captación de radiación solar y maximizar la generación de energía y de este modo, se asegura un suministro energético tanto eficiente como continuo para los componentes del sistema fotovoltaico.

Además, se implementará un sistema de monitoreo para el alimentador fotovoltaico inteligente que proporcionará información en tiempo real sobre la generación de energía, el consumo, el estado de carga de la batería, así como la eficiencia del ángulo de inclinación y la conectividad donde con estos datos, será posible realizar un mantenimiento proactivo, optimizar el rendimiento del sistema y tomar decisiones para mejorar su operación.

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 Energía solar fotovoltaica

La innovadora invención de Charles Fritts marcó el inicio de la generación de electricidad a partir de la energía solar del cual es relevante mencionar que el potencial de la energía solar no pasó desapercibido a lo largo de la historia, de hecho, existen registros de civilizaciones griegas y romanas que utilizaban tanto lentes como espejos para concentrar la luz solar y producir fuego. A partir del trabajo de Fritts, el físico Alexandre-Edmond Becquerel descubrió el efecto fotovoltaico, una propiedad que permite capturar la luz solar y convertirla en energía eléctrica [6].

La energía solar es una fuente abundante y renovable de energía que se encuentra disponible en la naturaleza la cual puede ser utilizada para una variedad de propósitos en los que su origen radica en la radiación producida por las reacciones de fusión entre los núcleos de hidrógeno y helio en el interior del Sol donde esta radiación llega a la Tierra en forma de luz y calor, que es captada y convertida en energía útil mediante diversas tecnologías.

2.2.2 Orientación e inclinación óptima

La posición ideal de los paneles fotovoltaicos está determinada principalmente por dos factores como son la latitud geográfica y la estación del año en lo cual se destaca que para maximizar la captación de energía, es necesario orientar los módulos hacia el Ecuador lo que asegura un rendimiento óptimo tanto en la mañana como en la tarde, así como durante todo el año. Además, el ángulo de inclinación de los paneles debe ajustarse según la latitud del lugar para aprovechar al máximo la radiación solar [6].

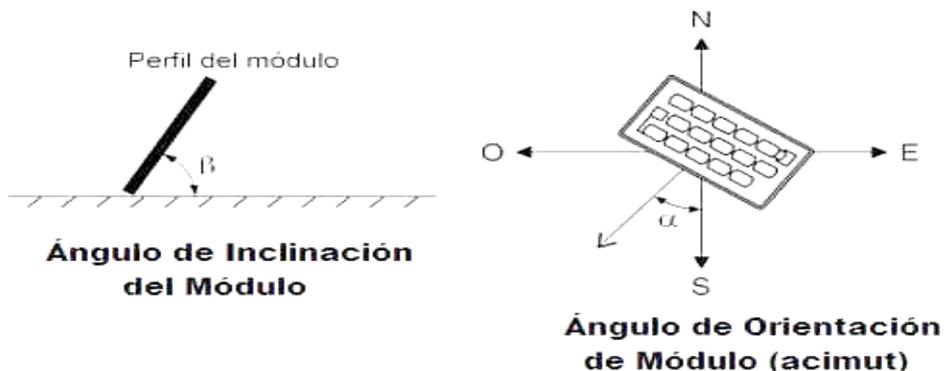


Figura 4. Inclinación y Orientación módulos fotovoltaica.

Fuente: Areatecnologia [7].

Para lograr el máximo beneficio del sistema fotovoltaico, la inclinación de los paneles se automatizará de la siguiente manera con la ecuación 1:

$$\beta = 3.7 + (0.69 \times \text{Latitud}) \text{ (Ecuación 1)}$$

Donde:

β → es el ángulo de inclinación óptima

Latitud → es la latitud del lugar de la instalación.

2.2.1 Hora solar pico

La Hora Solar Pico (HSP) es una medida comúnmente utilizada para realizar cálculos en sistemas fotovoltaicos la cual es en esencia usada para representar la cantidad de energía solar recibida por un metro cuadrado de superficie en condiciones óptimas. En otras palabras, si en una ubicación se reportan 5 HSP, significa que durante ese período, la radiación solar es equivalente a recibir 1000 W/m^2 durante 5 horas. Aunque la irradiación varía a lo largo del día, las horas centrales suelen recibir la mayor cantidad de energía solar. [6].

Por lo cual, para obtener el valor de las HSP se divide la irradiación global medida en $W \cdot h/m^2$ sobre 1000 W/m^2 , con la siguiente ecuación 2:

$$HPS = \frac{\text{Irradiancia global}}{1000 \text{ W/m}^2} \quad (\text{Ecuación 2})$$

2.2.3 Radiación solar

La radiación solar es la energía electromagnética emitida por el Sol y que llega a la atmósfera terrestre la cual se mide en una superficie horizontal utilizando un sensor conocido como piranómetro o radiómetro, que debe estar orientado hacia el sur y situado en una zona libre de sombras para obtener mediciones precisas. La unidad de medida de la radiación solar es vatios por metro cuadrado (W/m^2) [6].



Figura 5. Tipos de Radiación Solar.

Fuente: Helioesfera [8].

La radiación solar se compone de varios tipos de radiaciones [6]:

- **Radiación directa:** Es la luz solar que llega directamente del sol sin ser transformada, pero filtrada parcialmente por la atmósfera.
- **Radiación difusa:** Es la luz que alcanza a la superficie terrestre posteriormente a ser distorsionada en diferentes direcciones por las diversas condiciones como son la densidad atmosférica, lo que resulta en una luz menos paralela por choques con los gases y las partículas atmosféricas.
- **Radiación de albedo:** Corresponde a la luz que ha sido reflejada desde la superficie terrestre, como objetos y terrenos antes de llegar al sensor [6].

Por otra parte, la luz solar llega a la Tierra en diferentes formas de radiación, cada una con sus propias características [6]:

- **Rayos infrarrojos (IR):** Constituyen aproximadamente el 49% de la radiación solar y proporciona calor resultando fundamental para la transferencia de energía térmica.
- **Rayos visibles (VI):** Son alrededor de un 43% de la radiación solar que son los responsables de la luz que se percibe con nuestros ojos.
- **Rayos ultravioletas:** Conforman aproximadamente el 7% de la radiación solar, que constituyen una pequeña fracción que es necesaria para la producción de vitamina D, así como tienen efectos en la salud y el medio ambiente.
- **Otros tipos de rayos:** Incluyen radiación en diferentes longitudes de onda y representan cerca del 1% del total de la radiación solar que llega a la Tierra.

2.2.4 Factores que afectan a la radiación solar

No obstante, diversos factores pueden afectar la cantidad y calidad de la radiación solar que llega a la superficie terrestre. Estos factores incluyen [6]:

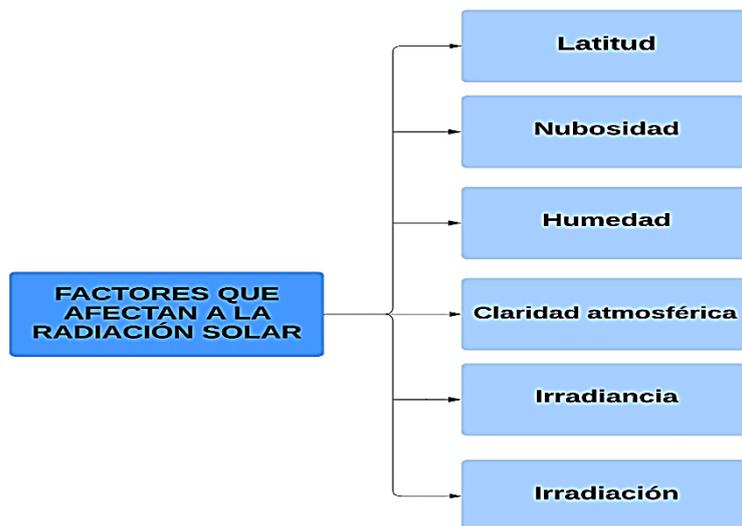


Figura 6. Factores influyentes en la Radiación solar.

Fuente: Autor.

- **Latitud** La ubicación de un lugar respecto al ecuador influye en la cantidad de radiación solar que recibe. Las regiones cercanas al ecuador reciben una radiación solar más directa y constante a lo largo del año, mientras que las zonas más alejadas experimentan variaciones estacionales más marcadas en la cantidad de radiación que reciben.
- **Nubosidad** La radiación solar difusa en un día nublado llega a ser solo una décima parte de la radiación directa que se alcanza en condiciones despejadas donde las nubes dispersan y bloquean gran parte de la luz solar directa lo que reduce la cantidad de energía que alcanza la superficie.
- **Humedad** La presencia de humedad en el aire absorbe parte de la radiación solar, reduciendo la cantidad de energía que llega a la superficie.
- **Claridad atmosférica** Los factores del smog junto con las nubes, así como el polvo obstruyen la radiación solar, para disminuir la cantidad de luz y calor que llega a la superficie terrestre.
- **Irradiancia** La irradiancia solar hace referencia a la cantidad de radiación solar que incide sobre una superficie en un momento, y se expresa en vatios por metro cuadrado (W/m^2) donde la potencia de la energía solar que alcanza la atmósfera es aproximadamente $1350 W/m^2$, la cual debido a la absorción y dispersión en la atmósfera, esta potencia llega a la superficie con $1000 W/m^2$.
- **Irradiación** La irradiación solar mide la cantidad total de energía solar recibida por una superficie en un período específico, y se expresa en vatios-hora por metro

cuadrado por día (Wh/m²/día). Conocer la irradiación solar es necesario para dimensionar correctamente un sistema fotovoltaico autónomo, ya que estos datos permiten estimar la generación de energía y garantizar un rendimiento óptimo del sistema [6].

2.2.5 Condiciones estándar de medida

Al comparar los paneles fotovoltaicos, se debe considerar que las condiciones estandarizadas en las que se miden estas características de rendimiento que son denominadas Condiciones Estándar de Medida (CEM), toman en consideración los siguientes elementos [6]:

- Temperatura ambiente de 25°C: Estas pruebas son realizadas a una temperatura base para medir el rendimiento del panel, pues esta eficiencia varía con la temperatura.
- Irradiancia de 1000 $\frac{W}{m^2}$: Es la cantidad de radiación solar usada en las pruebas para asegurar que las comparaciones entre diferentes paneles sean consistentes.
- Masa de aire de 1.5. Es el espectro que simula las condiciones de luz solar de la Tierra cuando el Sol está a una altitud en el cielo.

Se debe tener en cuenta las condiciones estándar de medida al dimensionar una instalación fotovoltaica pues de no hacerlo, se podrían provocar pérdidas energéticas debido a que el rendimiento real de los paneles varía bajo condiciones diferentes a las de prueba por lo que considerar estas medidas asegura una evaluación precisa del rendimiento esperado del sistema, optimizando así la generación de energía y evitando problemas de eficiencia [6].

- **Temperatura de trabajo de la célula fotovoltaica**

El siguiente procedimiento es empleada para el cálculo de la temperatura del módulo [6], donde se utiliza la siguiente ecuación:

$$T_{módulo}(^{\circ}C) = T_{ambiente} + G \left(\frac{kW}{m^2} \right) \times \frac{TONC-20^{\circ}C}{0.8 \left(\frac{kW}{m^2} \right)} \quad (\text{Ecuación 3})$$

Donde:

G → es la irradiancia máxima del lugar,

$T_{ambiente}$ → es la temperatura ambiente del lugar,

$T_{módulo}$ → es la temperatura de trabajo de la célula.

T_{ONC} → es la temperatura que obtienen las células fotovoltaicas cuando la temperatura ambiente es igual a $20^{\circ}C$.

2.2.6 Instalación solar fotovoltaica aislada

Un sistema fotovoltaico aislado, también conocido como sistema off-grid, se basa en la instalación de paneles solares que funcionan de manera independiente, sin conexión a la red eléctrica convencional por lo que este tipo de sistema utiliza la energía solar para ser autosuficiente en la generación de electricidad donde los elementos principales que componen un sistema fotovoltaico aislado son [6]:

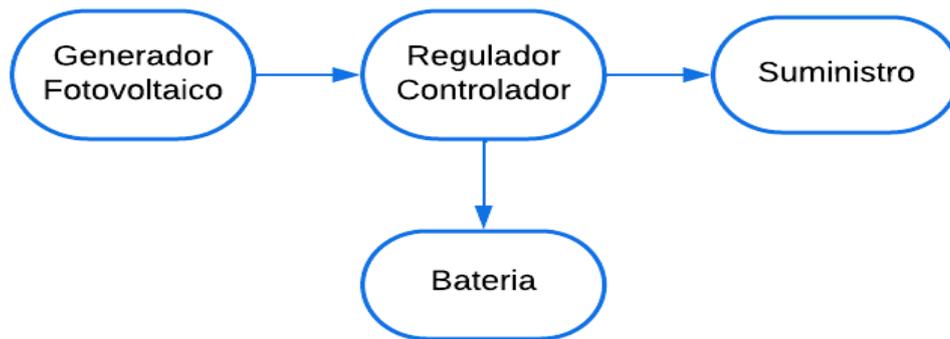


Figura 7. Sistema Fotovoltaico Aislado.

Fuente: Autor.

- **Generador Fotovoltaico:** Consiste en los paneles solares que capturan la energía del Sol para transformarla en electricidad de corriente continua.
- **Batería:** Se encarga de almacenar la energía de los paneles para el uso en momentos en que la irradiación solar es limitada o nula, como durante la noche o en días nublados. Asegura el suministro continuo de energía a la instalación.
- **Regulador:** Controla el proceso de carga de las baterías, protegiéndolas de sobrecargas y sobre descargas que mantiene tanto la salud y la longevidad de las baterías en sistemas fotovoltaicos aislados.
- **Suministro:** Se refiere a la instalación eléctrica que debe ser alimentada por el sistema fotovoltaico. Incluye los equipos y dispositivos que utilizarán la energía generada por el sistema para su funcionamiento [6].

Utilidad de los Sistemas Fotovoltaicos

Por otra parte, la utilidad esencial de los sistemas fotovoltaicos aislados es facilitar electricidad en aquellos sitios en los que es inadmisibles o resulta muy costosa la conexión a la red eléctrica. Entre ellos están:

Tabla 1. Utilidad primordial de los sistemas fotovoltaicos aislados.

Casas unifamiliares aisladas	para un uso constante o esporádico en áreas rurales
Señalización y Alumbrado público	Las instalaciones aisladas que son cada vez más utilizadas en la luminaria de los postes, así como áreas de descanso junto con iluminación de túneles y faros, etc.
Explotaciones ganaderas y agrícolas	Como los sistemas de bombeo solar o en el suministro de electricidad en las granjas.
Telecomunicaciones	Sistemas autónomos la telefonía, así como la transmisión de radio y la televisión zonas apartadas.

Fuente: Autor.

Tabla 2. Ventajas y desventajas de los sistemas fotovoltaicos aislados.

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> • Dispones de electricidad, aunque estés alejado de la red eléctrica. • Completa autonomía (no tienes ninguna relación contractual con alguna comercializadora). • Es posible ampliar la instalación si las necesidades energéticas aumentan en un futuro. 	<ul style="list-style-type: none"> • Es imprescindible que el sistema fotovoltaico cuente con acumuladores solares. Esto implica que la instalación se encarezca ya que es el componente fotovoltaico más caro. • Las baterías solares presentan menos vida útil que las placas solares, por tanto, deben ser reemplazadas a lo largo de la vida útil de la instalación. • Si las baterías dejan de funcionar, el consumidor se queda sin electricidad.

Fuente: Autor.

2.2.7 Módulo fotovoltaico

Los módulos fotovoltaicos, también conocidos como paneles o placas solares, son dispositivos empleados en captar la energía solar para transformarla en electricidad

sostenible donde estos módulos están compuestos por células solares hechas de material semiconductor, típicamente silicio, que es sensible a la luz el cual, al absorber la radiación solar, el silicio genera electricidad a través del fenómeno físico conocido como efecto fotovoltaico que es un proceso que transforma la energía de la luz solar en corriente eléctrica, permitiendo así la producción de energía renovable [6].

Los módulos fotovoltaicos que se hallan compuestos de células fotovoltaicas individuales las cuales están conectadas para formar un panel completo en el que se mantenga una configuración que brinde una orientación e inclinación adecuadas respecto a la luz solar, así como la optimizando la captación de energía.

La eficiencia de un módulo fotovoltaico se refiere a la proporción de la potencia de la radiación solar incidente que se convierte en potencia eléctrica utilizable donde la eficiencia se calcula en relación con la potencia de la radiación solar que incide sobre la superficie del módulo, cuyo valor estándar para medición es de 1.000 vatios por metro cuadrado (W/m^2). Es decir, si un metro cuadrado de superficie recibe 1.000 vatios de energía solar, la eficiencia del módulo indica qué porcentaje de esa energía se transforma efectivamente en electricidad [9].

Además, la vida útil de los módulos fotovoltaicos llega a alcanzar hasta 30 años, aunque su eficiencia se disminuye gradualmente con el tiempo, pero aun así se asegura una larga durabilidad y rendimiento prolongado en la conversión de energía solar a eléctrica.

Tipos de Módulos

A continuación, se mencionarán los tipos más comunes del modelo fotovoltaicos son:

- **Monocristalino:** Los módulos fotovoltaicos monocristalinos se distinguen por su color azul oscuro, que llega a ser casi negro con células que tienen bordes redondeados y están fabricadas a partir de cristales de silicio monocristalino, los cuales están orientados en la misma dirección. Esta uniformidad en la estructura cristalina permite la mayor eficiencia para la conversión solar de la luz en electricidad que suele oscilar entre el 18% y el 21%, lo que asegura una buena producción de energía, especialmente cuando la luz solar incide de manera perpendicular a la superficie del módulo [6].

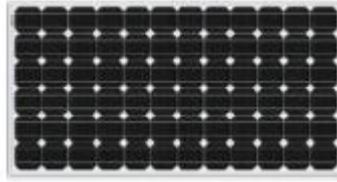


Figura 8. Panel Fotovoltaico Monocristalino.

Fuente: Jiaxing [10].

- **Policristalino:** Los módulos fotovoltaicos policristalinos tienen un color azul con tonalidades diversas, debido a que están formados por cristales de silicio orientados de manera no uniforme. Su eficiencia varía entre el 15% y el 17%, alcanzando su máximo rendimiento cuando los rayos solares inciden perpendicularmente sobre ellos. Aunque su eficiencia es ligeramente inferior a la de los módulos monocristalinos, los paneles policristalinos ofrecen un mejor desempeño a lo largo del día, ya que pueden captar la luz solar desde diferentes ángulos [6].

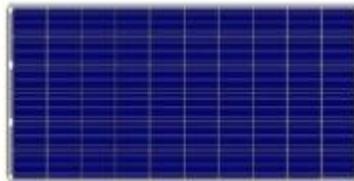


Figura 9. Panel Fotovoltaico Policristalino.

Fuente: Indiamart [11].

- **Amorfo:** Los módulos fotovoltaicos amorfos se caracterizan por su menor eficiencia en comparación con los módulos monocristalinos y policristalinos, pero tienen ventajas en condiciones de alta temperatura y con luz difusa, lo que los hace adecuados para entornos con alta radiación solar indirecta o en días nublados, el diseño amorfo permite una mayor flexibilidad en la aplicación y un mejor rendimiento en condiciones menos ideales [6].

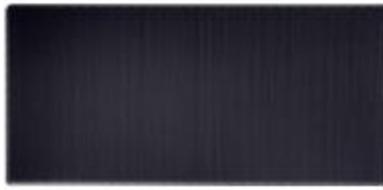


Figura 10. Panel Fotovoltaico Amorfos.

Fuente: Solarelectricsupply [12].

Características Eléctricas

Cabe recalcar que, para realizar un correcto cálculo de una instalación aislada, se debe tener en cuentas las siguientes características eléctricas correspondientes a los módulos fotovoltaicos [6]:

- **Intensidad de cortocircuitos I_{SC} :** Es la máxima intensidad que se logra en un módulo fotovoltaico, que corresponde al medir la corriente entre los bornes del módulo cuando se incita un cortocircuito.
- **Tensión en circuito abierto V_{OC} :** Es el máximo voltaje en un módulo fotovoltaico, que se genera al no haber paso de corriente entre los bornes de este.
- **Tensión nominal:** El voltaje con el cual trabaja el módulo fotovoltaico.
- **Potencia Máxima P_M :** Valor máximo de potencia que brinda del módulo que se adquiere entre el producto de la corriente por la tensión del módulo fotovoltaico.
- **Tensión Máxima V_M :** Corresponde al valor de tensión para la potencia máxima, el cual se aproxima al 80% de la tensión en circuito abierto.
- **Corriente Máxima I_M :** Hace referencia al valor de corriente para la potencia máxima [6].

