



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE INGENIERÍA Y APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTROMECAÁNICA
PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

**IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA APLICACIÓN DE
ENERGÍA FOTOVOLTAICA CON UN SISTEMA DE MONITOREO Y
ALMACENAMIENTO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA
DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ**

Proyecto de Investigación presentado previo a la obtención del Título de Ingeniería en
Electromecánica.

Autores:

Arias Angueta Marco Andres
Verdezoto Villacís Michael Steven

Tutor:

MSc. William Paul Pazuña Naranjo

LA MANÁ-ECUADOR
MARZO – 2026

DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Verdezoto Villacís Michael Steven, con cédula de ciudadanía No. 1850477215, Arias Angueta Marco Andres, con cédula de ciudadanía No. 0550536577 declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA APLICACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA CON UN SISTEMA DE MONITOREO Y ALMACENAMIENTO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC”**, siendo el Ing. William Paul Pazuña Naranjo Mg., Tutor del presente trabajo; y eximimos expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en el presente trabajo investigativo, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

La Maná, marzo 16 del 2026



Verdezoto Villacís Michael Steven
C.C: 1850477215



Arias Angueta Marco Andres
C.C: 0550536577

AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del Proyecto de Investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA APLICACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA CON UN SISTEMA DE MONITOREO Y ALMACENAMIENTO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECÁNICA DE LA UTC”, de: Verdezoto Villacís Michael Steven y Arias Angueta Marco Andres, de la carrera de Electromecánica, considero que dicho informe investigativo es merecedor del aval de aprobación al cumplir las normas técnicas, traducción y formatos previstos, así como también ha incorporado las observaciones y recomendaciones propuestas en la pre-defensa.

La Maná, marzo 16 del 2026



Ing. MSc. William Paul Pazuña Naranjo
C.C. 0503338592
TUTOR

AVAL DE APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de lectores, aprueban el presente Proyecto de investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Extensión La Maná, Carrera de Electromecánica; por cuanto los postulantes; Verdezoto Villacís Michael Steven y Arias Angueta Marco Andres con el título de proyecto de investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA APLICACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA CON UN SISTEMA DE MONITOREO Y ALMACENAMIENTO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación del trabajo de titulación.

Por lo antes expuesto, se autoriza grabar los archivos correspondientes en un CD, según la normativa institucional.

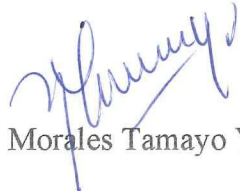
La Maná, marzo 16 del 2026

Para constancia firman:


MSc. Ing. Paredes Anchatipán Alex
Darwin

C.I 0503614935

LECTOR 1 (PRESIDENTE)


PhD. Morales Tamayo Yoandrys

C.I 1756958797

LECTOR 2 (MIEMBRO)


MSc. Ing. Vasquez Carrera Paco Jovanni
C.I 0501758767

LECTOR 3 (MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expresamos nuestro profundo agradecimiento a Dios por el privilegio de vida y fortaleza necesaria para alcanzar una de nuestras más ansiadas metas. A nuestros familiares que nos han demostrado su apoyo incondicional en todo momento, su confianza ha sido una pieza clave para culminar esta etapa, a la Universidad Técnica de Cotopaxi, en especial a todos los docentes que día a día con esfuerzo comparten conocimientos y experiencia.

Marco

Michael

DEDICATORIA

Dedico con gran emoción la culminación del trabajo investigativo a mis padres por ser el pilar que sustenta mi vida, su ejemplo de trabajo y esfuerzo me motivan a dar lo mejor de mí, a no rendirme pese a los obstáculos que constantemente se presentan en la cotidianidad. Valor infinitamente todo lo que han hecho por mí, sin ustedes nada de esto sería posible. Extiendo mi sentimiento de estima a todos mis amigos y compañeros que de una u otra manera contribuyeron al cumplimiento de uno de mis grandes objetivos: convertirme en profesional.

Marco

DEDICATORIA

Dedico con gran emoción la culminación del trabajo investigativo a mis padres por ser el pilar que sustenta mi vida, su ejemplo de trabajo y esfuerzo me motivan a dar lo mejor de mí, a no rendirme pese a los obstáculos que constantemente se presentan en la cotidianidad. Valor infinitamente todo lo que han hecho por mí, sin ustedes nada de esto sería posible. Extiendo mi sentimiento de estima a todos mis amigos y compañeros que de una u otra manera contribuyeron al cumplimiento de uno de mis grandes objetivos: convertirme en profesional.