2.2.8 Regulador de carga

Se encarga de asegurar un funcionamiento óptimo de la instalación, donde es esencial incorporar un sistema de control de carga en el punto de conexión entre los paneles solares y las baterías con la función principal de prevenir eventos indeseables en las baterías, como carga y sobrecarga excesiva, con el propósito de prolongar o mantener su vida útil durante el proceso de carga. Asimismo, en el proceso de descarga, su rol radica en

mantener el suministro eléctrico diario y prevenir una descarga excesiva en las baterías, tal como se ilustra en la Figura 11 [13].

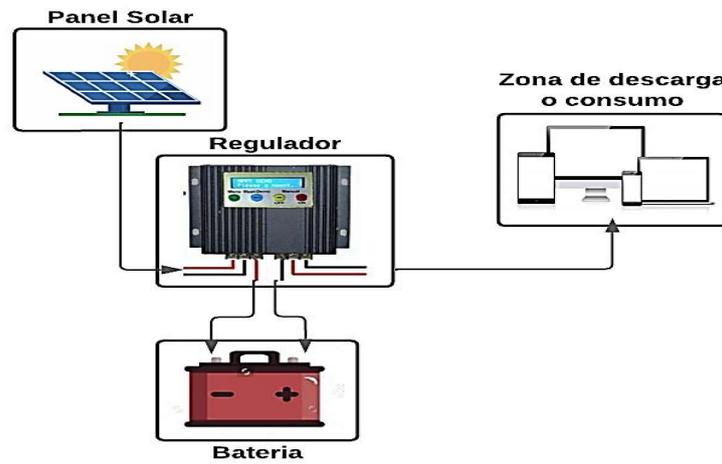


Figura 11. Conexiones del regulador en una instalación fotovoltaica.

Fuente: Autor.

Criterios de selección de reguladores

Tabla 3. Los criterios de selección del regulador:

Tensión de entrada	La tensión de la fuente no puede superar este valor.
Intensidad nominal	La corriente no puede superar este valor
Potencia máxima a la entrada	Es la energía capaz de regular por unidad de tiempo.
Eficiencia	Es el porcentaje de energía que desde la entrada es emitida hacia el resto de la instalación (baterías o inversores)

Fuente: Lucero [14].

2.2.9 Batería

Las baterías son dispositivos que convierten energía química en eléctrica los cuales se recargan con la electricidad producida por los paneles solares a través de un regulador de carga y luego suministran esta energía para su consumo. En las instalaciones fotovoltaicas, las baterías cumplen tres funciones principales [15]:

- Almacenar energía durante un determinado tiempo (días)
- Proporcionar una elevada potencia instantánea
- Fijar la tensión del trabajo en la instalación

Cabe recalcar que uno de parámetros más importantes al momento de elegir un acumulador o una batería es la capacidad, del mismo modo, se debe tener en cuenta los siguientes parámetros:

- Eficiencia de carga
- Autodescarga
- Profundidad de descarga

Tipos de baterías

Las baterías se clasifican según el tipo de electrolito y la tecnología de producción resaltando que el analizar sus características fundamentales, así como el comparar los principales tipos de baterías disponibles en el mercado es importante en la selección.

➤ **Baterías de Plomo Ácido**

Las baterías de plomo ácido se utilizan en una variedad de aplicaciones y vehículos las cuales poseen una capacidad de almacenamiento de energía que varía entre 10 kWh y 14.4 kWh, permitiendo recorrer hasta 100 km con una carga completa. A pesar de su costo relativamente bajo, estas baterías tienen una vida útil destacable, con un ciclo de vida que oscila entre 1.200 y 1.500 ciclos donde el tiempo estándar de recarga varía, siendo de aproximadamente 8 horas para una carga completa (100%) y de 4.5 horas para alcanzar el 80% de la carga [15].



Figura 12. Baterías plomo ácido.

Fuente: Istockphoto [16].

➤ **Baterías de Tracción**

Tienen un coste superior, están diseñadas para funcionar en ciclos de descarga profunda, como los que requieren los vehículos eléctricos con ciclos diarios típicos de carga y descarga en las que se posee placas que contienen una aleación con un alto porcentaje de antimonio (4-10%), lo que les proporciona una capacidad de descarga automática relativamente alta, pero con una eficiencia de carga más baja, por lo cual requiere de recargas periódicas del 20% con un proceso de gasificación para prevenir la sulfatación. Además, necesitan mantenimiento regular para soportar numerosos ciclos de descarga profunda, alcanzando alrededor de 1.500 ciclos o más con una descarga del 80% [15].



Figura 13. Baterías de tracción.

Fuente: Bateriasyamperios [17].

➤ **Baterías Estacionarias**

Contienen menos del 2% de antimonio y una pequeña cantidad de selenio en la aleación, que presentan una estructura de placas protegidas ("tubulares") con un costo es de 3 a 6 veces superior al de las baterías de arranque convencionales que ofrecen una baja tasa de autodescarga, inferior al 3% así como una alta eficiencia que oscila entre el 95% y el 98%. Su vida útil llega hasta 15-20 años, permitiendo realizar entre 1.300 y 1.500 ciclos con una carga y descarga del 80%, o hasta 4.500 ciclos con un nivel de descarga del 30% que se utilizan comúnmente en sistemas de energía solar a gran escala que incluye un electrolito gelificado para estar selladas y ser instaladas en diversas orientaciones, tanto vertical como horizontalmente [15].



Figura 14. Baterías estacionarias.

Fuente: Akuval [18].

➤ **Baterías de Gel**

Las baterías de gel están completamente selladas, lo que elimina el riesgo de pérdida de líquido y la necesidad de rellenarlas con agua donde estas características llegan a ser preferible o esencial en ciertos contextos, especialmente en aplicaciones donde la seguridad y el mantenimiento reducido son prioritarios. Sin embargo, estas baterías son más exigentes en cuanto a los requisitos de carga en comparación con otros tipos. Generalmente, se eligen para vehículos que operan principalmente en espacios cerrados debido a sus características de sellado. La capacidad de las baterías de gel varía entre 8.7 kWh y 14.4 kWh, lo que permite una autonomía de hasta 80 km. Su vida útil suele abarcar entre 700 y 1.200 ciclos [14].



Figura 15. Baterías de gel.

Fuente: Moviltronics [19].

➤ **Baterías Solares**

Las baterías habitualmente referidas en este contexto buscan un equilibrio entre costo, vida útil (cantidad de ciclos de carga/descarga) y mantenimiento las cuales son de tipo sellado o abierto donde las más comunes son las de tipo arranque mejorado, que se distinguen por sus placas más robustas y una mayor cantidad de electrolito, así como otras características que a diferencia de las baterías selladas, las baterías de arranque mejorado no requieren un mantenimiento intensivo y generalmente necesitan atención solo 1 o 2 veces al año lo que le permite realizar entre 1.000 y 2.000 ciclos de carga/descarga, cada

uno con un 15-20% de descarga (manteniendo constantemente el 80-85% de la carga total). Además, son más resistentes a las descargas del 50% en comparación con las baterías de arranque convencionales [15].



Figura 16. Baterías solares.

Fuente: Shutterstock [20].

Conexión de baterías

➤ Baterías en paralelo

La conexión en paralelo de dos baterías iguales permite duplicar la capacidad total del sistema, mientras se mantiene el mismo voltaje nominal lo que significa que la capacidad total del sistema será el doble de la capacidad de una sola batería, aunque el voltaje permanezca constante donde la capacidad hace referencia a la cantidad máxima de carga que almacena y se mide en amperios-hora (Ah). A mayor capacidad, mayor será la cantidad de carga que la batería almacena. Además, la duración de las baterías está inversamente relacionada con la intensidad máxima utilizada (amperios). Es decir, cuanto menor sea la intensidad de corriente que se extrae, mayor será la duración de la batería [15].

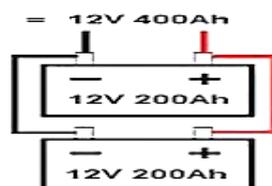


Figura 17. Conexión de baterías en paralelo.

Fuente: Mpptsolar [21].

➤ Baterías en serie

La conexión en serie de baterías permite aumentar el voltaje total del sistema, manteniendo la misma capacidad en amperios-hora bajo esta configuración, las baterías solo proporcionan corriente durante el uso, sino que cuando no hay consumo, permanecen inactivas por lo cual, para alcanzar la tensión deseada, se conectan baterías en serie,

sumando las tensiones de cada batería. Sin embargo, para obtener la capacidad deseada en el sistema, es necesario seleccionar baterías con la misma capacidad (idénticas) que se ajuste a las necesidades específicas del sistema [15].

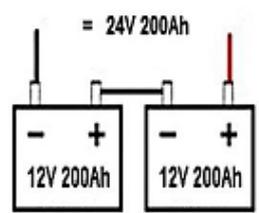


Figura 18. Conexión de baterías en serie.

Fuente: Mpptsolar [21].

Tabla 4. Baterías utilizadas en instalaciones solares

Tipo	Ventajas	Inconvenientes	Aspecto
Tubular Estacionaria	<ul style="list-style-type: none"> •Ciclo profundo •Tiempo de vida largo •Resera de sedimentos 	<ul style="list-style-type: none"> •Precio elevado •Disponibilidad escaza en determinados lugares 	
Arranque (SLI, automóvil)	<ul style="list-style-type: none"> •Precio •Disponibilidad 	<ul style="list-style-type: none"> •Mal funcionamiento ante ciclo profundo y bajas corrientes •Tiempo de vida corto •Escaza reserva de electrolito 	
Solar	<ul style="list-style-type: none"> •Fabricación similar a SLI •Amplia reserva de electrolito •Buen funcionamiento en ciclados medios 	<ul style="list-style-type: none"> •Tiempo de vida medios •No recomendada para ciclados profundos y prolongados 	
Gel	<ul style="list-style-type: none"> •Escaso mantenimiento 	<ul style="list-style-type: none"> •Deterioro rápido en condiciones de funcionamiento extremas de V-I 	

Fuente: Autor.

En la Tabla 4 se muestran las diferentes baterías de plomo-ácido, junto con sus respectivas ventajas e inconvenientes encontrado que en instalaciones que requieren descargas profundas, es aconsejable utilizar baterías tubulares estacionarias. Por otro lado, en

instalaciones de tamaño pequeño o de difícil mantenimiento, se deben emplear baterías de gel, teniendo cuidado de evitar ciclos de descarga profunda [22].

2.2.10 Inversor

Convierte la corriente continua en corriente alterna que se utiliza en redes eléctricas de 220 V con alta eficacia y una frecuencia de 50 Hz donde su presencia es necesaria en instalaciones conectadas a la red, siendo un elemento indispensable en sistemas autónomos, especialmente en aquellos destinados a electrificar residencias. Los inversores están disponibles en una variedad de capacidades, que van desde 50 W hasta varios miles de vatios con versiones diseñadas tanto para sistemas fotovoltaicos conectados a la red como para sistemas aislados [23].



Figura 19. El inversor de carga.

Fuente: Istockphoto [24].

Los inversores para SFA's tienen su división en dos categorías, tales como:

- **Inversores de conexión directa:** se encuentran entre 150-2000W, los equipos de corriente alternan tienen una conexión directa al inversor y estos tienen entre 1 y 3 enchufes de salida.
- **Inversores cableados:** están en ≥ 1000 W, sirve para conectar una red pequeña de corriente alterna en un edificio o en una vivienda [23].

Las particularidades ansiadas para el inversor DC-AC se resumen de la siguiente forma [23]:

- Alta eficiencia: Debe cubrir un amplio rango de potencias.
- Bajo consumo en vacío: Que hace referencia a cuando no posee cargas conectadas.
- Alta fiabilidad: Es la resistencia a los picos durante el arranque.
- Protección para el caso de cortocircuitos.
- Seguridad contra explosiones y posibles incendios.
- Buena regulación para la tensión junto con la frecuencia de salida, que como ya hemos comentado debe ser compatible con la red eléctrica.

2.3 MARCO TEÓRICO

En esta sección, se presentan varios artículos, tesis y trabajos de investigación revisados por sus autores, que proporcionan información relevante sobre la implementación de sistemas fotovoltaicos donde estos recursos han sido seleccionados por su contenido pertinente y valioso acerca de la tecnología fotovoltaica junto con su integración en diferentes aplicaciones.

Actualmente, Japón es el principal productor de energía solar fotovoltaica, seguido de cerca por Alemania, a pesar de su liderazgo, la proporción de energía solar en la producción energética total sigue siendo relativamente baja. En Alemania, por ejemplo, esta producción representa solo el 0,03% del total de su energía generada. No obstante, países como Alemania están plenamente conscientes de los problemas de contaminación y el calentamiento global por lo cual, en respuesta han invertido tanto en tecnología como maquinaria para expandir su capacidad en el sector energético [25].

Alemania se destaca por tener la mayor extensión de parques solares en el mundo, lo que ha permitido reducir los costos de producción y aumentar su competitividad en el mercado donde el costo de generar un kilovatio-hora mediante este sistema es inferior al de las fuentes convencionales. Por esta razón, Alemania está promoviendo el uso de sistemas fotovoltaicos (paneles solares) en otros países, subrayando su capacidad para generar energía de manera limpia y sin impacto ambiental [25].

En una investigación en la que se diseñó e implementó un prototipo de invernadero automatizado para el cultivo de hortalizas, con suministro de energía para los componentes eléctricos y electrónicos con base a un sistema fotovoltaico. El sistema que está compuesto por dos paneles solares monocristalinos de 120 vatios de potencia pico cada uno incorpora un seguidor solar para maximizar la captación de radiación solar, optimizando así la generación de energía solar y satisfaciendo la demanda energética de los componentes del invernadero [6].

Se propone implementar una solución de alumbrado público con energía renovable en la Universidad de Piura, utilizando paneles solares para generar energía mediante tecnología fotovoltaica donde esta iniciativa surge debido a la complejidad del sistema eléctrico actual de la universidad, que abastece una amplia variedad de elementos, incluyendo alumbrado, tomas de corriente, puesta a tierra, subestaciones, así como suministros para edificios, áreas construidas, caminos y otras zonas del campus. El análisis del sistema de

iluminación consistió en evaluar cómo la incorporación de paneles solares puede cubrir parcial o totalmente la demanda energética requerida para la iluminación lo cual contribuyo a una solución más sostenible que también promueve prácticas más amigables con el medio ambiente [26].

CAPITULO III

Para implementar un prototipo de alimentador fotovoltaico inteligente, que optimiza el ángulo de inclinación para la carga de dispositivos portátiles, se emplean una variedad de componentes eléctricos y electrónicos los cuales incluyen elementos de energía solar, controladores lógicos programables, módulos inalámbricos y dispositivos de red, En la sección se detalla los componentes físicos y lógicos así como se ofrece la descripción detallada y las características técnicas más destacadas de cada uno de estos dispositivos.

3.1 COMPONENTES FISICOS DE LA PROPUESTA

3.1.1 Panel solar

El panel solar convierte la energía solar en electricidad y se emplea en este prototipo para alimentar la carga eléctrica de diversos dispositivos portátiles externos, así como los elementos que permiten el control del ángulo del panel solar dimensionamiento correspondiente del sistema fotovoltaico [27]. A continuación, en la Figura 20 se muestra un panel solar de 100W empleado en la propuesta.



Figura 20. Panel solar monocristalino 100W.

Fuente: Amerisolar [28].

Este panel solar de 100W presenta una eficiencia del 18.46%, lo que significa que convierte casi el 19% de la energía solar incidente en electricidad el cual opera de manera óptima en un rango de temperatura entre -40°C y 85°C , alcanzado una potencia máxima de 100W a una tensión de 18V con una corriente de 6.67A con una tolerancia en su producción es del 5%, lo que garantiza un rendimiento consistente dentro de este margen con se detalla en las características eléctricas y mecánicas de la siguiente Tabla 5.

Tabla 5. Características Panel Solar

Características técnicas	
Detalle	STC
Potencia Máxima (Pmax)	100w
Tensión de potencia máxima (Vmpp)	18.00V
Corriente de potencia máxima (Impp)	6.67A
Voltaje de circuito abierto (Voc)	22.5V
Corriente de cortocircuito (Isc)	7.21A
Eficiencia del modulo	18.46%
Tolerancia	5%
Temperatura de trabajo	-40°C a 85°C

Fuente: Amerisol [28].

3.1.2 Controlador de carga

Un controlador de carga es un dispositivo electrónico esencial en cualquier sistema fotovoltaico donde su función principal es regular la corriente y el voltaje que fluyen entre los paneles solares y las baterías, asegurando el nivel de carga, así como prolongando su vida útil de las baterías [29]. En la Figura 21 se observa el controlador de carga seleccionado para la propuesta.



Figura 21. Controlador de carga 20A.

Fuente: Energygreen [30].

Este controlador de carga solar es compatible con sistemas de 12V y 24V el cual maneja una corriente de carga nominal de hasta 20A y admite un voltaje máximo de entrada de panel solar de 50V además cuenta con dos puertos USB de 5V/2A para cargar dispositivos electrónicos que asegura una protección de bajo voltaje que se activa a 10.5V/21.0V. Este

dispositivo opera en un amplio rango de temperaturas, desde -20°C hasta 60°C. En la siguiente tabla 6 se detalla las características del regulador.

Tabla 6. Características técnicas del controlador de carga

Detalle	Unidad
Corriente de carga nominal:	20A
Tensión nominal:	12V /24V
Max voltaje de entrada del panel solar:	50 V
Salida USB:	5V 2A
Tensión del poder de parada de alimentación:	10.5V / 21.0V
Voltaje de poder reanudar el suministro:	12.2V / 24.4V
Voltaje de carga parada:	14.7V / 29.4V
Temperatura de trabajo:	-20 a 60 grados centígrados
Tamaño del controlador (L * W * H):	103 × 95 × 41 mm

Fuente: Energygreen [30].

3.1.3 Inversor de carga

Un inversor de carga es un dispositivo electrónico que convierte la energía de una fuente de corriente continua (CC) en corriente alterna (CA), se utiliza principalmente para transformar la electricidad generada en un formato que pueda ser utilizado por aparatos eléctricos domésticos o para ser inyectada en la red eléctrica [31]. Además, puede incluir funciones de gestión de la carga, protección y monitoreo del sistema para optimizar el rendimiento y la seguridad, A continuación en la Figura 22 se muestra el inversor de carga de 1000W de potencia empleado.



Figura 22. Inversor de 1000W

Fuente: Steren [32].

Este inversor de 1000W convierte corriente continua (CC) de 11 a 14 voltios en corriente alterna (CA) de 110 voltios y 60 Hz, ideal para alimentar dispositivos electrónicos comunes en hogares con un diseño compacto de 27.5 x 6 x 13 cm y su peso ligero de 1.9 kg lo hacen portátil y fácil de instalar, además incluye un ventilador para mantener una temperatura de funcionamiento óptima y cuenta con dos contactos polarizados para una conexión segura en la Tabla 7 se detallan las características técnicas del controlador de carga

Tabla 7. Características técnicas del inversor.

Detalle	Unidad
Alimentación	11-14 Vcc
Salida	110 Vca 60 Hz +/-3 Hz sinusoidal modificada
Potencia	1000w
Contactos	2 polarizados
Refrigeración	1 ventilador
Dimensiones	27,5 cm de frente x 6 cm de alto x 13 cm de fondo
Peso:	1.9 Kg

Fuente: Steren [32].

3.1.4 Batería

Una batería es un dispositivo que almacena energía química y la convierte en energía eléctrica cuando es necesario que está compuesta por una o más celdas electroquímicas que generan un flujo de electricidad mediante una reacción química interna. Cada celda de una batería consta de dos electrodos (ánodo y cátodo) y un electrolito que facilita el flujo de iones entre los electrodos. A continuación, en la Figura 23 se muestra la batería de 12 v empleada para la propuesta.



Figura 23. Batería de 12 v.

Fuente: Rigotech [33].

La batería de 12 voltios con una capacidad de 100 amperios hora es la opción confiable que se emplea para almacenar energía que cuenta con un peso de 10.7 kilogramos, así como terminales de conexión que son T6-M6 para permitir una conexión segura a los otros dispositivos. Además, importante destacar que esta capacidad de la batería se ve afectada por la temperatura, la cual ofrece un rendimiento óptimo a 25°C mientras que a temperaturas más altas esta capacidad aumenta ligeramente, mientras que en temperaturas más bajas esta disminuye a continuación se detalla las características de la batería en la Tabla 8.

Tabla 8. Características técnicas de la batería

Detalle	Unidad
Voltaje nominal	12 V
Capacidad nominal	100 Ah
Peso	10.7 Kg
Terminal de conexión	T6-M6
Capacidad afectada por la temperatura	40°C (103%) - 25°C (100%) – 0°C (86%)

Fuente: Rigotech [33].