Michael

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA APLICACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA CON UN SISTEMA DE MONITOREO Y ALMACENAMIENTO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC”

Autores:

Marco Andres Arias Angueta

Michael Steven Verdezoto Villacís

RESUMEN

Este proyecto surgió de una necesidad real dentro del laboratorio del programa de Ingeniería Electromecánica de la UTC Extensión La Maná: los cursantes requerían un espacio donde la energía solar dejara de ser solo teoría y se convirtiera en algo que pudieran tocar, conectar y analizar. Con ese propósito, se construyó un equipo experimental que integra los elementos esenciales de una instalación solar: panel de captación, regulador de carga, banco de acumuladores, inversor y diversas cargas eléctricas representativas. Para enriquecer aún más la experiencia, se incorporó un sistema de supervisión basado en el microcontrolador ESP32, el cual, apoyado en sensores de corriente, temperatura, sonido y velocidad de giro, transmite los datos en tiempo real hacia una plataforma web accesible desde cualquier dispositivo conectado a la red local. La identificación de esta necesidad se respaldó en una metodología que combinó revisión bibliográfica, observación directa del entorno académico y consultas estructuradas dirigidas tanto a alumnos como a docentes. Los resultados evidenciaron una recepción ampliamente favorable por parte de la comunidad académica, que reconoció en el equipo un aporte concreto al desarrollo de destrezas técnicas y a la comprensión aplicada de los sistemas de captación solar. En conjunto, esta herramienta no solo fortalece el proceso formativo, sino que contribuye a preparar profesionales con una visión más consciente y comprometida frente a los desafíos energéticos que el país enfrenta hoy.

Palabras claves: equipo experimental solar, captación fotovoltaica, ESP32, supervisión energética, electromecánica

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
LA MANA EXTENSION

**THEME: “IMPLEMENTATION OF AN EDUCATIONAL MODULE ON
PHOTOVOLTAIC ENERGY APPLICATIONS WITH A MONITORING AND STORAGE
SYSTEM IN THE ELECTROMECHANICAL ENGINEERING CAREER AT UTC”**

Authors:

Marco Andres Arias Angueta
Michael Steven Verdezoto Villacís

ABSTRACT

This project arose from a real need within the Electromechanical Engineering program laboratory at UTC's La Maná Extension: students required a space where solar energy could move beyond theory and become something they could touch, connect, and analyze. To this end, an experimental setup was built integrating the essential elements of a solar installation: a solar panel, charge controller, battery bank, inverter, and various representative electrical loads. To further enrich the experience, a monitoring system based on the ESP32 microcontroller was incorporated. This system, supported by current, temperature, sound, and rotation speed sensors, transmits data in real time to a web platform accessible from any device connected to the local network. Identifying this need was supported by a methodology that combined a literature review, direct observation of the academic environment, and structured consultations with both students and faculty. The results demonstrated a broadly favorable reception from the academic community, which recognized the team's concrete contribution to the development of technical skills and the applied understanding of solar energy systems. Overall, this tool not only strengthens the training process, but also helps prepare professionals with a more conscious and committed vision towards the energy challenges that the country faces today.

Key words: experimental solar equipment, photovoltaic capture, ESP32, energy monitoring, electromechanical

ÍNDICE GENERAL

DECLARACIÓN DE AUTORÍA	¡Error! Marcador no definido.
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	¡Error! Marcador no definido.
ÍNDICE GENERAL	viii
ÍNDICE DE TABLAS	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS	xiv
1 INFORMACIÓN GENERAL	1
2 INTRODUCCIÓN	2
3 JUSTIFICACIÓN	3
4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	4
4.1 Beneficiarios principales	4
4.2 Beneficiarios indirectos	4
5 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	4
5.1 Problemática	4
5.2 Formulación del problema	5
6 OBJETIVOS	5
6.1 Objetivo general	5
6.2 Objetivos específicos	5
7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS DE RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	6
8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA	8
8.1 Antecedentes	8
8.2 Introducción a la energía solar fotovoltaica	9
8.3 Definición y principios fundamentales de energía fotovoltaica	11
8.4 Sistemas fotovoltaicos aislados de la red eléctrica	12
8.5 Componentes de un sistema aislado	12

8.5.1 Paneles fotovoltaicos	13
8.5.2 Regulador de carga (controlador)	13
8.5.3 Baterías	14
8.5.4 Inversor de corriente	14
8.5.5 Cables y conexiones	15
8.5.6 Medidores y sensores	15
8.6 Importancia y ventajas de la energía solar fotovoltaica	16
8.7 Consumo de energía por día	16
8.8 Consumo real o efectivo (Wh)	17
8.9 Capacidad de almacenamiento	19
8.10 Potencia del módulo fotovoltaico	19
8.11 Horas pico solares	20
8.11.1 Cálculos de los sensores del ESP 32	21
8.11.2 Cálculo de RPM	22
8.11.3 Lectura de sensores ADC	22
8.11.4 Temperatura	22
8.11.5 Corriente	22
8.11.6 Sensibilidad sensor de corriente	22
8.11.7 Sensor de sonido	23
8.11.8 Control de velocidad de control	23
8.12 Sistema didáctico de energía solar para la carrera de TSE en la ULEAM	23
8.13 Módulo didáctico de energía solar fotovoltaica para el LTI-ESFOT	24
9 METODOLOGÍA Y DISEÑOS EXPERIMENTAL	27
9.1 Diseño y selección de materiales	27
9.2 Métodos	31
9.2.1 Observación	31

9.2.2 Encuesta	31
9.2.3 Investigación bibliográfica	31
9.2.4 Método deductivo	32
9.2.5 Método cuantitativo	32
9.3 Instrumentos	32
9.3.1 Registro de experiencias	32
9.3.2 Cuestionario	32
9.3.3 Medición	33
9.3.4 Osciloscopio	33
9.4 Amperímetro de gancho (MILWAUKEE)	33
9.5 Multímetro	34
9.6 Software	35
9.6.1 ESP32	35
9.6.2 Sensores de ESP32	35
9.7 Relee de Arduino de 2 salidas	35
9.8 Página web	35
10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	36
10.1 Encuesta realizada a los estudiantes	36
10.2 Encuesta realizada a los docentes	45
10.3 Resultados de la encuesta a docentes	47
10.4 Equipos a utilizarse para la realización del módulo experimental fotovoltaico	48
10.5 Diseño del módulo fotovoltaico	50
10.6 Planos del módulo	51
10.7 Descripción técnica de los componentes del módulo didáctico	54
10.8 Sirena 200W	55
10.9 Panel LED cuadrado 12W	55

10.10 Bombillo incandescente 60W	56
10.11 Bombillo normal LED 36W	57
10.12 Tomacorriente 110v	58
10.13 Voltímetro digital de panel	59
10.14 Amperímetro digital DC	59
10.15 Interruptores diferenciales (Breakers)	60
10.16 Interruptor de encendido/apagado	61
10.17 Cables (#11) y Accesorios de Montaje	62
10.18 Sistema de monitoreo de variables	64
10.18.1 Microcontrolador ESP32	64
10.18.2 Sensor de corriente (ACS712)	64
10.18.3 Sensor de sonido (KY-037)	65
10.18.4 Sensor de temperatura (DHT11)	65
10.18.5 Sensor para el motor (LM393)	66
10.19 Repetidor WIFI y interruptor inteligente WIFI	67
10.20 Funcionamiento en la recolección de datos	68
10.20.1 Análisis de datos adquiridos mediante la página web	68
10.21 Sistemas de conexiones de componentes	70
10.21.1 Conexión del sistema fotovoltaico	70
10.21.2 Programación - Conexión de sensores al ESP32	71
10.21.3 Sensor de corriente ACS712	72
10.21.4 Sensor de sonido KY-037	73
10.21.5 Sensor de temperatura DHT11	74
10.21.6 Sensor del motor LM393	75
10.22 Validación de hipótesis	76
11 IMPACTOS TANTO TÉCNICOS, SOCIALES y ECONÓMICOS	77