3.1.5 Microcontrolador Arduino Nano

El Arduino Nano es una placa de microcontrolador pequeña y compacta, basada en el ATmega328P (o, en algunas versiones, el ATmega168), diseñada para ser fácil de usar y ideal para proyectos de electrónica, prototipos y aprendizaje. Su tamaño reducido la hace perfecta para aplicaciones donde el espacio es limitado. Incluye puertos digitales y

analógicos, así como interfaces de comunicación como I2C y SPI, lo que permite una amplia gama de conexiones y configuraciones.

Se puede programar fácilmente utilizando el entorno de desarrollo Arduino IDE, facilitando la escritura y carga de código. Además, el Arduino Nano se puede alimentar a través de USB o con una fuente externa, lo que lo convierte en una opción versátil para diversas aplicaciones. [34]. En la Figura 25 se muestra el microcontrolador Esp32 de 38 pines empleado para la propuesta.

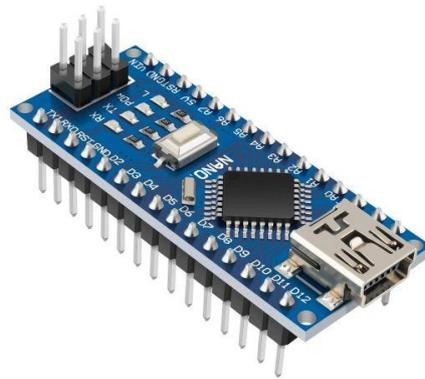


Figura 24. Arduino nano.

Fuente: Steren [35].

El Arduino Nano es una placa de desarrollo micro controlada basada en un ATmega328P, operando a 5V con una entrada recomendada de 7-12V que cuenta con 32KB de memoria Flash, 2KB de SRAM y 1KB de EEPROM para almacenar tanto programas como datos. La velocidad de su reloj es de 16MHz que ofrece un buen equilibrio para el rendimiento y consumo energético mientras que para la conectividad este dispone de 14 pines digitales donde 6 tienen la capacidad PWM y 8 pines son analógicos, lo que facilita el interactuar con una amplia variedad de sensores y actuadores. En la Tabla 9 se detalla las características técnicas.

Tabla 9. Características técnicas del Arduino Nano

Detalle	Unidad
Microcontrolador	ATmega328P
Voltaje	5 V
Voltaje de entrada	7-12 V

Memoria Flash	32 Kb
SRAM	2 Kb
EEPROM	1 Kb
Velocidad del reloj	16 Mhz
Pines digitales	14 (6 con capacidad PWM)
Pines analógicos	8

Fuente: Steren [35].

3.1.6 Modulo Reloj RTC DS3231Tiempo Real

El módulo RTC (Reloj de Tiempo Real) DS3231 es un dispositivo utilizado para mantener la hora y la fecha incluso cuando el microcontrolador está apagado el cual es altamente preciso, gracias a su oscilador de temperatura compensada, que funciona con una batería de respaldo, lo que le permite seguir contando el tiempo durante cortes de energía [36].



Figura 25. Modulo Reloj RTC DS3231.

Fuente: Novatronicec [36].

El DS3231 que se comunica con microcontroladores de la familia Arduino por medio del protocolo I2C que permite su integración en proyectos electrónicos, es el encargado de almacenar información de la fecha y la hora para permitir el programar alarmas y temporizadores, lo que lo hace ideal para aplicaciones donde se requiere un seguimiento continuo del tiempo, de los sistemas de registro de datos, relojes, y dispositivos de automatización. En la tabla 10 se muestra las características técnicas.

Tabla 10. Características técnicas del RTC DS3231

Detalle	Unidad
Chip	DS3231
Voltaje de operación	3.3- 5.5 V
Precisión	2 ppm (partes por millón a temperatura ambiente)
Rango de temperatura de operación	-40°C a +85°C
Batería de respaldo	CR2032
Interfaz	I2C

Fuente: Novatronicec [36].

3.1.7 Módulo controlador puente H L298N

Es un dispositivo electrónico diseñado para controlar motores de corriente continua (DC) y motores paso a paso mediante el uso de un puente H. El puente H es un circuito que permite el control bidireccional de un motor, lo que significa que puede hacer que el motor gire en ambas direcciones (horario y antihorario) que es popular debido a su capacidad para manejar motores de forma robusta y sencilla, permitiendo el control de dirección y velocidad con facilidad mediante señales de control externas [37]. A continuación, en la Figura 26 se muestra el módulo controlador seleccionado

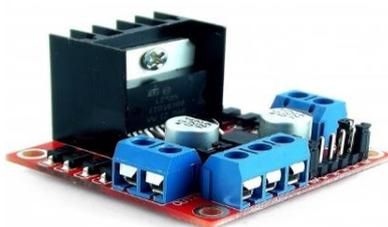


Figura 26. Puente H código L298N.

Fuente: Naylamp mechatronics [38].

El L298N es un chip controlador de motores DC muy utilizado en robótica y proyectos electrónicos que permite controlar hasta dos motores DC o un motor paso a paso, el cuál operar con voltajes de alimentación que van desde 5V hasta 35V. Además, con una capacidad de corriente máxima por canal de 2A (con picos de 3A), es ideal para

aplicaciones de mediana potencia con un tamaño compacto y bajo consumo de corriente lo hacen versátil para una amplia gama de proyectos. Las características técnicas se muestran en la Tabla 11.

Tabla 11. Características técnicas del Puente H L298N

Detalle	Unidad
Chip	L298N
Canales	(soporta 2 motores DC o 1 motor PAP)
Voltaje lógico	5V
Voltaje de potencia	5 V – 35 V
Consumo de corriente	0 a 36 mA
Capacidad máxima de corriente	2 A (picos de 3A)
Potencia máxima	25 W
Dimensiones	43*43*27 mm
Peso	30 gr

Fuente: Naylampmechatronics [38].

3.1.8 Actuador lineal VEVOR

Un actuador lineal es un dispositivo mecánico que convierte la energía de un sistema, generalmente eléctrica o neumática, en un movimiento lineal que a diferencia de los actuadores rotativos que generan movimiento circular, los actuadores lineales producen un movimiento rectilíneo que se utilizan en una variedad de aplicaciones donde se requiere un desplazamiento en línea recta, como en sistemas de automatización, maquinaria industrial, equipos de robótica, y en sistemas de control de puertas y ventanas, entre otros [39]. En la Figura 24 se observa el actuador lineal empleado para la propuesta.



Figura 27. Actuador lineal VEVOR.

Fuente: Vevor [40].

El actuador lineal de 12V posee un capacidad de generar una fuerza máxima de 3000N, que equivale a unas 660 libras así como tiene una capacidad de extenderse hasta 500 mm con una velocidad de 5 mm/s de desplazamiento en la que gracias a su construcción en aluminio ligero, posee un peso de tan solo 1.73 kg, y unas dimensiones compactas de 670x77x40 mm que lo hacen ideal para espacios reducidos. Además, cuenta con una protección IP65 que resguarda del polvo y chorros de agua por otra parte su nivel de ruido es inferior a 60 dB, lo que brinda un funcionamiento silencioso por lo que es una opción eficiente y versátil para una amplia gama de aplicaciones. En la Tabla 9 se detalla las características técnicas.

Tabla 12. Características técnicas del actuador lineal

Detalle	Unidad
Voltaje nominal	12 V
Carga Máxima	3000 N / 660 lbs
Velocidad de desplazamiento	5 mm/s
Longitud de extensión	500 mm/ 20 inch
Protección	IP65
Nivel de ruido	<= 60db
Corriente	< 6A
Material	Aluminio
Peso	3.81 lbs / 1.73 kg

Dimensiones	26.37 x 3.03 x 1.57 inch 670x77x40 mm
--------------------	--

Fuente: Vevor [40].

3.1.9 Tablero eléctrico

Un tablero eléctrico, también conocido como cuadro eléctrico o panel de distribución, es un componente en sistemas eléctricos que se emplea en edificios, instalaciones industriales y equipos. Su función principal es distribuir y controlar la energía eléctrica que entra en un sistema, asegurando que la electricidad llegue de manera segura y eficiente a las diferentes cargas o circuitos eléctricos [41]. A continuación, en la Figura 27 se observa un tablero eléctrico como el que se emplea en la propuesta.



Figura 28. Tablero eléctrico.

Fuente: Firmesa [42].

Estos tableros cuentan con una alta protección contra el ingreso de polvo y chorros de agua, gracias a su clasificación IP55 el cuál posee una cubierta, pintada con un proceso electrostático al horno, que garantiza una mayor durabilidad y resistencia a la corrosión. Además, la incorporación de barras de cobre en lugar de cables ofrece una conexión más sólida y un acabado estético superior. La organización interna de los cables mediante canaletas mejora la gestión del cableado y facilita el mantenimiento, en la Tabla 12 se detalla las características.

Tabla 13. Características técnicas del tablero eléctrico

Detalle	Unidad
Norma	IP 55

Cubierta	Pintura electrostática al horno
Además, esta batería utiliza barras de cobre en lugar de cables, lo que permite un mejor ajuste y un acabado superior. La organización de los cables se realiza mediante canaletas, lo que contribuye a un diseño más ordenado y funcional.	

Fuente: Firmesa [42].

3.1.10 Breaker eléctrico

Un breaker eléctrico conocido como interruptor automático o disyuntor es un dispositivo de protección utilizado en sistemas eléctricos para prevenir daños causados por sobrecargas y cortocircuitos con la función principal de interrumpir automáticamente el flujo de corriente eléctrica cuando detecta una condición anormal, como una sobrecarga o un cortocircuito, para proteger los circuitos y equipos conectados [43]. En la Figura 28 se muestra el breaker eléctrico empleado para la propuesta.



Figura 29. Breaker eléctrico.

Fuente: Jdelectricos [44].

3.1.11 Borneras de conexión

Una bornera de conexión o conocida como bloque de terminales que se emplea como regleta de conexiones, es el componente eléctrico más utilizado en la conexión que asegura a los cables eléctricos para un sistema de manera ordenada y segura que sirve como punto de unión para múltiples cables que facilita una distribución de energía, así como de las señales en un circuito eléctrico [45].



Figura 30. Bornera de conexión.

Fuente: Tekox [45].

3.1.12 Conductor eléctrico

Un conductor eléctrico es un material que permite el flujo de corriente eléctrica a través de él. Es decir, facilita el movimiento de electrones de un punto a otro donde los conductores eléctricos más utilizados son metales como el cobre, el aluminio, el oro y la plata que se utilizan en una amplia variedad de aplicaciones, desde el cableado de nuestras casas hasta la transmisión de energía eléctrica a gran escala [46].



Figura 31. Cable eléctrico.

Fuente: Topcable [47].

3.1.13 Conector

Un conector solar es un componente importante de los sistemas de energía solar fotovoltaica el cual su función principal es conectar de manera segura y eficiente los diferentes elementos de un panel solar, como los módulos solares individuales, los inversores y las cajas de conexiones. A continuación, en la Figura 31 se muestra el conector empleado en la propuesta



Figura 32. Conector.

Fuente: Topcable [47].

3.2 COMPONENTES LÓGICOS DE LA PROPUESTA

3.2.1 Autodesk Fusión 360

Comprende a una plataforma de diseño asistido por computadora (CAD), modelado de información de construcción (BIM) y simulación integrada en la nube desarrollada por Autodesk. Está diseñada para ofrecer un conjunto completo de herramientas para el diseño y desarrollo de productos, permitiendo a los ingenieros, diseñadores y fabricantes colaborar de manera eficiente a lo largo del ciclo de vida del producto [48].

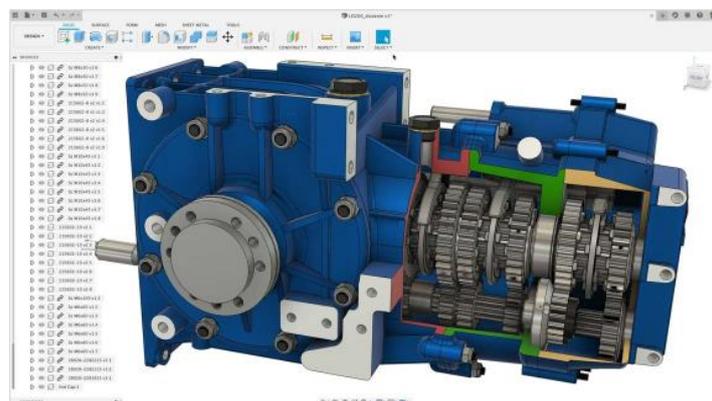


Figura 33. Autodesk Fusión 360.

Fuente: Autodesk [48].

3.2.2 Thonny IDE Python

Describe un entorno de desarrollo integrado (IDE) para Python diseñado especialmente para principiantes y para la enseñanza de programación en Python que fue desarrollado por Aivar Annamaa, Thonny el cual ofrece una interfaz sencilla y accesible que facilita

el aprendizaje y la práctica de la programación con Python que es una herramienta amigable y accesible para principiantes que facilita el aprendizaje de Python al proporcionar un entorno de desarrollo simplificado y herramientas de depuración visual [49].

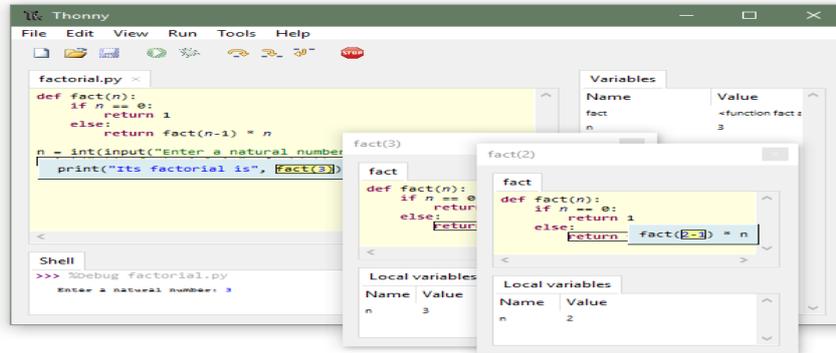


Figura 34. Thonny IDE Python.

Fuente: Thonny.org [49].

3.2.3 Eplan Electric P8

Software especializado en el diseño y documentación de sistemas eléctricos, así como en la automatización industrial el cual fue desarrollado por EPLAN Software & Service como una herramienta avanzada para ingenieros y diseñadores eléctricos que facilita la creación de esquemas eléctricos, diagramas de control, y otros documentos técnicos esenciales en el desarrollo tanto de sistemas eléctricos como automatizados [50].

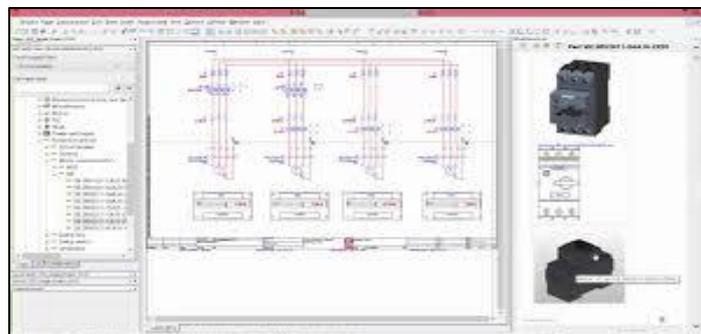


Figura 35. Eplan Electric P8.

Fuente: Eplan [50].

3.3 DISEÑO DE LA PROPUESTA

3.3.1 Diseño y construcción de la propuesta

En este apartado se muestra el diseño elaborado en Fusión 360, tomando en cuenta los criterios considerados para la elaboración del prototipo de un alimentador fotovoltaico con seguimiento inteligente para la carga dispositivos portátiles, mediante el control del ángulo de inclinación para zonas verdes de la UPSE, a continuación, se muestran el diseño de la estructura mediante Autodesk fusión 360

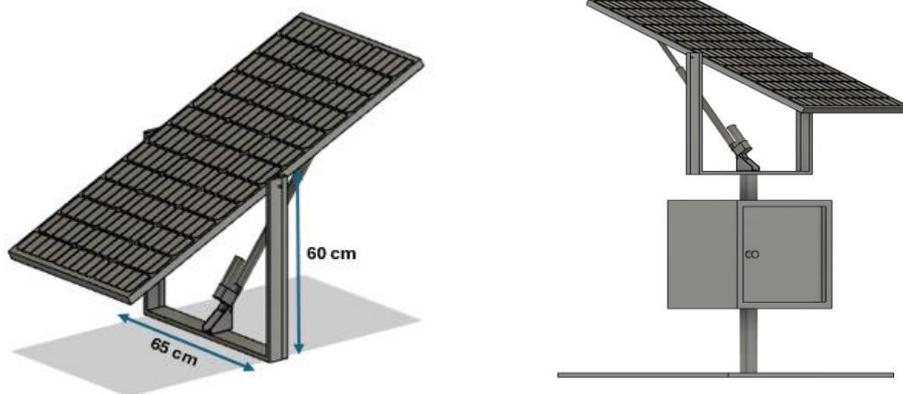


Figura 36. Alimentador fotovoltaico diseñado en Fusión 360

Fuente: Autor.

El diseño incorpora a un mecanismo de desplazamiento lineal el cual se emplea para el ajuste del ángulo de inclinación, que permite optimizar la exposición del panel solar al sol durante día para maximizar así la recolección de energía solar. La estructura está diseñada para ser robusta, ligera y funcional lo que permite que se integre componentes que se destinan a asegurar la estabilidad del sistema donde la base del alimentador se ha diseñado con un enfoque de estabilidad y resistencia, para emplear un modelo que proporciona una plataforma sólida destinada al soporte vertical que se ubicara sobre el tablero eléctrico para soportar el peso del panel fotovoltaico y el mecanismo de ajuste de inclinación.

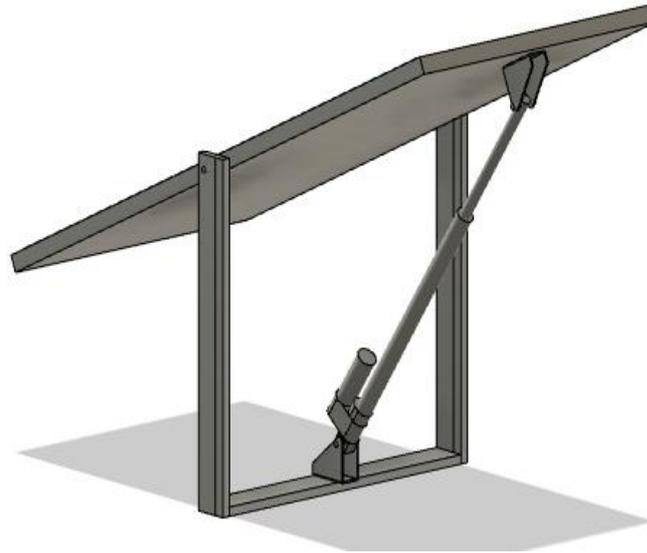


Figura 37. Alimentador fotovoltaico vista posterior

Fuente: Autor.

El diseño de ajuste del mecanismo incluye a un eje motorizado junto con un sistema de engranajes que permite movimientos lineales precisos y suaves donde el panel fotovoltaico se monta sobre un soporte especializado que fue diseñado para proporcionar un acoplamiento seguro y estable en el que se incluye puntos de fijación que facilitan la instalación del panel para permitir el ajuste en diferentes posiciones. Además, el tablero incorpora espacio para el almacenar de dispositivos como baterías. En este contexto el Autodesk Fusión 360 es una herramienta esencial para simular y analizar del diseño ya que es una herramienta que permite las pruebas de movimiento del mecanismo de ajuste, asegurando que el panel fotovoltaico se oriente adecuadamente a lo largo del día sin interferencias, así como el generar la documentación de planos detallados para especificar dimensiones y materiales para la fabricación precisa de cada componente.

3.3.2 Trayectoria de movimiento mediante SunEarthTool.

El proyecto tiene como objetivo optimizar la captación de energía solar a través de un sistema automatizado que ajusta la inclinación de un panel solar en función de la posición del sol. Para ello, se integra la herramienta **SunEarthTools**, que proporciona información precisa sobre el recorrido solar, como el ángulo de elevación, el azimut y la radiación solar, según la ubicación y el momento del día.

El sistema utiliza los datos obtenidos de SunEarthTools para calcular la inclinación óptima del panel, maximizando la generación de energía fotovoltaica. Estos datos son

procesados en tiempo real mediante un microcontrolador (como Arduino), el cual controla un actuador mecánico encargado de ajustar el ángulo del panel solar. La implementación busca garantizar una mayor eficiencia energética, facilitando la carga de dispositivos portátiles como celulares y laptops, incluso en condiciones variables de iluminación.

Además, el sistema está diseñado para ser autónomo y de bajo costo, con la posibilidad de ser adaptado a diferentes ubicaciones geográficas. Su integración con SunEarthTools no solo asegura la precisión en los ajustes, sino que también permite implementar estrategias de programación predefinidas, basadas en tablas de radiación solar para días específicos o estaciones del año.