11.1 Impacto Social	77
11.2 Impacto Técnico	77
11.3 Impacto Práctico	77
11.4 Impacto Simbólico	78
11.5 Impacto Ambiental	78
12 PRESUPUESTO DEL PROYECTO	79
13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	80
13.1 Conclusiones	80
13.2 Recomendaciones	81
14 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	81
ANEXOS:	¡Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Beneficiarios directos	4
Tabla 2. Actividades, resultados y métodos de verificación	6
Tabla 3. Capacidad instalada de generación eléctrica en Ecuador — julio 2025	11
Tabla 4. Estimación de consumo energético diario de los equipos del sistema experimental solar ..	17
Tabla 5. Justificación de materiales	27
Tabla 6. Medidas de la estructura	53
Tabla 7. Componentes eléctricos y su potencia estimada	¡Error! Marcador no definido.
Tabla 8. Resultados descargados en una tabla de Excel de la página web para una sirena, foco led, foco incandescente, panel led, motor	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de paneles fotovoltaicos	13
Figura 2. Controlador de carga	14
Figura 3. Batería	14
Figura 4. Inversor de corriente	15
Figura 5. Cable solar	15
Figura 6. Medidores y sensores	16
Figura 7. Zona geográfica / La Maná	20
Figura 8. Energía diaria de la Maná	20
Figura 9. Imagen del funcionamiento del equipo	24
Figura 10. Módulo fotovoltaico	25
Figura 11. Implementación de un módulo fotovoltaico	26
Figura 12. Tablero didáctico fotovoltaico Universidad Técnica del Norte	27
Figura 13. Osciloscopio	33
Figura 14. Multímetro de gancho	34
Figura 15. Multímetro	34
Figura 16. Página Web	35
Figura 17. Distribución de respuestas - Pregunta 1	36
Figura 18. Distribución de respuestas - Pregunta 2	37
Figura 19. Distribución de respuestas - Pregunta 3	38
Figura 20. Distribución de respuestas - Pregunta 4	39
Figura 21. Distribución de respuestas - Pregunta 5	40
Figura 22. Distribución de respuestas - Pregunta 6	41
Figura 23. Distribución de respuestas - Pregunta 7	42
Figura 24. Distribución de respuestas - Pregunta 8	43
Figura 25. Distribución de respuestas - Pregunta 9	44

Figura 26. Distribución de respuestas - Pregunta 10	45
Figura 27. Distribución de respuestas — Pregunta 1, cuerpo docente de la carrera	46
Figura 28. Distribución de respuestas — Pregunta 2, cuerpo docente de la carrera	46
Figura 29. Distribución de respuestas — Pregunta 3, cuerpo docente de la carrera	46
Figura 30. Distribución de respuestas — Pregunta 4, cuerpo docente de la carrera	47
Figura 31. Distribución de respuestas — Pregunta 5, cuerpo docente de la carrera	47
Figura 32. Diagrama de bloques para el módulo fotovoltaico	50
Figura 33. Diseño estructural del módulo	51
Figura 34. Planos del módulo	52
Figura 35. Análisis de esfuerzos	53
Figura 36. Sirena de sonido	55
Figura 37. Panel LED cuadrado	56
Figura 38. Bombillo incandescente	57
Figura 39. Bombillo LED normal	58
Figura 40. Tomacorriente 110v	58
Figura 41. Voltímetro digital de panel	59
Figura 42. Amperímetro digital DC	60
Figura 43. Interruptores diferenciales	61
Figura 44. Interruptor eléctrico	62
Figura 45. Cables de conexión	62
Figura 46. Plugs hembra y macho	63
Figura 47. Cinta aislante	63
Figura 48. ESP32	64
Figura 49. Sensor de corriente ACS712	65
Figura 50. Sensor de sonido KY-037	65
Figura 51. Sensor de temperatura DHT11	66

Figura 52. Sensor para motor LM393	66
Figura 53. Relé de dos canales	67
Figura 54. Repetidor WIFI e interruptor inteligente WIFI	68
Figura 55. Interfaz web de control y monitoreo de sensores del ESP32	69
Figura 56. Conexión del sistema fotovoltaico	71
Figura 57. Conexión de la programación ESP32	72
Figura 58. Conexión sensor ACS712	73
Figura 59. Conexión sensor KY-037	74
Figura 60. Conexión sensor DHT11	75
Figura 61. Conexión sensor LM393	76