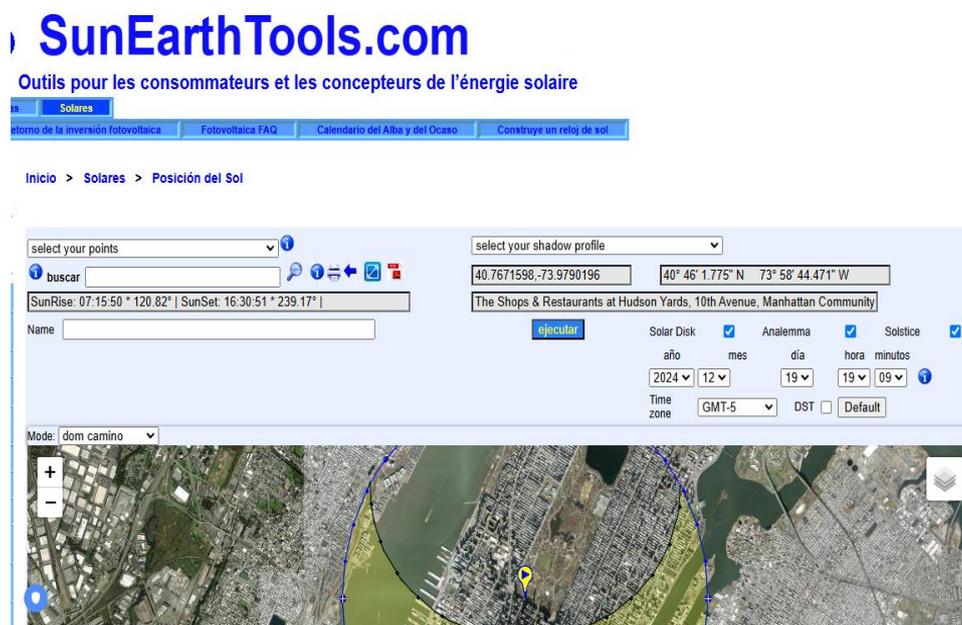


Figura 38. SunEarthTools aplicado al recorrido de sol.

3.3.3 Diseño del tablero eléctrico

El diseño del tablero eléctrico para el alimentador fotovoltaico inteligente se enfoca en crear una unidad compacta que gestione la energía solar y controle el sistema de ajuste del panel buscando que se asegure una distribución adecuada de la energía la cual integre los controles necesarios para el ajuste automático del ángulo de inclinación, mejorando así la eficiencia del sistema fotovoltaico en zonas verdes.



Figura 39. Interior del tablero eléctrico

Fuente: Autor.

El tablero eléctrico está diseñado con una estructura modular que alberga todos los componentes eléctricos y electrónicos necesarios de forma rectangular con compartimentos para cada componente que se alojara dentro de la estructura para dar tanto como seguridad y durabilidad al funcionamiento en el cual se incluye varios elementos como:

- Controlador de carga: Regula la carga de la batería y protege el sistema contra sobrecargas. Se ubica en una sección accesible para el mantenimiento y ajuste.
- Batería de almacenamiento: El espacio destinado para la batería que encarga almacenar la energía generada el cuál se diseña para facilitar el acceso y la sustitución.
- Módulo de control del ángulo de inclinación: Es el microcontrolador o la placa de control que gestiona tanto el motor como el actuador responsable del ajuste del panel solar. El cuál se asegura una integración de los sensores para detectar la posición del sol.
- Protecciones y fusibles: Proteger al sistema contra de cortocircuitos, así como sobre corrientes que se ubica en zonas accesibles para su revisión.

Los canales de cableado están diseñados para minimizar interferencias y facilitar el acceso durante la instalación y el mantenimiento, así como los puntos de entrada y salida de cables que se colocan con precisión para asegurar un ajuste adecuado y seguro para lo cual el diseño considera la facilidad de montaje del tablero en la estructura del

alimentador fotovoltaico donde se incluyen puntos de fijación adecuados y se asegura que el tablero sea fácilmente accesible para las tareas de mantenimiento como se muestra en las anteriores Figuras 37 y 38.

3.3.4 Esquema de conexión sistema fotovoltaico

El esquema de conexión de un sistema fotovoltaico del alimentador se organiza por varios elementos clave donde cada uno con su propio rol en la conversión, almacenamiento y uso de la energía solar. El punto de partida del sistema es el panel fotovoltaico, que convierte la luz solar en energía eléctrica el que está conectado al controlador de carga mediante los cables de salida que llevan la corriente generada donde la conexión incluye un cable positivo (V+) y un cable negativo (V-), los cuales se conectan a los terminales correspondientes del controlador de carga.

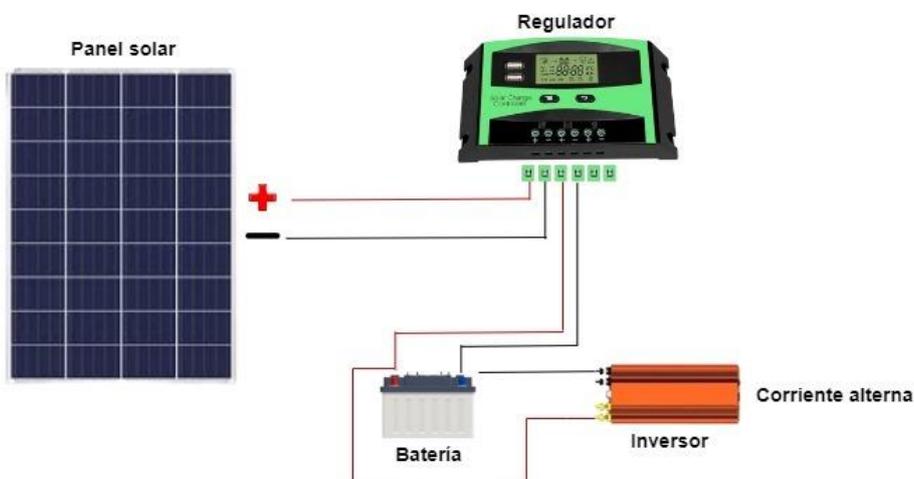


Figura 40. Sistema Fotovoltaico

Fuente: Autor.

El controlador de carga regula la energía generada por los paneles solares antes de que llegue a la batería con el fin de prevenir sobrecargas y sobrevoltajes que podrían dañar la batería donde el controlador de carga tiene entradas para conectar los cables positivos y negativos provenientes del panel fotovoltaico y a su vez, tiene salidas para conectar a la batería y a los dispositivos que recibirán la energía como se observa en la Figura 39. Las conexiones incluyen la salida positiva (B+) y negativa (B-) hacia la batería, y una salida positiva (D+) y negativa (D-) para alimentar los dispositivos portátiles, así como para el control del mecanismo de ajuste de inclinación, que permite orientar el panel para optimizar la captación solar.

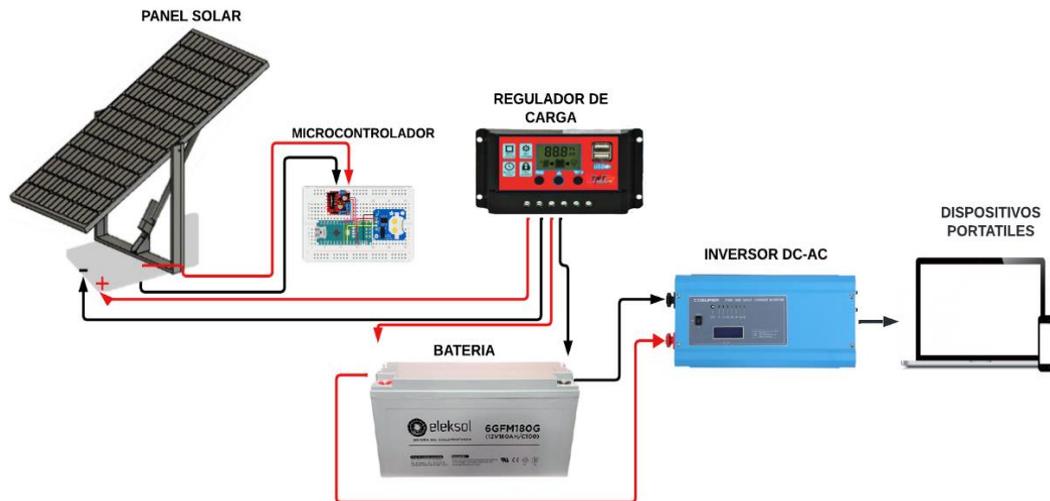


Figura 41. Carga de dispositivos portátiles

Fuente: Autor.

La batería almacena la energía de los paneles solares lo que permite su uso posterior la cual recibe energía a través de los terminales positivos y negativos del controlador para suministra energía al sistema cuando los paneles no están generando electricidad, como durante la noche. El tablero eléctrico actúa como el centro de distribución de energía para el sistema que recibe la energía de la batería y la dirige a los diferentes componentes, también alberga protecciones y fusibles que previenen daños por cortocircuitos o sobre corrientes con conexiones que se organizan de manera segura y eficiente de la energía para la carga de los dispositivos portátiles como se ve en la Figura 40.

3.3.5 Diagrama de comunicación entre Arduino Nano y actuador lineal

El diagrama de comunicación del Arduino Nano con el actuador lineal muestra cómo se de establecer las conexiones entre el microcontrolador Arduino Nano, el cual actúa como el cerebro del sistema, mientras el actuador lineal es el que realiza el movimiento físico donde el diagrama cubre tanto la comunicación de control como la integración de las señales del actuador para dar funcionamiento preciso.

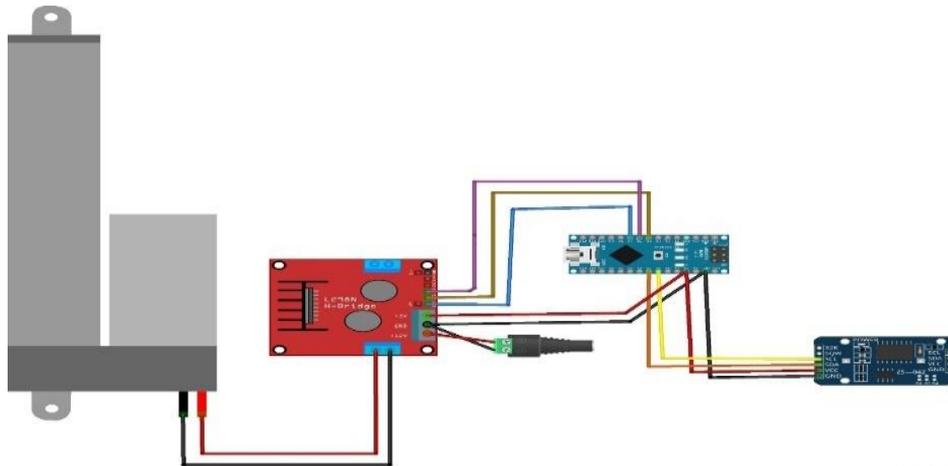


Figura 42. Conexiones entre controlador y actuador

Fuente: Autor.

El Arduino Nano que es un microcontrolador potente y versátil se utiliza tanto para gestionar como controlar el actuador lineal ya que es el responsable de enviar señales de control al actuador necesitando programarse para enviar comandos específicos basados temporizadores o interacciones del usuario donde el actuador lineal es el dispositivo encargado de realizar el movimiento en respuesta a las señales de control enviadas por el Arduino.

La comunicación del Arduino Nano con el actuador lineal se crea principalmente mediante las señales de control que determinan en qué dirección y con qué velocidad se da el movimiento, como:

- PWM (Pulse Width Modulation): Se envía una señal PWM del arduino Nano que controla la velocidad y la dirección del actuador lineal donde esta modulación de ancho de pulso regula la cantidad de energía que se suministrada al motor del actuador para controlar el movimiento del actuador.
- GPIO (General Purpose Input/Output): Se emplea los pines GPIO del arduino Nano que envía las señales digitales al actuador lineal donde esta configurado para activar o desactivar el actuador, así como el seleccionar la dirección de movimiento.

3.3.6 Montaje

El sistema propuesto está diseñado en torno a un panel solar montado en una estructura móvil que le permite rotar alrededor de un eje vertical, ajustando su ángulo de inclinación como el mostrador en la figura 42 donde esta capacidad de movimiento permite

maximizar la captación de energía solar, ya que permite que el panel se mantenga siempre perpendicular a los rayos del sol, optimizando así su eficiencia.



Figura 43. Estructura móvil

Fuente: Autor.

Posteriormente se coloca el tablero de conexiones que se encarga de resguardar los elementos electrónicos como el microcontrolador y el driver del actuador, así como la batería, el regulador y el inversor de carga que es colocado como se muestra en la figura 43, donde el tablero es fijado a la estructura asegurándola en los anclajes de metal.



Figura 44. Tablero de conexiones

Fuente: Autor.

Luego de que se ha fijado el tablero en su lugar de una vez se procede con la instalación del panel solar en la estructura que se diseñó con el fin de evaluar cómo se da la movilidad del panel para asegurar que es capaz de rotar libremente con el fin de adaptarse a diferentes ángulos de incidencia solar donde el panel está cuidadosamente fijado en el marco de soporte, para una sujeción firme y estable, como se ilustra en la figura 44.



Figura 45. Panel solar en la estructura

Fuente: Autor.

En el desarrollo de esta fase, se realizan pruebas en el montaje con el fin de verificar que todo el sistema de rotación sea capaz de funcionar adecuadamente, mientras se valora la capacidad del mecanismo que tiene para girar el panel en respuesta a las diferentes variaciones para seguir la posición óptima de la luz solar, lo que permitirá que el panel este siempre optimizado en el captar la máxima energía, así como también se revisan los puntos de anclaje y la alineación del panel que es esencial para evitar cualquier desajuste que afecte el rendimiento.



Figura 46. Panel solar en la estructura

Fuente: Autor.

Finalmente, un motor controlado por un microcontrolador electrónico, se encarga de regular la posición del panel en tiempo real donde por medio de este motor que se activa

en respuesta a las señales del sistema de control, que procesa los datos recogidos por un sensor de luz que es capaz de medir la intensidad de la radiación solar en distintas direcciones, lo que permite al controlador evaluar la mejor orientación del panel en cada momento del día.



Figura 47. Batería

Fuente: Autor.

La energía que es capturada por el panel solar es almacenada en una batería, para mantener un suministro continuo de la energía destinada a utilizarse en la alimentación de los dispositivos portátiles, así como para sistemas de iluminación u otras cargas conectadas las cuales requiera de energía sostenible. Conjuntamente con la implementación de este sistema de gestión de energía se optimiza aún más el uso de la energía para ser almacenada junto al permitir una distribución adecuada según las necesidades de los dispositivos conectados.

3.3.7 Programación

La programación del código utiliza un sistema que se encarga de controlar al actuador lineal basado en un horario predefinido donde el sistema por medio de módulo de reloj en tiempo real (RTC) DS3231 logra mantener la hora precisa mientras se usa al Arduino Nano con el fin de ejecutar acciones de control.

Inicialización:

- Se declaran las librerías que se necesita para trabajar con el módulo RTC así como para definir los pines de entrada/salida.
- Se inicializa el RTC y se verifica si ha perdido energía. En caso afirmativo, se ajusta la hora.

- Se configuran los pines de salida del Arduino para controlar el motor.

```

sketch_oct6a.ino
--
27 void setup() {
28   // Inicializa los pines como salidas
29   pinMode(ENA_PIN, OUTPUT);
30   pinMode(IN1_PIN, OUTPUT);
31   pinMode(IN2_PIN, OUTPUT);
32   digitalWrite(ENA_PIN, HIGH);
33
34   // Inicia la comunicación con el RTC
35   if (rtc.begin()) {
36     Serial.println("No se pudo encontrar el RTC");
37     while (1);
38   }
39
40   if (rtc.lostPower()) {
41     // Ajusta la fecha y hora a la hora de compilación si el RTC perdió energía
42     rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
43   }
44
45   Serial.begin(9600); // Para monitorear por el puerto serie
46 }
47
48 void loop() {
49   unsigned long currentMillis = millis();
50   if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
51     previousMillis = currentMillis;
52

```

Figura 48. Codificación animalización los pines como salida.

Bucle Principal:

- Lee la hora actual del RTC cada segundo.
- Verifica si el actuador está en movimiento y muestra la hora y el estado del movimiento en el monitor serial.
- Se llama a la función *checkActuatorActions* con el fin de revisar si es necesario realizar las acciones tanto de expansión como de retracción del actuador según corresponda a la hora actual.

Control de Acciones del Actuador:

- La función *checkActuatorActions* compara la hora actual con los horarios predefinidos para las expansiones y retracciones.
- Si se cumple alguna condición, se llama a la función correspondiente para expandir o retraer el actuador.

```

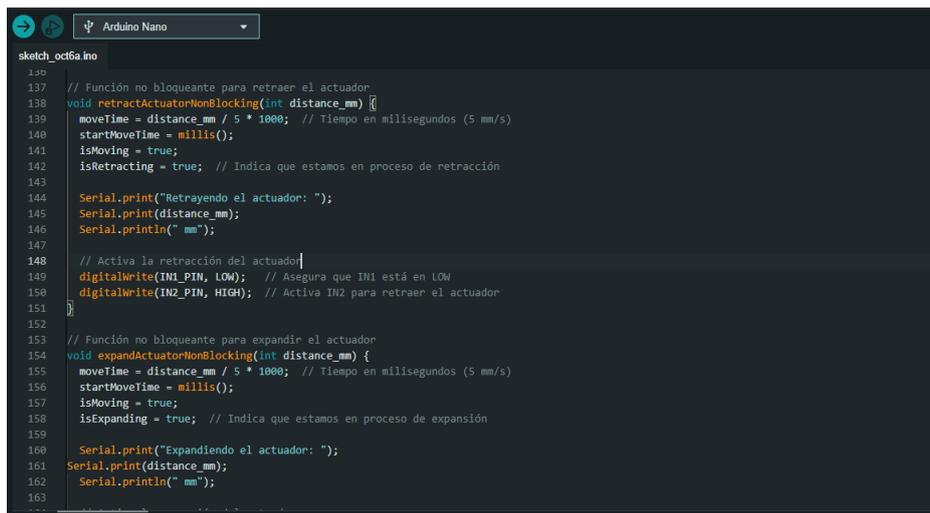
sketch_oct6a.ino
86 }
87
88 // Función que controla las acciones de expansión y retracción
89 void checkActuatorActions(DateTime now) {
90   // Expande el actuador a las 6:00 AM (completa expansión de 50 cm)
91   if (now.hour() == 6 && now.minute() == 0 && !expanded) {
92     expandActuatorNonBlocking(500); // Expande completamente 50 cm (500 mm)
93     expanded = true; // Marca que ya se realizó la expansión
94   }
95
96   // Retracción de 10 cm a las 7:30 AM
97   if (now.hour() == 7 && now.minute() == 30 && !retract_730) {
98     retractActuatorNonBlocking(100); // Retrae 10 cm
99     retract_730 = true; // Marca que ya se realizó esta retracción
100  }
101
102   // Retracción de 10 cm a las 10:00 AM
103   if (now.hour() == 10 && now.minute() == 0 && !retract_1000) {
104     retractActuatorNonBlocking(100); // Retrae 10 cm
105     retract_1000 = true; // Marca que ya se realizó esta retracción
106   }
107

```

Figura 49. Codificación que controla las acciones de expansión y retracción.

Movimiento No Bloqueante:

- Las funciones *expandActuatorNonBlocking* y *retractActuatorNonBlocking* dan inicio al movimiento del actuador mientras se permite establecer un tiempo de movimiento que este basado en la distancia que se necesita recorrer.
- La función *handleActuatorMovement* permite verifica el transcurso del tiempo asi como el movimiento junto con el detener el actuador.



```
sketch_oct6a.ino
130
131 // Función no bloqueante para retraer el actuador
132 void retractActuatorNonBlocking(int distance_mm) {
133   moveTime = distance_mm / 5 * 1000; // Tiempo en milisegundos (5 mm/s)
134   startMoveTime = millis();
135   isMoving = true;
136   isRetracting = true; // Indica que estamos en proceso de retracción
137
138   Serial.print("Retrayendo el actuador: ");
139   Serial.print(distance_mm);
140   Serial.println(" mm");
141
142   // Activa la retracción del actuador
143   digitalWrite(IN1_PIN, LOW); // Asegura que IN1 está en LOW
144   digitalWrite(IN2_PIN, HIGH); // Activa IN2 para retraer el actuador
145 }
146
147 // Función no bloqueante para expandir el actuador
148 void expandActuatorNonBlocking(int distance_mm) {
149   moveTime = distance_mm / 5 * 1000; // Tiempo en milisegundos (5 mm/s)
150   startMoveTime = millis();
151   isMoving = true;
152   isExpanding = true; // Indica que estamos en proceso de expansión
153
154   Serial.print("Expandiendo el actuador: ");
155   Serial.print(distance_mm);
156   Serial.println(" mm");
157 }
158
159
```

Figura 50. Codificación de función no bloqueante para retraer el actuador.

Las variables clave dentro del sistema incluyen "expanded", la cual indica si el actuador está completamente expandido. Por otra parte, se encuentran las variables booleanas "retract_xxx", que indican si se ha logro realizar una retracción conforme al horario específico así también, hay tres variables que reflejan el estado actual del actuador: "isMoving", "isRetracting" e "isExpanding". Por último, "moveTime" la cual representa el tiempo en milisegundos que se tarda el actuador para mover una distancia determinada.

Entre las características destacadas del sistema, se encuentra el control basado en tiempo, que permite ejecutar acciones en momentos específicos del día. El movimiento no bloqueante es otra ventaja, ya que permite que el Arduino realice otras tareas mientras el actuador se está moviendo. Además, el sistema ofrece flexibilidad, permitiendo agregar fácilmente más horarios y distancias de movimiento. Finalmente, el uso del RTC asegura una hora precisa para la ejecución de las acciones, lo que contribuye a la eficacia general del sistema.

3.3.8 Implementación

En el marco del proyecto del Alimentador Fotovoltaico con control inteligente del Ángulo de inclinación para la carga de dispositivos electrónicos portátiles, que se aplica a Zonas Verdes de la UPSE, se llevará a cabo la instalación de 4 tomacorrientes en puntos estratégicos de las zonas verdes de la universidad los cuales estarán debidamente conectados a al sistema de energía fotovoltaica, permitiendo la carga de dispositivos portátiles en áreas al aire libre, aprovechando la energía solar de manera eficiente como se muestra en la Figura 50.

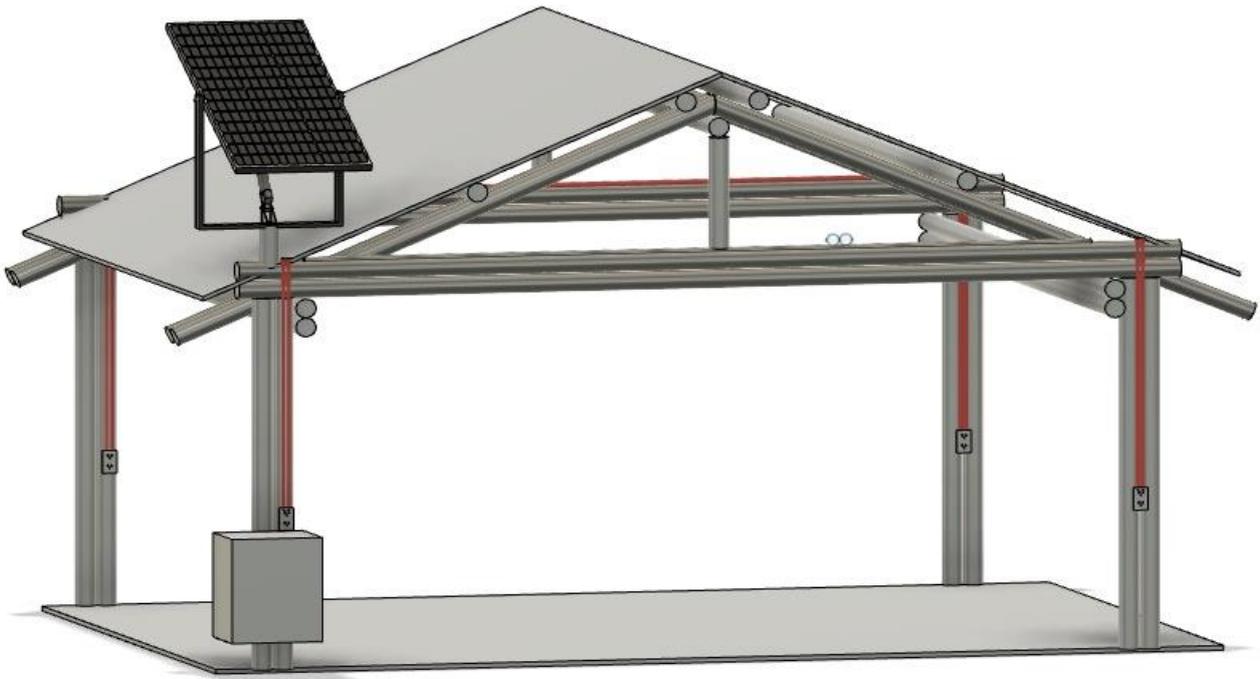


Figura 51. Lugar de implementación

Fuente: Autor.

Los tomacorrientes que se utiliza cuentan con un cableado de calibre 14 AWG, para brindar una transmisión que sea segura de la energía eléctrica que se implementa junto a las protecciones necesarias, como las canaletas, el breaker y fusibles correspondiente para prevenir posibles sobrecargas o cortocircuitos con el fin de asegurar la seguridad para los dispositivos que se conecten junto con el sistema en general donde la ubicación de estos tomacorrientes se seleccionará en zonas de alto tránsito que se hallan dentro de las áreas verdes de la universidad, para permitir que los usuarios logren disfrutar de un espacio cómodo y ecológico para cargar sus dispositivos de forma sostenible.

CAPITULO IV

4.1 PRUEBAS Y RESULTADOS

En este capítulo, se describen las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en el desarrollo del prototipo del cargador fotovoltaico, así como en el sistema de control del ángulo de inclinación junto con las lecturas y el monitoreo de cada uno de las mediciones del voltaje suministrado por el panel durante el ciclo del día.

4.2 PROTOTIPO

En la Figura 47 se presenta la disposición del panel solar y el tablero de conexión, que alberga el microcontrolador junto con el regulador y la batería donde esta configuración también incluye otros componentes esenciales para el control del ángulo del panel como se puede observar en el actuador lineal, que es fundamental para ajustar la posición del panel según un horario programado. Este horario se gestiona con precisión gracias al módulo de Reloj RTC DS3231, que permite una temporización exacta la cual permite que el panel se oriente de manera óptima para maximizar la captación de luz solar en función de la hora del día destacando la integración de los elementos no solo mejora la eficiencia del sistema, sino que también asegura un funcionamiento automatizado.



Figura 52. Prototipo de cargador fotovoltaico

Fuente: Autor.

En el interior del tablero de conexiones, como se ilustra en la Figura 48, se pueden observar varios componentes clave, incluido el breaker eléctrico de protección, que salvaguarda el sistema ante sobrecargas. Junto a este se encuentra la batería, que almacena energía para su uso posterior. También se destacan las conexiones entre el inversor y el regulador de carga, que permiten la conversión y distribución de energía. De este conjunto, se obtienen dos salidas de 110 V AC, ideales para alimentar dispositivos de corriente alterna, así como dos salidas de 5 V DC, proporcionadas por el regulador, que son perfectas para alimentar componentes electrónicos y sensores de bajo voltaje.



Figura 53. Tablero de conexiones

Fuente: Autor.

4.3 SUMINISTRO DE ENERGÍA

Para llevar a cabo el diseño del suministro de energía del alimentador fotovoltaico, es esencial contar con datos reales que permitan el correcto funcionamiento del sistema. Dicho proceso debe cubrir todas las etapas: generación, transmisión y distribución de energía eléctrica hacia los usuarios finales. Para la estimación y dimensionamiento de los componentes y los parámetros eléctricos se utilizan un sin número de ecuaciones matemáticas que determinan el mejor diseño.

4.3.1 Dimensionamiento fotovoltaico para cuatro puntos de carga

Como ya se había mencionado anteriormente, en este proyecto se considera la solución del diseño del alimentador fotovoltaico automático para módulos con 4 puntos de carga para elementos móviles.

De acuerdo con lo antes mencionado, se considera las siguientes condiciones:

- Una estación de carga para 4 puntos (2 polarizados y dos USB).
- 4.5 h/d para las horas de sol pico en las costas ecuatorianas.
- 1 hora de carga continua diaria por parte de los usuarios
- 1,5 días de autonomía
- Potencia promedio obtenida en las pruebas según tabla 14.

Tabla 14. Potencia promedio de los equipos

DISPOSITIVO	POTENCIA	PERIODO
TELEFONOS	Entre 5 W y 15 W	1 hora
TABLETAS	Entre 10 W y 20 W	1 hora
LAPTOPS	Entre 40 W y 90 W	1 hora

Fuente: Autor.

- a) **Energía teórica requerido (E_{prom}):** se refiere a la energía consumida por los equipos a alimentar es decir la energía consumida por los 4 puntos de carga. El valor de la energía promedio está definido por la ecuación:

$$E_{prom} = \# \text{ de dispositivos} \times \text{potencia electrica individual} \times \text{horas (Ecuación 4)}$$

$$E_{prom} = 2 \times 15 \text{ W} \times 1\text{h/día} + 2 \times 45\text{W} \times 1\text{h/día}$$

$$E_{prom} = 30 \text{ Wh/día} + 90 \text{ Wh/día}$$

$$E_{prom} = 120 \text{ Wh/día}$$

Por lo tanto, según los resultados obtenidos al aplicar la Ecuación 4, la energía promedio del sistema sin control de inclinación es de 120 Wh/día.

- b) **Energía real requerido (E_{elect}):** se refiere a la energía consumida con un factor de reserva (1,20) para cubrir las perdidas en la instalación de los componentes.

Para facilitar el cálculo se utiliza un valor estándar aproximado en el diseño de ingeniería, representado por la siguiente ecuación:

$$E_{elect} = E_{prom} \times 1,20 \quad (\text{Ecuación 5})$$

$$E_{elect} = 120 \text{ Wh/día} \times 1,20$$

$$E_{elect} = 144 \text{ Wh/día}$$

Según la ecuación 5, se determina la energía eléctrica del sistema sin seguidor con un valor de 144 Wh/día.

- c) **Potencia de diseño ($P_{diseño}$):** se refiere a la potencia real del sistema fotovoltaico calculada por la Ecuación 6, tomando como referencia las horas de sol pico (HSP) de las costas ecuatorianas con un valor de 4,5 h/días:

$$P_{diseño} = \frac{E_{elect}}{HSP} \quad (\text{Ecuación 6})$$

$$P_{diseño} = \frac{144 \text{ Wh/día}}{4,5 \text{ h/día}}$$

$$P_{diseño} = 32 \text{ W}$$

En la tabla 15 se muestra los resultados del consumo de energía diaria para el alimentador fotovoltaico sin seguidor, teniendo en cuenta las ecuaciones 4, 5 y 6 respectivamente:

Tabla 15. Consumo de energía del alimentados fotovoltaico sin control de inclinación.

Componente	Potencia (W)	Horas(h)	Cantidad (unid)
Teléfono celular	15	1	2
Laptop	45	1	2
Descripción	Valor total		
Energía promedio E_{prom}	120 Wh/día.		
Energía real de diseño E_{elect}	144 Wh/día.		
Potencia real de diseño $P_{diseño2}$	32 W		

Fuente: Autor.

Después de haber calculado la potencia real de diseño se afirma que el sistema fotovoltaico sin seguidor, de la estación de carga tendrá una tensión de trabajo de 12 V debido a que su potencia real de diseño es de 32 W que resulta ser un valor menor que 800 W, por lo tanto, el voltaje nominal de trabajo para este rango es de 12 V.

4.3.2 Dimensionamiento fotovoltaico con el control del ángulo de inclinación.

Al implementar el control de inclinación, se puede aumentar la producción de energía en un 25.8 %, debido a que el sistema ajusta dinámicamente la inclinación del panel solar para que este siga al sol, maximizando la captura de luz solar durante el día y aprovechando mejor las horas pico de radiación. Este incremento del 25,8 % está representado en el factor de 1,258 de la ecuación 7, lo que permite reducir la potencia necesaria a 25 W De esta manera se mantiene una orientación óptima hacia el sol y se mejora significativamente la eficiencia del sistema.

$$P_{diseño} = \frac{E_{elect} \times 1}{1.258 \times HSP} = 25.43 W \approx 25 W \text{ (Ecuación 7)}$$

a) Tiempo de funcionamiento del actuador lineal.

Tabla 16. Parámetros de funcionamiento del actuador lineal

Tiempo de funcionamiento del actuador lineal			
Nº de veces	10 veces por día	Tiempo	15 s

Fuente: Autor.

Para calcular el tiempo de funcionamiento del actuador lineal, se considera los parámetros de la tabla 16 y la ecuación 8.

$$t_{act} = \frac{N \text{ activacion por dia} \times t \text{ en segundos}}{3600} \text{ (Ecuación 8)}$$

$$t_{act} = \frac{10 \times 15 s}{3600} = 0.042 h/dia$$

Por lo tanto, según la ecuación 8 el tiempo que actúa el actuador es de 0.042 h/días.

b) Energía consumida del sistema de control de inclinación

Para determinar la energía total consumida por el sistema de control de inclinación, se toma en cuenta los parámetros de la ficha de datos de cada uno de los componentes, en este caso voltaje y corriente para determinar la potencia de cada uno de los elementos. A continuación, se aplica la Ecuación 7 y se determina la potencia consumida por cada uno

de los elementos, los detalles y los resultados se encuentran prescritos en la tabla 17, con un total de 5,35 Wh/día consumido por el sistema de control.

Tabla 17. Energía consumida de los equipos de control de inclinación.

Componente	Cantidad	Tensión (V)	Corriente (A)	Horas (h/días)	Potencia consumida (Wh/día)
Actuador lineal VEVOR	1	12	6	0.042	3.024
Arduino Nano	1	5	0.019	24	2.28
Puente H L298N	1	5	0.00036	24	0.04
Energía consumida					5.35

Fuente: Autor.

c) **Energía total consumida del sistema con el control de inclinación.**

Tabla 18. Energía total del sistema de control

Componente	Potencia (W)	Horas(h)	Cantidad (unid)
Teléfono celular	15	1	2
Laptop	45	1	2
Actuador lineal	72	0.042	3.024
ATmega328P	0.095	24	2.28
Modulo controlador puente H L298N	0.0018	24	0.04
Descripción	Valor total		
Energía promedio E_{prom}	125,35 Wh/día.		
Energía real de diseño E_{elect}	150,42 Wh/día.		
Potencia real de diseño $P_{diseño}$	33.42 W.		
Potencia de diseño con control de azimut	26.57 W		

Fuente: Autor.

Según la Tabla 18, la potencia carga que se requiere es de al menos de 33,42 W, para alimentar el sistema fotovoltaico con control del ángulo de inclinación para los 4 puntos de carga con una fuente de alimentación de 12 V.

4.3.3 Dimensionamiento del panel solar

Para escoger el tamaño del panel solar, se considera la energía requerida diariamente por el sistema de carga durante las horas pico de sol. La potencia requerida por el panel se calcula mediante la ecuación 9.

$$P_{panel} = \frac{E_{elect}}{HPS \times \eta_{sistema}} \quad (\text{Ecuación 5})$$

Siendo P_{panel} la potencia requerida por el panel solar dado vatios (W); HSP hace referencia a las horas pico del sol donde este proporciona su máxima irradiancia, el cual depende de la ubicación y puede estar dado entre 4 a 6 horas como máximo, en Ecuador especialmente en la costa dura alrededor de 4.5 horas; $\eta_{sistema}$ refiriéndose a la eficiencia del sistema por lo regular fluctúa entre el 75% al 85%.

$$P_{panel} = \frac{150.42 \text{ Wh/día}}{4.5 \text{ h/día} \times 0.85}$$

Al aplicar la ecuación 9 se obtiene los valores requeridos para el panel, con el análisis de una hora activa es decir de carga, con todos los puntos de salida activos.

$$P_{panel} = 39 \text{ W}$$

Por lo tanto, se necesita un panel solar de al menos 39 W. Como se cuenta con un panel fotovoltaico de 100 W, se tiene suficiente potencia para abastecer todo el sistema. Si se necesitara ampliar el análisis por más tiempo se podría volver a realizar los cálculos. Para verificar la Energía máxima del sistema que se puede llegar a tener con el panel a utilizar solo se despeja E_{elect} de la ecuación 9, del cual se puede obtener el valor máximo de potencia que podría cubrir el panel fotovoltaico para tener un límite de referencia, tal como lo muestra la ecuación 10.

$$E_{elect} = P_{panel} \times HPS \times \eta_{sistema} \quad (\text{Ecuación 10})$$

$$E_{elect} = 100 \text{ W} \times 4.5 \times 0.85$$

$$E_{elect} = 382.5 \text{ Wh/día}$$

Por otro lado, para verificar los valores correctos del sistema:

Se toma en cuenta la tensión teórica del panel:

$$V_{panel} = 17.6 \text{ V}$$

La corriente máxima del panel:

$$I_{panel} = 5 \text{ A}$$

Para la potencia máxima se obtiene mediante la ecuación 11:

$$P = V \times I = 17.6 \text{ V} \times 5 \text{ A} = 88 \text{ W} \approx 100 \text{ W} \text{ (Ecuación 11)}$$

4.3.4 Cálculo de la batería o banco de baterías.

Con base al consumo diario E_{elect} establecido en la Tabla 18, se da la dimensión para el banco de baterías con el fin de cubrir las necesidades diarias, donde se incluye los días nublados y las noches para lo cual a través de la ecuación 12 se calcula la capacidad de la batería o banco de baterías que se necesita emplear para lo cual se toma en cuenta que no puede descargarse en su totalidad.

$$C_{bat} = \frac{E_{elect}}{V_{bat} \times DOD \times \eta_{bat}} \text{ (Ecuación 12)}$$

Siendo C_{bat} la capacidad del batería dado en Amperio-hora (Ah); DOD la profundidad de descarga que resulta ser un porcentaje de la capacidad utilizable de la batería, usualmente se utiliza un valor de 0,5 o 0,8 esto permite prolongar la vida útil de la misma; por último η_{bat} se refiere a la eficiencia de la batería regularmente esta entre el 85 % al 90 %.

$$C_{bat} = \frac{150.42 \text{ Wh}}{12 \text{ V} \times 0.8 \times 0.85}$$

$$C_{bat} = 18.43 \text{ Ah} \approx 18 \text{ Ah}$$

Según el resultado obtenido en la ecuación 12, es necesario utilizar una batería de capacidad no menor a 18 Ah, para cubrir las necesidades del sistema. En este caso se cuenta con una batería de gel de hasta 120 Ah.

4.3.5 Cálculo del controlador de carga

Es necesario que el controlador sea capaz de gestionar la corriente de salida del panel por lo que la ecuación 13 describe los parámetros necesarios para determinar la corriente que debe soportar el controlador.

$$I_{controlador} = \frac{P_{panel}}{V_{bateria}} \text{ (Ecuación 13)}$$

Siendo $I_{controlador}$ la corriente necesaria del controlador dado en A; P_{panel} la potencia del panel solar en vatios (W); y $V_{bateria}$ el voltaje de la batería en voltios (V).

$$I_{controlador} = \frac{100 \text{ W}}{12 \text{ V}}$$

$$I_{controlador} = 8.33 \text{ A}$$

Según la ecuación 13 se necesita un controlador con una corriente mayor a 8.33 A. En este caso se hará uso de un controlador capaz de recibir un amperaje de hasta 20 A.

4.3.6 Cálculo del inversor

Para la selección del inversor se toma en cuenta la potencia que consumen los equipos

$$P_{inv} = \frac{E_{elect}}{\eta_{inv}} \text{ (Ecuación 14)}$$

A continuación, se describe los parámetros a evaluar en la ecuación 14: Siendo P_{inv} la potencia mínima del controlador dado en W; E_{elect} es la potencia de los dispositivos en vatios (W); y η_{inv} es la eficiencia del inversor se da entre los 85% y 90%.

$$P_{inv} = \frac{150.42}{0.9}$$

$$P_{inv} = 167 \text{ W}$$

Por lo tanto, en la ecuación 14 se obtiene la potencia necesaria que debe tener el equipo inversor.

4.3.1 Cálculo del conductor eléctrico del sistema

Los cables o conductores eléctricos son un ente importante a la hora del diseño, debido a que estos son los encargados de dirigir la corriente hacia los puntos de conexión. Para su

dimensionamiento se tiene en cuenta la capacidad de corriente que circulara por su interior y la caída de tensión.

a) Por capacidad de corriente

Para realizar el dimensionamiento del conductor eléctrico de un equipo dentro de una instalación eléctrica se debe tener en cuenta la potencia de todos los equipos, además del voltaje del sistema, sin embargo, no se debe olvidar del factor de reserva que ayuda a que los conductores no trabajen al límite. Por consiguiente, la ecuación 16 nos muestra los parámetros que se requieren para facilitar el cálculo.

$$I_{nominal} = \frac{M_D}{V_{sistema}} \quad (\text{Ecuación 15})$$

donde:

$I_{nominal}$ = corriente nominal = Amperios (A)

M_D = maxima demanda = potencia (W)

$V_{sistema}$ = tension del sistema (V)

b) Cálculos del conductor por tramos

Al aplicar la ecuación 15 en cada uno de los tramos del sistema, se obtiene la corriente nominal correspondiente. Estos valores permiten determinar el calibre adecuado de los conductores eléctricos a emplear. En la Tabla 19 se presentan los valores más comunes del estándar AWG, mostrando la relación entre el calibre del conductor, la corriente soportada y el diámetro, recomendados para cables eléctricos de cobre.

Tabla 19. Relación entre AWG, Corriente y Diámetro.

AWG	Diámetro (mm)	Corriente (A)	Uso típico
18	1.02	10	Cables pequeños, luces LED
16	1.29	13	Instalaciones pequeñas e iluminación
14	1.63	20	Circuitos de tomacorrientes
12	2.05	25	Cargas moderadas, controladores solares
10	2.59	35	Cargas altas, conexión a baterías

8	3.26	50	Conexión entre baterías e inversores
6	4.11	65	Alta corriente y paneles solares grandes
4	5.19	85	Conexiones de inversores potentes
2	6.54	115	Aplicaciones industriales
0	8.25	150	Sistemas de alta corriente
00	9.27	200	Grandes inversores y baterías

Fuente: Autor con base en datos técnicos estándar del sistema AWG.

Según información tomada de la tabla 19 se determina el calibre de cada tramo el detalle se muestra a continuación en la tabla 20

Tabla 20. Conductor por tramos

Sistema		Conductor	
Tramo	Descripción	Corriente (A)	Calibre recomendado
Tramo 1	Panel - Controlador	5.68	12 AWG (o 14 AWG)
Tramo 2	Controlador - Batería	8.33	12 AWG (o 10 AWG)
Tramo 3	Batería – Inversor	83.33	4 AWG (o 2 AWG, 0 AWG)

Fuente: Autor.

Nota: la corriente nominal entre la batería y el inversor es alta debido a la alta potencia del inversor (1000 W) y el bajo voltaje de alimentación (12 V), dicho valor de corriente se debe tomar en cuenta a la hora de elegir el conductor eléctrico adecuado para evitar los picos de corriente o eventos extremos tales como carga de batería rápida o aumento repentino en el consumo de energía.

4.4 MEDICIONES

En este caso, se están observando varias mediciones de voltaje y corriente dentro de un sistema fotovoltaico destinado a cargar una batería y alimentar dispositivos electrónicos,

como un celular y una laptop. A continuación, se realiza un análisis detallado de los datos proporcionados:



Figura 54. Voltaje que entrega el panel solar

Fuente: Autor.

El panel solar que logra generar un voltaje de 22.7 V como el que se observa en la Figura 49, que es típico de los paneles fotovoltaicos más sin embargo, existe una diferencia del voltaje de salida del panel en comparación con el de la batería lo cual indica que el sistema usa un controlador de carga con regulación con el fin de ajustar y adaptar el voltaje al necesario para cargar la batería, lo que implica el uso de un sistema con MPPT (Maximum Power Point Tracking) que optimiza la conversión de energía solar.



Figura 55. Corriente que ingresa del panel al controlador.

Fuente: Autor.

El panel solar que entrega una corriente de 3.5 A para el controlador de carga como lo que se observa en la Figura 50 que indica como el panel es capaz de generar la suficiente corriente que abastecer el proceso de carga de la batería, así como para alimentar dispositivos conectados tales como el celular y la laptop para cuanto sea necesario. No

obstante, se debe considerar como la eficiencia del controlador de carga afecta la cantidad de corriente que realmente llega a la batería.



Figura 56. Corriente que ingresa a la batería

Fuente: Autor.

De la corriente total que se entrega del panel (3.5 A), solo 3.2 A es almacenada en la batería como lo que se observa en la Figura 51 donde esto indica que 0.3 A (la diferencia) se pierde en el proceso de conversión o regulación que es común en los sistemas de carga debido a las pérdidas de eficiencia del controlador de carga junto con la resistencia interna del cableado, así como de otros componentes del sistema. En sistemas más avanzados con controladores MPPT, estas pérdidas suelen ser menores, ya que estos controladores optimizan la conversión y distribución de la energía.



Figura 57. Corriente extraída por el cargador de un celular.

Fuente: Autor.

El cargador del celular logra extraer 1.3 A de la batería como lo que se observa en la Figura 52, donde el sistema está proveyendo energía de forma eficiente para este tipo de dispositivo. En el cual debido a que la batería es cargada con 3.2 A, está claro que existe

suficiente capacidad para alimentar el celular sin comprometer la carga de la batería lo que se debe mencionar es que la corriente de 1.3 A es baja en comparación con la capacidad total del sistema por lo que se sugiere que el cargador de celular está utilizando una cantidad moderada de energía.



Figura 58. Corriente extraída por el cargador de una laptop

Por otra parte, el cargador de la laptop está extrayendo 2.1 A de la batería como se ve en la Figura 53. Dado que la corriente total de carga de la batería es 3.2 A, y el cargador del celular consume 1.3 A, el cargador de la laptop consume el resto de la corriente disponible, es decir, 2.1 A. Este consumo es mayor que el del celular, lo cual es esperado, ya que las laptops requieren más energía para funcionar que los celulares. En este caso, la batería está siendo descargada a un ritmo relativamente rápido para alimentar ambos dispositivos.

Es necesario tener en cuenta como el sistema está funcionando bajo un régimen de carga y descarga simultáneo en el que el panel solar entrega una corriente de 3.5 A, de donde los 3.2 A se dirigen a la batería mientras que el resto se distribuye a los dispositivos. Lo que evidencia que el sistema funciona en una situación de equilibrio en cuanto a la generación y consumo de energía por lo cual la energía que ingresa al sistema solar es casi igual a la que se extrae, por lo que la batería podría mantenerse relativamente estable en términos de carga, siempre que las condiciones de luz solar sean adecuadas.

El sistema está funcionando con una eficiencia razonable, ya que la mayoría de la energía generada por el panel solar se está utilizando para cargar la batería y alimentar los dispositivos. Sin embargo, se pierde un 8.6% de la corriente (0.3 A de 3.5 A) debido a la eficiencia del controlador de carga y otros componentes. De igual forma el sistema tiene

suficiente capacidad para alimentar un celular y una laptop al mismo tiempo, sin que la batería se descargue completamente, siempre y cuando las condiciones solares sean óptimas.

El consumo total de corriente por parte de los dispositivos como el celular (1.3 A) y de la laptop (2.1 A) es 3.4 A, lo que está muy cerca de que la corriente ingresada a la batería (3.2 A) donde si el panel solar no llega a generar suficiente energía para cubrir el consumo y la carga de la batería, la batería se descargara en ausencia de sol o en condiciones de baja radiación. Mientras que con el uso del sistema con seguimiento solar que ajusta el ángulo de inclinación del panel se podrá mejorar aún más la eficiencia del sistema al aumentar la cantidad de energía capturada, lo cual resulta beneficioso para asegurar la disponibilidad continua de energía para los dispositivos.

4.4.1 Voltaje

Tabla 21. Voltaje del panel fijo

Hora	Voltaje Panel[V]
7:30	19.26
8:00	18.44
8:30	20.80
9:00	21.10
9:30	22.00
10:00	22.00
10:30	22.30
11:00	22.60
11:30	22.40
12:00	22.50
12:30	22.00
13:00	22.30
13:30	21.70
14:00	21.70
14:30	21.60
15:00	21.30
15:30	21.70
16:00	19.60
16:30	19.70
17:00	19.30
17:30	16.20
18:00	13.40

Fuente: Autor.

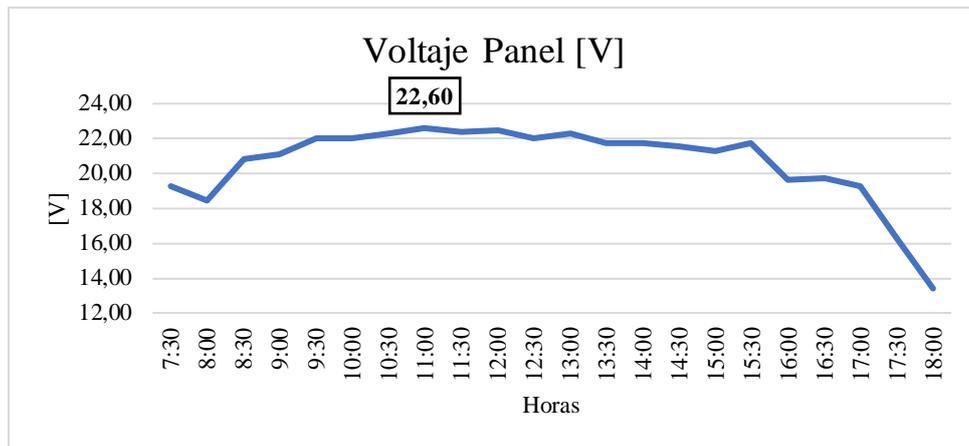


Figura 59. Voltaje del panel fijo.

Fuente: Autor.

La Figura 49 junto con la Tabla 25 presentada muestra que la evolución del voltaje a lo largo del día en un panel solar fijo, refleja un patrón característico propio de los sistemas fotovoltaicos en el cual se observa un aumento gradual del voltaje que empieza desde las primeras horas de la mañana hasta cuando alcanza su máximo alrededor del mediodía, seguido de una disminución progresiva a medida que se acerca el atardecer.

Este comportamiento se debe a la variación en la radiación solar incidente el pico de voltaje alrededor del mediodía corresponde al momento en que la radiación solar es máxima, lo que aumenta la cantidad de electrones libres en las células solares y, por lo tanto, el voltaje. La disminución en el voltaje antes y después del mediodía está asociada con la reducción de la intensidad de la radiación solar conforme el sol se aleja del cenit.

La forma suave de la curva indica que las condiciones climáticas fueron estables durante la medición, sin nubes ni sombras que afectaran la generación de energía. En conclusión, los resultados de la gráfica son consistentes con los principios básicos de la energía solar fotovoltaica, mostrando un comportamiento típico del voltaje en un panel solar fijo.

Tabla 22. Voltaje del panel con seguidor

Hora	Voltaje Panel [V]
7:30	20.10
8:00	20.50
8:30	21.40
9:00	23.20
9:30	22.20
10:00	20.50
10:30	21.70
11:00	22.70

11:30	22.90
12:00	23.10
12:30	23.10
13:00	22.90
13:30	22.10
14:00	22.30
14:30	21.80
15:00	21.20
15:30	21.00
16:00	19.90
16:30	19.70
17:00	19.30
17:30	16.20
18:00	13.40

Fuente: Autor.

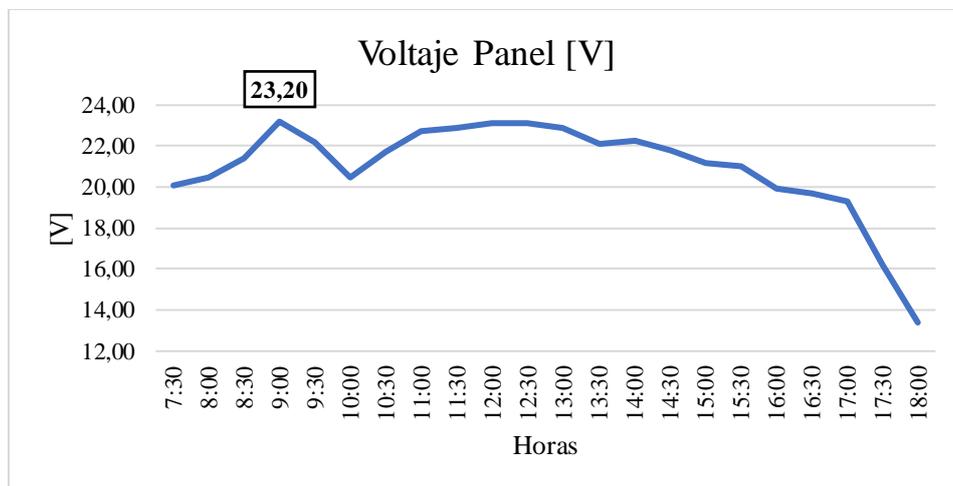


Figura 60. Voltaje del panel con seguidor

Fuente: Autor.

La Figura 50 junto con la Tabla 26 evidencia la evolución del voltaje a durante un día de un panel solar con sistema de seguimiento, que presenta un patrón algo similar al de un panel fijo, donde se da con un aumento gradual del voltaje, pero sin embargo, se resaltan algunas particularidades que son propias del sistema de seguimiento como lo es que el panel con seguidor alcanza un pico de voltaje más alto y sostenido, superando ligeramente al de un panel fijo, así como el que se mantiene ese voltaje durante un período más prolongado.

Esto se debe a que el sistema de seguimiento logra ajustar continuamente la orientación del panel con el fin de maximizar la captación de radiación solar e incluso a medida que el sol se desplaza a lo largo del cielo. En este contexto, el panel con seguidor muestra una

menor disminución en las horas de menor insolación, como en la mañana y la tarde, que es cuando la incidencia de los rayos solares es más oblicua y gracias al sistema de seguimiento, el panel se orienta de manera óptima para compensar la disminución de la irradiación solar directa.

Por otra parte, en cuanto a la forma de la curva, se identifica una pendiente más suave en los tramos ascendente y descendente en comparación con un panel fijo, ya que debido a la acción continua del sistema de seguimiento, se reduce las variaciones en el voltaje provocadas por el movimiento del sol donde en conclusión, la gráfica pone en resalte las ventajas del sistema de seguimiento solar, como el aumento en la generación de energía y la mejora en la eficiencia del sistema fotovoltaico que se alcanza al optimizar la orientación del panel a lo largo del día.

Tabla 23. Comparativa de voltajes

Voltaje Paneles [V]		
Hora	Panel fijo	Panel con seguidor
7:30	19.26	20.10
8:00	18.44	20.50
8:30	20.80	21.40
9:00	21.10	23.20
9:30	22.00	22.20
10:00	22.00	20.50
10:30	22.30	21.70
11:00	22.60	22.70
11:30	22.40	22.90
12:00	22.50	23.10
12:30	22.00	23.10
13:00	22.30	22.90
13:30	21.70	22.10
14:00	21.70	22.30
14:30	21.60	21.80
15:00	21.30	21.20
15:30	21.70	21.00
16:00	19.60	19.90
16:30	19.70	19.70
17:00	19.30	19.30
17:30	16.20	16.20
18:00	13.40	13.40

Fuente: Autor.

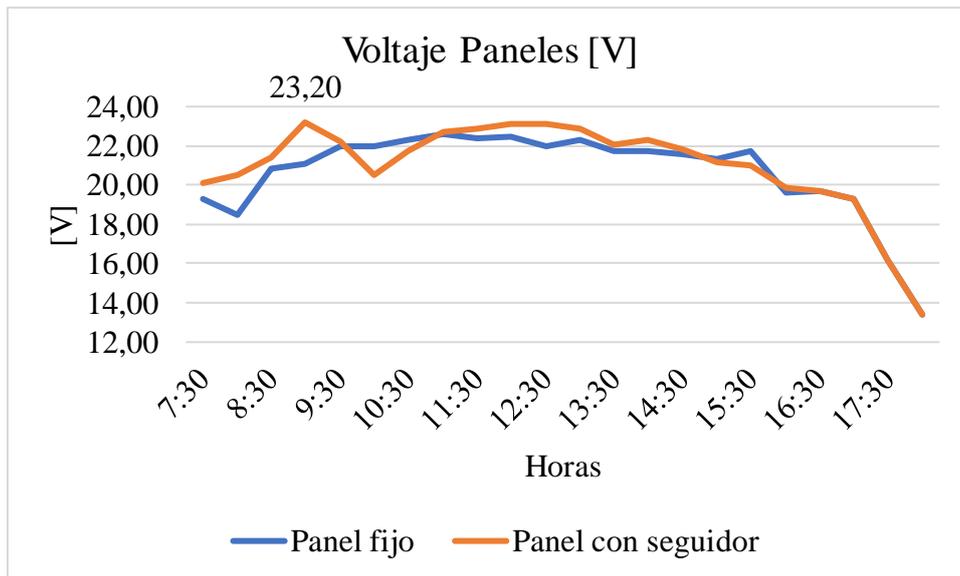


Figura 61. Comparativa del voltaje entre el panel fijo y el panel con el seguidor

Fuente: Autor.

La Figura 51 junto con la Tabla 27 presenta la comparación entre el voltaje generado a lo largo de un día por un panel solar fijo versus un panel solar que posee un sistema de seguimiento donde se observa el aumento gradual del voltaje que empieza desde la mañana hasta alcanzar un máximo cerca del mediodía, el cuál es seguido por una disminución al atardecer.

Se observan algunas diferencias entre estas dos curvas donde el panel con seguidor logra generar un mayor voltaje a lo largo de casi todo el día, desatacando más especialmente cerca del mediodía, donde esta diferencia es más pronunciada. Además, el panel que posee el seguidor no solo alcanza un pico de voltaje más alto, sino que logra mantenerlo durante un período más largo, lo que muestra que el sistema de seguimiento está optimizando continuamente la orientación del panel para captar la mayor cantidad de radiación solar.

En las horas de menor insolación, como la mañana y la tarde, cuando la incidencia de los rayos solares es más oblicua, el panel con seguidor muestra una menor disminución del voltaje en comparación con el panel fijo, gracias a la capacidad del sistema de seguimiento de orientar el panel hacia la posición óptima. Por otro lado, el panel fijo presenta mayor variabilidad en el voltaje durante el día, especialmente en las horas intermedias, debido a la influencia de factores externos como nubes, sombras o cambios en la temperatura, que afectan la radiación solar incidente.

En cuanto al uso de un sistema de seguimiento solar este ofrece varios beneficios como primero, permite una mayor producción de energía, ya que optimiza la captación de radiación solar durante todo el día, lo que se traduce en una mayor eficiencia del sistema fotovoltaico. Adicionalmente este proporciona una mayor estabilidad en la producción de energía, pues reduce las fluctuaciones en la generación de electricidad, que es beneficioso para aplicaciones que requieren una fuente de alimentación más constante.

4.4.2 Corriente

Tabla 24. Corriente del panel fijo

Hora	Corriente [A]
7:30	0.30
8:00	0.20
8:30	0.80
9:00	0.90
9:30	1.00
10:00	1.20
10:30	1.20
11:00	1.40
11:30	1.50
12:00	1.90
12:30	1.20
13:00	2.20
13:30	1.60
14:00	0.90
14:30	0.70
15:00	0.60
15:30	0.50
16:00	0.40
16:30	0.30
17:00	0.20
17:30	0.10
18:00	0.10

Fuente: Autor.

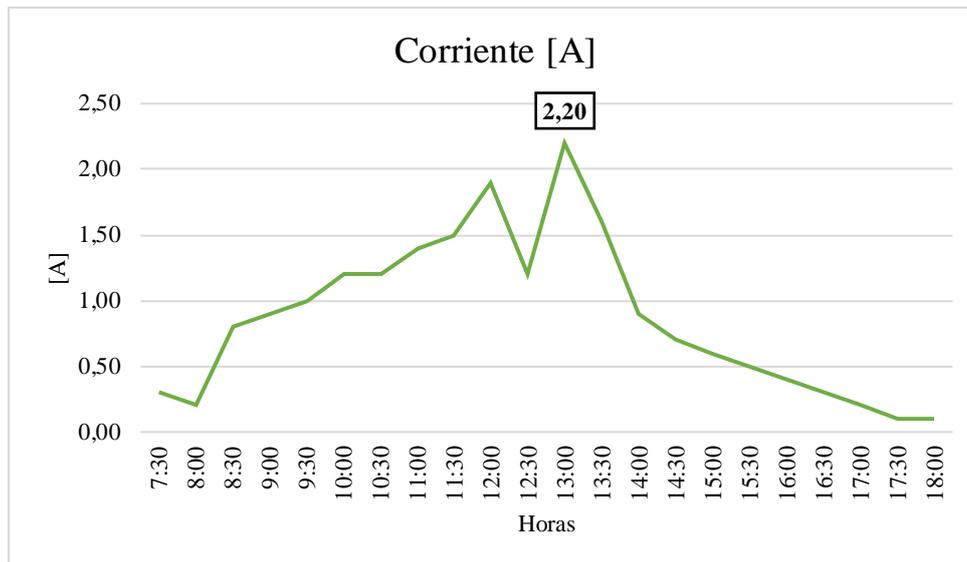


Figura 62. Corriente del panel fijo

Fuente: Autor.

La Figura 52 junto con la Tabla 28 muestra la evolución de la corriente eléctrica que es generada por un panel solar fijo durante un día, que evidencia un patrón con un aumento gradual de la corriente que dura hasta alcanzar un máximo cerca del mediodía, al cual posteriormente le sigue una disminución en el atardecer.

Esta gráfica revela algunas que existe variaciones interesantes respecto al comportamiento típico pues en lugar de tener una curva suave, como se esperaría, se logra observar varios picos de corriente a lo largo del día que sugieren la presencia de factores externos los cuales afectan la generación de corriente, como cambios bruscos en la irradiación solar, probablemente debido a nubes o sombras que interrumpen la captación de energía.

Posteriormente tras el pico máximo de corriente, se da una caída abrupta, que indica el paso de una nube densa la cuál bloquea casi por completo la radiación solar pero sin embargo, la caída se ve seguida de una recuperación gradual, que sugiere como estas condiciones climáticas mejoraron por lo que la radiación solar volvió a aumentar, permitiendo que el panel recupere la producción de corriente.

La variabilidad en la curva refleja cómo estos factores climáticos, como son la nubosidad, el sombreado o los cambios en la irradiación solar llegan a influir en el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos, que afecta el voltaje y la corriente que se genera a lo largo del día.

Tabla 25. Corriente del panel con seguidor

Hora	Corriente [A]
7:30	0.30
8:00	0.50
8:30	0.60
9:00	2.20
9:30	1.20
10:00	1.00
10:30	0.90
11:00	1.30
11:30	2.30
12:00	3.90
12:30	3.90
13:00	2.10
13:30	1.70
14:00	1.50
14:30	1.40
15:00	1.30
15:30	1.10
16:00	0.60
16:30	0.30
17:00	0.20
17:30	0.10
18:00	0.10

Fuente: Autor.

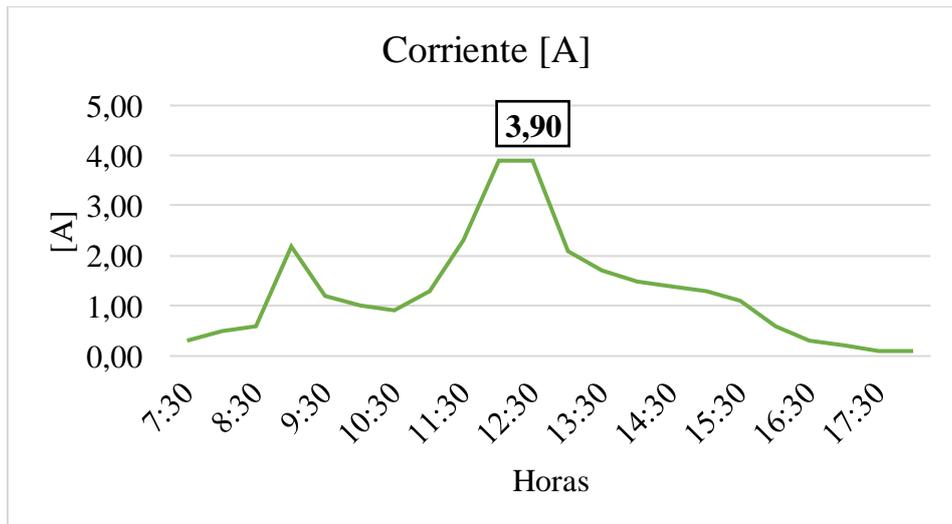


Figura 63. Corriente del panel con el seguidor

Fuente: Autor.

La Figura 53 y Tabla 29 muestra la evolución de la corriente eléctrica generada por un panel solar con sistema de seguimiento a lo largo de un día, donde la corriente aumenta gradualmente desde las primeras horas de la mañana, alcanza un máximo alrededor del

mediodía y luego disminuye progresivamente hasta el atardecer en la que debido a la presencia del sistema de seguimiento, se ajusta la orientación del panel en función del movimiento del sol y se aprecian algunas particularidades en la curva de corriente que la diferencian de la de un panel fijo.

El panel con seguidor alcanza un pico de corriente más alto y sostenido que llega a un punto máximo alrededor del mediodía el cual se mantiene durante un período más alargado donde la razón de esto radica en que el sistema de seguimiento permite que se ajuste continuamente la orientación del panel, mientras el sol se desplaza por el cielo. Como resultado, el panel con seguidor es capaz de generar más corriente y mantener este nivel más alto durante un período de tiempo más largo que el panel fijo.

Además, en las horas de la mañana y la tarde, cuando la incidencia de los rayos solares es más oblicua, el panel con seguidor muestra una menor disminución en la corriente lo cual se debe a que el sistema de seguimiento orienta el panel hacia la posición óptima del sol, lo que compensa la disminución de la irradiación solar directa durante esas horas.

Las fluctuaciones en la corriente son menores donde esto indica que existe una mayor estabilidad en la generación de energía en la que este comportamiento es una consecuencia de la acción continua del sistema de seguimiento, en el que se ajusta la orientación del panel en tiempo real, lo que minimiza el impacto de cambios bruscos en la irradiación solar debido a factores como la nubosidad o la variabilidad del clima. En conjunto, estas características resaltan la mayor eficiencia y estabilidad del sistema de seguimiento en comparación con un panel solar fijo.

Tabla 26. Comparativa de corrientes

Corriente [A]		
Hora	Panel fijo	Panel con seguidor
7:30	0.30	0.30
8:00	0.20	0.50
8:30	0.80	0.60
9:00	0.90	2.20
9:30	1.00	1.20
10:00	1.20	1.00
10:30	1.20	0.90
11:00	1.40	1.30
11:30	1.50	2.30
12:00	1.90	3.90
12:30	1.20	3.90
13:00	2.20	2.10

13:30	1.60	1.70
14:00	0.90	1.50
14:30	0.70	1.40
15:00	0.60	1.30
15:30	0.50	1.10
16:00	0.40	0.60
16:30	0.30	0.30
17:00	0.20	0.20
17:30	0.10	0.10
18:00	0.10	0.10

Fuente: Autor.

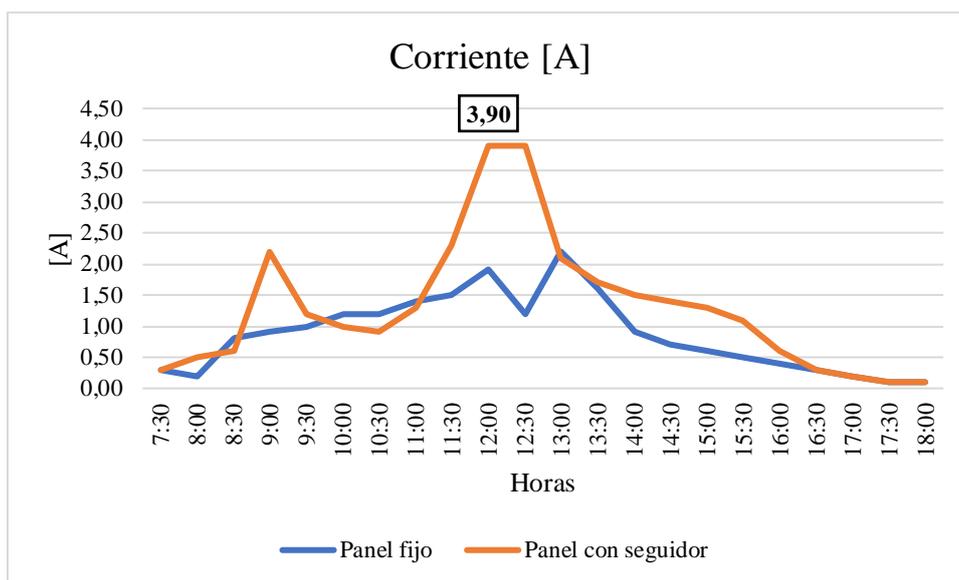


Figura 64. Comparativa de la corriente entre el panel fijo y el panel con el seguidor

Fuente: Autor.

La Figura 54 junto a la Tabla 30 muestra una comparación existente de la corriente generada por el panel solar fijo y otro con el sistema de seguimiento en donde ambas curvas trazan el patrón característico de los sistemas fotovoltaicos. Pero se observan diferencias entre ambas curvas lo cual llega a ser atribuidas a la presencia del sistema de seguimiento en uno de los paneles.

En este contexto, el panel con seguidor alcanza a generar una mayor corriente en casi todo el día a comparación con el panel fijo que es especialmente notable durante las horas cercanas al mediodía, donde el panel con el seguidor llega a un pico de corriente más alto el cuál ocurre cuando el sistema de seguimiento ajusta continuamente la orientación del panel con el fin de maximizar la captación de la radiación solar, lo que permite que el panel genere más corriente que el panel fijo, que no se adapta al movimiento del sol.

Además, el panel con seguidor no solo alcanza un pico de corriente más alto, sino que también mantiene este valor durante un período más prolongado. Esta prolongación del pico de corriente es un indicativo de que el sistema de seguimiento optimiza la orientación del panel de forma continua durante el día, lo cual maximiza de esta forma la captación de radiación solar en todo momento, incluso cuando el sol se desplaza en el cielo.

Finalmente, la curva de corriente del panel con seguidor muestra mayor estabilidad en comparación con el panel fijo pues la variabilidad en la corriente es más baja en el panel con seguidor, lo que indica una producción más constante y eficiente a lo largo del día.

4.4.3 Potencia

Tabla 27. Potencia del panel fijo

Hora	Potencia Extraída del módulo fotovoltaico [W]
7:30	5.78
8:00	3.68
8:30	16.64
9:00	18.99
9:30	22.00
10:00	26.40
10:30	26.76
11:00	31.64
11:30	33.60
12:00	42.75
12:30	26.40
13:00	49.06
13:30	34.72
14:00	19.53
14:30	15.12
15:00	12.78
15:30	10.85
16:00	7.84
16:30	5.91
17:00	3.86
17:30	1.62
18:00	1.34

Fuente: Autor.

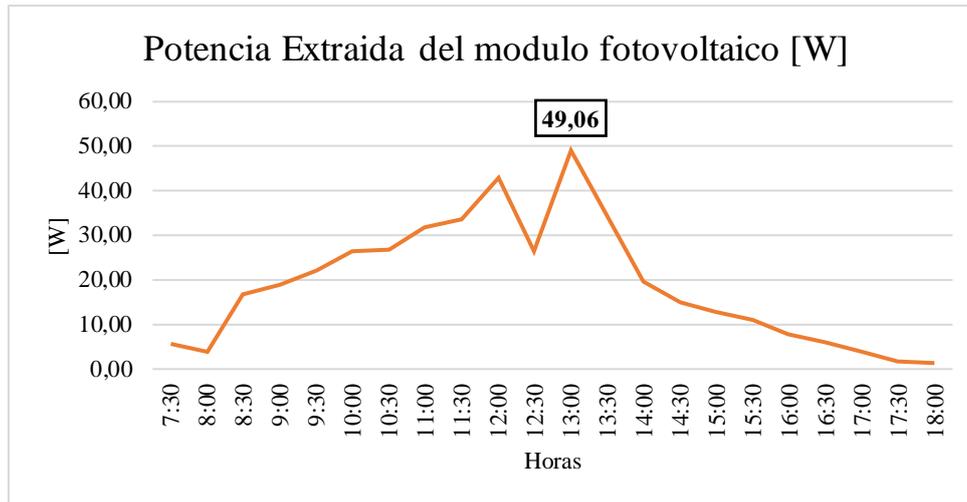


Figura 65. Potencia del panel fijo

Fuente: Autor.

La Figura 55 junto con la Tabla 31 ilustra la evolución de la potencia extraída que se obtuvo del módulo fotovoltaico fijo durante el día, que muestra en el eje horizontal (x) el tiempo en horas y en el eje vertical (y) la potencia medida en vatios (W). En el inicio del día, se observa un aumento rápido de la potencia, ya que el sol empieza a incidir sobre el panel, generando una mayor corriente eléctrica mientras alrededor del mediodía, la potencia alcanza el pico máximo, debido a que la radiación solar es más intensa y el ángulo de incidencia de los rayos solares sobre el panel es óptimo.

Subsiguientemente, esta potencia llega a disminuir gradualmente pues a medida que la intensidad de la radiación solar disminuye con el desplazamiento del sol hacia el horizonte la cual llega a cero al final del día, cuando esta radiación solar ya no es suficiente para generar electricidad donde este comportamiento típico del panel solar fijo, con eficiencia depende de factores como la orientación del panel, la latitud del lugar, la época del año y las condiciones climáticas, mientras que la potencia generada por el panel está influenciada por factores externos, como la presencia de nubes, niebla o sombras, que llega a reducir la producción de energía.

El aspecto limitante del panel solar fijo es la orientación estática que se traduce en no seguir el movimiento del sol, lo cual reduce su eficiencia. En resumen la gráfica refleja la relación directa que existe entre la radiación solar con la generación de energía eléctrica en un panel fotovoltaico.

Tabla 28. Potencia del panel con seguidor

Hora	Potencia Extraída del módulo fotovoltaico [W]
7:30	6.03
8:00	10.25
8:30	12.84
9:00	51.04
9:30	26.64
10:00	20.50
10:30	19.53
11:00	29.51
11:30	52.67
12:00	90.09
12:30	90.09
13:00	48.09
13:30	37.57
14:00	33.45
14:30	30.52
15:00	27.56
15:30	23.10
16:00	11.94
16:30	5.91
17:00	3.86
17:30	1.62
18:00	1.34

Fuente: Autor.

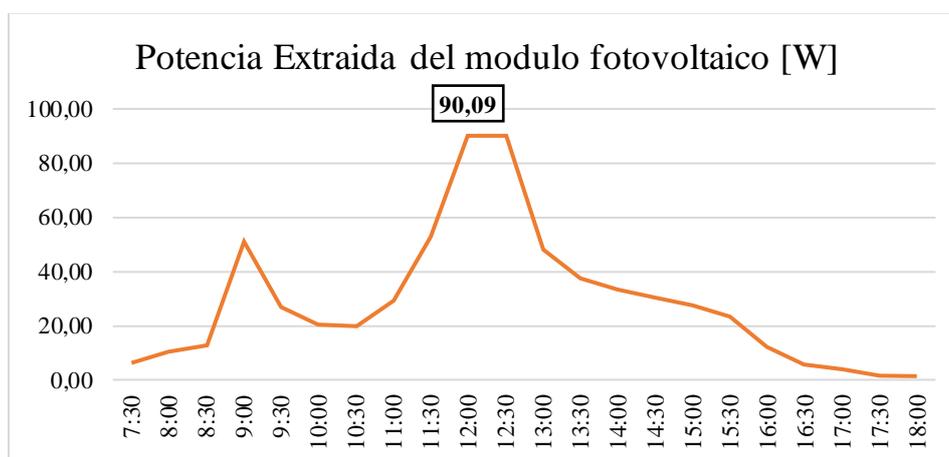


Figura 66. Potencia del panel con seguidor

Fuente: Autor.

La Figura 56 junto Tabla 32 muestra la evolución de la potencia generada por el módulo fotovoltaico que está equipado con un sistema de seguimiento solar durante el día. En el que al igual que en el panel solar fijo, la potencia aumenta rápidamente al inicio del día

por el incremento de la radiación solar. Mientras se destaca que en los sistemas con seguimiento solar, la potencia presenta un comportamiento diferente a lo largo del día, particularmente en los momentos de máxima radiación.

El pico de potencia que se observa alrededor del mediodía, es aproximadamente a las 12:00 donde el pico es más pronunciado y se sostiene en comparación con los paneles fijos, ya que el sistema de seguimiento continuamente ajusta el ángulo del panel para optimizar la captación de los rayos solares, que permite asegurar que el panel esté siempre orientado hacia el sol. Después de alcanzar el pico máximo, la potencia disminuye gradualmente, lo que sigue una tendencia similar a la de un panel fijo, ya que la radiación solar comienza a disminuir conforme el sol se desplaza hacia el horizonte.

La curva de esta potencia del panel con seguidor solar presenta un pico más alto y una disminución más gradual, lo cual se debe a que el seguimiento continuo del sol que permite que el panel llegue a estar siempre orientado de manera óptima, para maximizar así la captación de energía. Además, aunque la radiación solar es el factor determinante en la producción de energía, los sistemas de seguimiento reducen el impacto de otros factores externos, como la orientación estática del panel o las sombras, lo que se traduce en una mayor eficiencia energética en general.

Tabla 29. Comparativa de corrientes

Potencia Extraída del módulo fotovoltaico [W]		
Hora	Panel fijo	Panel con seguidor
7:30	5.78	6.03
8:00	3.68	10.25
8:30	16.64	12.84
9:00	18.99	51.04
9:30	22.00	26.64
10:00	26.40	20.50
10:30	26.76	19.53
11:00	31.64	29.51
11:30	33.60	52.67
12:00	42.75	90.09
12:30	26.40	90.09
13:00	49.06	48.09
13:30	34.72	37.57
14:00	19.53	33.45
14:30	15.12	30.52
15:00	12.78	27.56
15:30	10.85	23.10
16:00	7.84	11.94

16:30	5.91	5.91
17:00	3.86	3.86
17:30	1.62	1.62
18:00	1.34	1.34

Fuente: Autor.

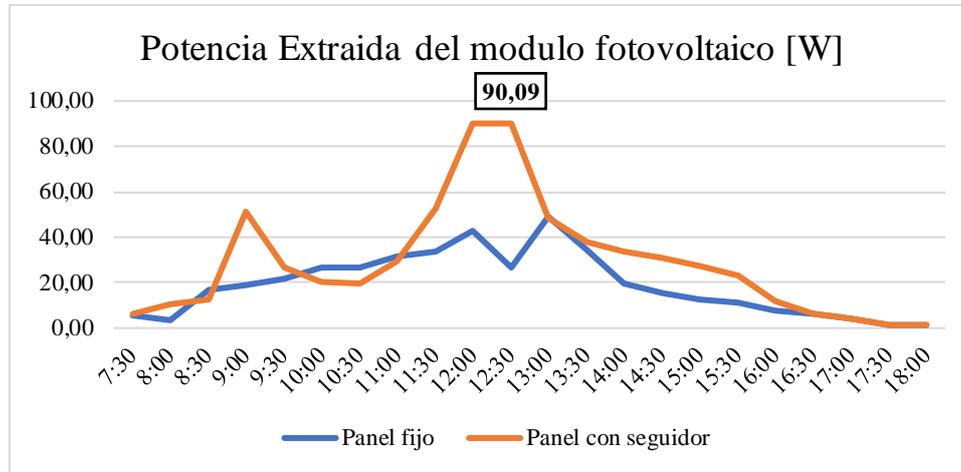


Figura 67. Comparativa de la potencia entre el panel fijo y el panel con el seguidor

Fuente: Autor.

La Figura 57 junto a la Tabla 33 que se presenta compara la potencia que se genera a lo largo de un día por el panel solar fijo y otro equipado con el sistema de seguimiento solar en el que ambas curvas representan de la potencia extraída del módulo fotovoltaico, que es medido en vatios (W) durante las diferentes horas del día. Muestra que ambas curvas siguen un patrón similar de un aumento inicial de la potencia al amanecer, un pico máximo alrededor del mediodía y una disminución gradual hasta el atardecer.

Por otra parte, se observan diferencias notables en los valores de la potencia entre ambos sistemas donde el panel con sistema de seguimiento alcanza un pico de potencia más alto y sostenido en comparación con el panel fijo lo que sugiere que el sistema de seguimiento está optimizando constantemente la orientación del panel para captar la mayor cantidad de luz solar posible, y así mantener una eficiencia superior a lo largo del día. Después del pico máximo, ambas curvas muestran una disminución gradual de la potencia, pero el panel con seguidor mantiene niveles de potencia más altos durante un período más prolongado, lo que resalta su mayor capacidad para aprovechar la radiación solar.

La interpretación de estos resultados refuerza la ventaja de los sistemas de seguimiento solar, que ajustan continuamente el ángulo de incidencia de los rayos solares para maximizar la producción de energía que se traduce en una mayor eficiencia energética, resultando en una mayor generación de electricidad y, por ende, en un mayor ahorro a

largo plazo. Además, aunque ambos sistemas se ven afectados por factores externos como las condiciones climáticas (nubes, lluvia) y la hora del día, el sistema de seguimiento ayuda a mitigar en cierta medida el impacto de estos factores, optimizando la captación de energía incluso en condiciones subóptimas.

4.5 ANÁLISIS DE CARGA DE LOS DISPOSITIVOS ELECTRÓNICOS

Los tiempos de carga junto con la potencia de consumo de los dispositivos electrónicos varían dependiendo de factores donde uno de los factores más importantes es la capacidad de la batería, el cual se mide en miliamperios-hora (mAh) donde esta capacidad determina la cantidad de energía que la batería almacena, lo que influye directamente en el tiempo de uso y de carga del dispositivo que destaca que a mayor capacidad, mayor será el tiempo necesario para cargar completamente la batería.

Otro factor relevante es la potencia del cargador, medida en vatios (W), ya que la potencia del cargador influye directamente en la velocidad de carga pues cargadores de mayor potencia pueden cargar la batería más rápidamente, siempre que el dispositivo sea compatible con la potencia proporcionada. Un cargador con baja potencia, por otro lado, podría aumentar significativamente el tiempo de carga, incluso si el dispositivo tiene una batería de gran capacidad como lo indica la Tabla 29.

El estado de la batería cumple un rol importante en el tiempo de carga, ya que con el paso del tiempo, las baterías tienden a degradarse, lo que hace que se carguen más lentamente y, en algunos casos, que no mantengan una carga completa donde las baterías envejecidas o dañadas reducen la eficiencia del proceso de carga, así como afectan a la autonomía del dispositivo.

Tabla 30. Carga de dispositivos electrónicos

Dispositivo	Capacidad de la batería	Potencia de carga	Tiempo de carga aproximado
TELÉFONO	3000-5000 mAh	10-20 W	1-3 horas
TABLET	7000-10000 mAh	15-30 W	2-4 horas
LAPTOP	45-90 Wh	45-65 W	2-4 horas

Fuente: Autor.

CONCLUSIONES

Se alcanzó a identificar detalladamente los parámetros de carga adecuados (tensión y corriente) para dispositivos portátiles comunes como teléfonos móviles y tablets. Esto garantiza que el sistema fotovoltaico sea compatible con una amplia variedad de dispositivos, proporcionando una carga eficiente y segura. La investigación confirma que los paneles solares seleccionados cumplen con los requisitos de alimentación, asegurando un diseño adecuado y adaptable.

El estudio de los componentes como paneles solares, baterías, controladores de carga y sensores solares, permitió seleccionar aquellos más adecuados para maximizar la eficiencia del sistema donde el panel fijo alcanzó una potencia máxima de 49.6 W y corriente máxima de 2.2 A que es funcional; sin embargo, el uso de un panel con sistema de seguimiento del ángulo de inclinación, demostró lograr una potencia máxima de 90.09 W y corriente de 3.9 A, lo que ofrece un incremento significativo en la captación de energía solar, mejorando el rendimiento del sistema lo cual asegura la viabilidad técnica y funcional del proyecto.

La implementación del sistema de control basado en el actuadores lineal resultó ser exitosa ya que este sistema permite un ajuste dinámico del ángulo de los paneles solares, lo que maximiza la captación de la energía solar durante día que comparado con un panel fijo, el sistema con seguidor solar incrementa notablemente la eficiencia, donde casi se duplica la potencia generada de 49.6 W a 90.09 W y aumenta la corriente disponible para la carga de dispositivos de 2.2 A a 3.9 A que demuestra poder ser una carga constante y confiable para los dispositivos portátiles.

La elaboración de informes técnicos, diagramas de diseño y especificaciones del sistema permitió consolidar los conocimientos adquiridos durante el proyecto en la que esta documentación es esencial no solo para la replicación del sistema en futuras implementaciones, sino también para compartir resultados con la comunidad académica y profesional, contribuyendo al avance de proyectos de energías renovables aplicados a soluciones prácticas.

El proyecto alcanzó sus objetivos al demostrar que es posible diseñar e implementar un alimentador fotovoltaico inteligente que optimice la captación de energía solar mediante un sistema con seguidor del ángulo de inclinación. La comparación de rendimiento entre paneles fijos y con seguidor confirma que este último es la mejor opción en términos de

generación de energía y eficiencia donde este enfoque innovador, implementado en zonas verdes de la UPSE, ofrece una solución viable y sostenible para la comunidad universitaria, destacando su potencial para ser replicado en otros entornos.

RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar el análisis detallado de los requisitos de carga de las diferentes marcas y modelos de dispositivos que se pueden cargar con el fin de determinar los rangos de tensión y corriente más comunes a fin de establecer un sistema de carga universal y adaptable.

Es importante estudiar no solo la capacidad de carga en términos de voltaje y corriente, sino también la eficiencia de conversión energética entre el panel solar y los dispositivos. Esto ayudará a minimizar pérdidas de energía, aumentando la efectividad del sistema.

Es recomendable elegir paneles solares de alta eficiencia y baterías con una larga vida útil así como buenas características de carga y descarga para asegurar de que los paneles sean capaces de generar suficiente potencia durante las horas pico de radiación solar, y que las baterías puedan almacenen energía de manera efectiva para la carga en horarios de baja radiación o durante la noche.

Para el sistema de seguimiento solar, se recomienda utilizar motores de alta precisión que permitan un ajuste suave y preciso del ángulo de inclinación de los paneles solares en el que el sistema llegue a resistir a las condiciones meteorológicas y brinde un funcionamiento durante todo el año, especialmente en zonas verdes expuestas a la intemperie.

Se recomienda el uso de algoritmos como el de "punto de máxima potencia" (MPPT, por sus siglas en inglés), que permiten al sistema adaptarse a las variaciones de luz y responder siempre a la mejor captación posible de energía solar.

Se sugiere el acompañar los informes con un análisis detallado del rendimiento del sistema, evaluando su eficiencia energética, tiempo de carga de los dispositivos, autonomía de las baterías y su comportamiento en diferentes condiciones ambientales (nublado, lluvia, etc.).

BIBLIOGRAFÍA

- [1] «Cuando se descubrió la energía solar?», 26 Agosto 2021. [En línea]. Available: <https://cortocualquierconsejo.com.mx/cuando-se-descubrio-la-energia-solar/>.
- [2] Anónimo, «UTPL contribuye a la Red Eléctrica del Ecuador con energía limpia,» Edu.ec, 07 Abril 2022. [En línea]. Available: <https://noticias.utpl.edu.ec/utpl-contribuye-a-la-red-electrica-del-ecuador-con-energia-limpia>.
- [3] La Hora, «La inversión en energía fotovoltaica se cuadruplicará en Ecuador hasta 2023,» 12 10 2021.
- [4] V. Lorenzo, *Implementación de un sistema fotovoltaico en un vehículo eléctrico para la carga de batería*, Santiago de Chile, 2009.
- [5] S. Rocabado, J. Díaz y C. Cadena, *Uso de dispositivos móviles en zonas rurales aisladas*.
- [6] G. Suárez y S. Valverde, *Implementación de un sistema inteligente para invernadero de cultivos de hortalizas utilizando tecnología IoT y energía solar*, Santa Elena, Santa Elena, 2023.
- [7] Areatecnología, «INCLINACIÓN, ORIENTACIÓN Y SOMBRAS,» *areatecnologia.com*, 2023.
- [8] helioesfera, «Naturaleza de la radiación solar,» *helioesfera*, 2019.
- [9] G. Arencibia-Carballo, «La importancia del uso de paneles solares en la generación de energía eléctrica,» *REDVET. Revista Electrónica de Veterinaria*, pp. 1-4, 2016.
- [10] Jiaxing Winbright New Energy Co., Ltd, «YB125M72-200W,» *enfsolar.*, 2024.
- [11] indiamart, «Roof Mount Poly Crystalline Solar Panel,» *IndiaMART*, 2024.
- [12] solarelectricsupply, «Shell ST20,» *solarelectricsupply*, 2024.
- [13] J. S. Parrado Gutiérrez y J. H. Sanguino Peña, «Regulador de carga para baterías en una instalación fotovoltaica,» Repositorioinstitucional.mx, Diciembre 2021. [En línea]. Available: <https://cimav.repositorioinstitucional.mx/jspui/bitstream/1004/825/2/Eduardo%20C3%A1valos%20de%20le%20C3%B3n%20MER.pdf>.
- [14] C. A. Lucero Barahona y I. E. Merchán Chiriboga, «Desarrollo de un prototipo de cargador de baterías fotovoltaico con MPPT,» septiembre 2020. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/19114>.
- [15] N. Vidal Carbonell, «Instalación fotovoltaica en vivienda aislada conectada a red con batería de litio,» Universitat Politècnica de València, 21 Octubre 2021. [En línea].

- [16] istockphoto, «Batería de coche,» *istockphoto*, 2023.
- [17] bateriasyamperios, «Baterías Carretillas Eléctricas,» *bateriasyamperios*, 2023.
- [18] akuval, «Baterías Pb ácido SOPzS Sunlight,» *akuval*, 2023.
- [19] moviltronics, «Batería Gel 12v 58ah Ciclo Profundo, Vehículos Electricos Evf,» *moviltronics*, 2024.
- [20] shutterstock, «battery-high-voltage,» *shutterstock*, 2023.
- [21] mpptsolar, «Cómo Conectar las Baterías en Serie y en Paralelo,» *mpptsolar*, 2024.
- [22] J. C. García Tapia, A. I. Mazacon Baño y J. L. Parrales Santistevan, «Automatización del proceso de empastado de las rejillas para la fabricación de baterías de plomo acido,» 2006. [En línea]. Available: <http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/3244>.
- [23] H. Víctor, C. Alberto y C.-C. Com, «DISEÑO DE INVERSORES FOTOVOLTAICOS CON TRANSFORMADORES DE BAJO COSTO,» *Perusolar.org*, 22 Noviembre 2019. [En línea]. Available: <https://www.perusolar.org/wp-content/uploads/2020/06/Serrano-V.pdf>.
- [24] istockphoto, «Inversor De Corriente,» *istockphoto*, 2023.
- [25] D. H. Lasluisa Morocho y C. D. Tobar Jami, «Sistema fotovoltaico para suministro de energía eléctrica en vivienda aislada,» febrero 2019. [En línea]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/5588>.
- [26] M. E. Merino Chumacero, S. T. Reyes Talledo, L. M. Rojas López, E. G. Salgado Chigne y E. C. Torres Vilcherrez, «Diseño e implementación de un módulo de carga para celulares por medio de paneles solares en la Universidad de Piura,» 26 febrero 2018. [En línea]. Available: <https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/3219>.
- [27] D. F. R. G. J. F. & B. S. J. J. Gordo Beltrán, «Diseño de un sistema eléctrico mediante paneles solares, para mejorar el servicio, entregado a las unidades habitacionales en el municipio de Unguía departamento del chocó,» *Universitaria Minuto de Dios*, 2021.
- [28] Amerisolar, «AS 6M 30 305W,» *Worldwide energy and Manufacturing USA Co., Ltd.*, vol. 1, 2021.
- [29] D. F. E. G. M. V. T. T. J. C. R. M. A. S. C. H. C. A. Y. S. C. P. C. .. & S. E. M. S. Tapia, «MANUAL DE DISEÑO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN EL AUTOABASTECIMIENTO DE.,» *CID - Centro de Investigación y Desarrollo*, vol. 1, pp. 5-37, 2024.
- [30] energygreen, «Regulador de Voltaje de 20 Amp Con Display Básico,» *energygreen.uy*, 2022.

- [31] G. & A. D. Calvo, «ANÁLISIS Y ESTUDIO DE LA EFICIENCIA DE UN SISTEMA SSFV CON INVERSOR CENTRAL.,» *Tecnológico Nacional de México/campus Tuxtla Gutiérrez*, pp. 14-28, 2018.
- [32] Steren, «Inversor de corriente automotriz de 1500 W (12 Vcc a 110 Vca),» *steren.com.ec*, 2024.
- [33] Rigotech, «BATERÍA 12V 35AMP,» *Rigotech.com.ec*, 2023.
- [34] Arduino, «Arduino Nano,» *Arduino*, 2024.
- [35] Steren, «Placa de desarrollo NANO,» *Steren*, 2023.
- [36] Novatronicec, «Modulo DS3231 De Tiempo Real RTC Con Batería,» *novatronicec.com*, 2020.
- [37] J. E. Chávez Chica, «Controlador electrónico de software libre para la operación del brazo robótico SCORLBOT ER_4U,» *Universidad Técnica de Ambato*, pp. 12-37, 2020.
- [38] naylampmechatronics, «Driver Puente H L298N 2A,» *naylampmechatronics.com*, 2023.
- [39] M. J. Mendoza Flores, «Diseño y fabricación de un exoesqueleto robótico flexible para rehabilitación de extremidades inferiores en recién nacidos con espina bífida.,» *Repositorio Institucional de la Universidad de Ingeniería y Tecnología*, pp. 12-36, 2021.
- [40] vevor, «VEVOR Actuador lineal de 12 V,» *vevor*, 2024.
- [41] L. A. & H. N. D. S. Campoverde Barahona, «Diseño e implementación de un módulo didáctico para instalaciones eléctricas residenciales,» *Repositorio Institucional de la Universidad Politécnica Salesiana*, pp. 17- 44, 2024.
- [42] Firmesa, «TABLEROS ELÉCTRICOS,» *Firmesa*, 2023.
- [43] K. A. Tufiño Sánchez, «Implementación de un tablero de control para activar, a través de un variador de velocidad dos extractores de aire dentro de un entorno industrial,» *ESPE*, pp. 12-39, 2023.
- [44] jdelectricos, «¿QUÉ ES Y CÓMO FUNCIONA UN BREAKER ELÉCTRICO O DISYUNTOR?,» *jdelectricos.com.co*, 2020.
- [45] Tekox, «Regleta de Conexión de corte fácil Serie 100,» *www.tekox.es*, 2024.
- [46] R. R. Benitez Granados, «Modelado matemático por sobrecalentamiento de conductores eléctricos en instalaciones eléctricas residenciales,» *Universidad de El Salvador*, pp. 11-37, 2023.

- [47] topcable, «topcable.com,» topcable, 16 09 2023. [En línea]. Available: <https://www.topcable.com/blog-electric-cable/componentes-de-un-cable-electrico/>. [Último acceso: 16 09 2024].
- [48] Autodesk, «Fusion 360,» *Autodesk*, 2024.
- [49] Thonny.org, «Thonny Python IDE for beginners,» *Thonny.org*, 2024.
- [50] eplan, «EPLAN Electric P8: software de diseño eléctrico,» *eplan.es*, 2024.
- [51] E. Ávalos, «Instalación y mantenimiento de un sistema fotovoltaico,» 2013.

ANEXOS

Voltaje que entrega el panel solar



Corriente que ingresa del panel al controlador



Corriente que ingresa a la batería



Corriente extraída por el cargador de un celular



Corriente extraída por el cargador de una laptop



Programación

```
#include <Wire.h>
#include <RTClib.h>

RTC_DS3231 rtc; // Inicialización del RTC

const int ENA_PIN = 7; // Pin de Arduino conectado a EN1 de L298N
const int IN1_PIN = 6; // Pin de Arduino conectado a IN1 de L298N
const int IN2_PIN = 5; // Pin de Arduino conectado a IN2 de L298N

bool expanded = false; // Variable para saber si ya se expandió
bool retract_730 = false; // Variable para la retracción de las 7:30 AM
bool retract_1000 = false; // Variable para la retracción de las 10:00 AM
bool retract_1230 = false; // Variable para la retracción de las 12:30 PM
bool retract_1500 = false; // Variable para la retracción de las 3:00 PM
bool retract_1730 = false; // Variable para la retracción de las 5:30 PM

unsigned long previousMillis = 0;
const long interval = 1000; // Intervalo de 1 segundo

// Variables para movimiento no bloqueante
unsigned long startMoveTime = 0;
bool isMoving = false;
bool isRetracting = false; // Controla si se está retrayendo el actuador
bool isExpanding = false; // Controla si se está expandiendo el actuador
int moveTime = 0; // Tiempo que el actuador tomará para moverse

void setup() {
  // Inicializa los pines como salidas
  pinMode(ENA_PIN, OUTPUT);
  pinMode(IN1_PIN, OUTPUT);
  pinMode(IN2_PIN, OUTPUT);
  digitalWrite(ENA_PIN, HIGH);

  // Inicia la comunicación con el RTC
  if (!rtc.begin()) {
    Serial.println("No se pudo encontrar el RTC");
    while (1);
  }

  if (rtc.lostPower()) {
    // Ajusta la fecha y hora a la hora de compilación si el RTC perdió energía
    rtc.adjust(DateTime(F(__DATE__), F(__TIME__)));
  }

  Serial.begin(9600); // Para monitorear por el puerto serie
}

void loop() {
  unsigned long currentMillis = millis();
```

```

if (currentMillis - previousMillis >= interval) {
  previousMillis = currentMillis;

  // Lee la hora actual
  DateTime now = rtc.now();

  // Si el actuador se está moviendo (expandiendo o retrayendo), mostramos la hora y el
mensaje
  if (isRetracting) {
    Serial.print(now.hour());
    Serial.print(':');
    if (now.minute() < 10) Serial.print('0');
    Serial.print(now.minute());
    Serial.println(" - Retrayendo el actuador...");
  } else if (isExpanding) {
    Serial.print(now.hour());
    Serial.print(':');
    if (now.minute() < 10) Serial.print('0');
    Serial.print(now.minute());
    Serial.println(" - Expandiendo el actuador...");
  } else {
    // Mostrar solo la hora en el monitor serie
    Serial.print(now.hour());
    Serial.print(':');
    if (now.minute() < 10) Serial.print('0');
    Serial.print(now.minute());
    Serial.println();
  }

  // Verifica y ejecuta las expansiones y retracciones
  checkActuatorActions(now);
}

// Controla el movimiento no bloqueante del actuador
if (isMoving) {
  handleActuatorMovement();
}
}

// Función que controla las acciones de expansión y retracción
void checkActuatorActions(DateTime now) {
  // Expande el actuador a las 6:00 AM (completa expansión de 50 cm)
  if (now.hour() == 6 && now.minute() == 0 && !expanded) {
    expandActuatorNonBlocking(500); // Expande completamente 50 cm (500 mm)
    expanded = true; // Marca que ya se realizó la expansión
  }

  // Retracción de 10 cm a las 7:30 AM
  if (now.hour() == 7 && now.minute() == 30 && !retract_730) {
    retractActuatorNonBlocking(100); // Retrae 10 cm
  }
}

```

```

    retract_730 = true; // Marca que ya se realizó esta retracción
}

// Retracción de 10 cm a las 10:00 AM
if (now.hour() == 10 && now.minute() == 0 && !retract_1000) {
    retractActuatorNonBlocking(100); // Retrae 10 cm
    retract_1000 = true; // Marca que ya se realizó esta retracción
}

// Retracción de 10 cm a las 12:30 PM
if (now.hour() == 12 && now.minute() == 30 && !retract_1230) {
    retractActuatorNonBlocking(100); // Retrae 10 cm
    retract_1230 = true; // Marca que ya se realizó esta retracción
}

// Retracción de 10 cm a las 3:00 PM (15:00)
if (now.hour() == 15 && now.minute() == 0 && !retract_1500) {
    retractActuatorNonBlocking(100); // Retrae 10 cm
    retract_1500 = true; // Marca que ya se realizó esta retracción
}

// Retracción de 10 cm a las 5:30 PM (17:30)
if (now.hour() == 17 && now.minute() == 30 && !retract_1730) {
    retractActuatorNonBlocking(100); // Retrae 10 cm
    retract_1730 = true; // Marca que ya se realizó esta retracción
}

// Reinicia la expansión y retracción al llegar la medianoche
if (now.hour() == 0 && now.minute() == 0) {
    expanded = false; // Permite que la expansión vuelva a ocurrir al siguiente día
    retract_730 = false; // Resetea el estado de retracción de las 7:30 AM
    retract_1000 = false; // Resetea el estado de retracción de las 10:00 AM
    retract_1230 = false; // Resetea el estado de retracción de las 12:30 PM
    retract_1500 = false; // Resetea el estado de retracción de las 3:00 PM
    retract_1730 = false; // Resetea el estado de retracción de las 5:30 PM
}
}

// Función no bloqueante para retraer el actuador
void retractActuatorNonBlocking(int distance_mm) {
    moveTime = distance_mm / 5 * 1000; // Tiempo en milisegundos (5 mm/s)
    startMoveTime = millis();
    isMoving = true;
    isRetracting = true; // Indica que estamos en proceso de retracción

    Serial.print("Retrayendo el actuador: ");
    Serial.print(distance_mm);
    Serial.println(" mm");

    // Activa la retracción del actuador

```

```

digitalWrite(IN1_PIN, LOW); // Asegura que IN1 está en LOW
digitalWrite(IN2_PIN, HIGH); // Activa IN2 para retraer el actuador
}

// Función no bloqueante para expandir el actuador
void expandActuatorNonBlocking(int distance_mm) {
  moveTime = distance_mm / 5 * 1000; // Tiempo en milisegundos (5 mm/s)
  startMoveTime = millis();
  isMoving = true;
  isExpanding = true; // Indica que estamos en proceso de expansión

  Serial.print("Expandiendo el actuador: ");
  Serial.print(distance_mm);
  Serial.println(" mm");

  // Activa la expansión del actuador
  digitalWrite(IN1_PIN, HIGH); // Activa IN1 para extender el actuador
  digitalWrite(IN2_PIN, LOW); // Asegura que IN2 está en LOW
}

// Función para controlar el movimiento no bloqueante del actuador
void handleActuatorMovement() {
  if (millis() - startMoveTime >= moveTime) {
    // Detenemos el actuador
    digitalWrite(IN1_PIN, LOW);
    digitalWrite(IN2_PIN, LOW);
    isMoving = false;
    isExpanding = false; // Finaliza la expansión
    isRetracting = false; // Finaliza la retracción
    Serial.println("Movimiento completado");
  }
}
}

```