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1. Cálculo de consumo	17
Ecuación 2. Cálculo de rendimiento global	18
Ecuación 3. Cálculo de capacidad de baterías	19
Ecuación 4. Cálculo de potencia fotovoltaica	20
Ecuación 5. Cálculo de corriente máxima	21
Ecuación 6. Cálculo del tiempo transcurrido	21
Ecuación 7. Cálculo de las lecturas de sensores ADC	22

1 INFORMACIÓN GENERAL

Título del Proyecto:

“IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA LA APLICACIÓN DE ENERGÍA FOTOVOLTAICA CON UN SISTEMA DE MONITOREO Y ALMACENAMIENTO EN LA CARRERA DE INGENIERÍA ELECTROMECAÁNICA DE LA UTC”

Fecha de inicio:

Octubre del 2025

Fecha de finalización:

Marzo del 2026

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi Extensión La Maná

Unidad académica que auspicia:

Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas

Carrera que auspicia:

Ingeniería Electromecánica

Proyecto de investigación vinculado:**Equipo de trabajo:****Tutor del Proyecto:**

Msc. William Paul Pazuña Naranjo

Postulantes:

Sr. Michael Steven Verdezoto Villacis

Sr. Marco Andres Arias Angueta

Área de conocimiento:

Ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación:

Procesos Industriales y Automatización.

2 INTRODUCCIÓN

La demanda energética global ha experimentado un incremento sostenido durante las últimas décadas, situación que, sumada al impacto ambiental derivado de la dependencia de los combustibles fósiles, ha impulsado la transición hacia fuentes de generación eléctrica con menor huella ecológica. En este escenario, la tecnología fotovoltaica ha ganado un protagonismo creciente por su capacidad de transformar la irradiación solar directamente en electricidad, prescindiendo de procesos de combustión y, por tanto, sin producir emisiones nocivas al entorno. Esta característica la posiciona como una alternativa técnicamente viable y ambientalmente responsable, con aplicaciones que abarcan desde el sector industrial hasta los entornos educativos y tecnológicos.

Dentro del contexto universitario, y específicamente en las carreras orientadas a la ingeniería electromecánica, resulta indispensable que la formación académica trascienda los límites de la enseñanza teórica e incorpore espacios donde los estudiantes puedan interactuar directamente con sistemas reales de generación energética. Los módulos didácticos fotovoltaicos representan una solución concreta a esta necesidad, ya que facilitan la medición de variables eléctricas, el análisis del comportamiento de los distintos componentes que integran una instalación solar y la evaluación del rendimiento del sistema mediante herramientas de monitoreo y almacenamiento. Bajo esta perspectiva, el presente proyecto de investigación plantea el desarrollo e implementación de un módulo didáctico fotovoltaico con capacidades de seguimiento y almacenamiento energético, destinado a la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi (UTC), Extensión La Maná. El objetivo central es brindar a los estudiantes un recurso práctico que complemente su formación académica, permitiéndoles analizar de manera directa los procesos de generación, conversión, almacenamiento y distribución de la energía eléctrica proveniente del sol, contribuyendo así a la consolidación de profesionales con sólidas competencias técnicas en el campo de las energías renovables.

3 JUSTIFICACIÓN

La explotación de fuentes de energía renovables ha venido a ser una alternativa importante ante los problemas derivados del uso de combustibles fósiles, como la contaminación del aire y el agotamiento de los recursos naturales. En este sentido, la energía solar fotovoltaica supone una de las tecnologías más interesantes para la obtención de electricidad limpia y sostenible, por su accesibilidad, su bajo impacto ambiental y su implementación en distintos entornos.

En el campo de la educación superior, especialmente en las carreras técnicas como la Ingeniería Electromecánica, resulta necesario potenciar los procesos de enseñanza-aprendizaje mediante el uso de herramientas prácticas que permitan a los estudiantes representar de un modo más claro el funcionamiento de los sistemas energéticos renovables; sin embargo, en muchas ocasiones el estudiantado se encuentra con una docencia muy centrada en el aspecto teórico que hace que les cueste relacionar los contenidos estudiados con la realidad profesional.

La puesta en marcha de la parte prácticas que se va a implementar en el marco del proyecto permitirá satisfacer la necesidad de formación práctica del alumnado de la carrera de Ingeniería Electromecánica de la UTC Extensión La Maná. Esta parte estructural del módulo práctico es el lugar de aprendizaje del propio alumnado y se va a permitir realizar prácticas académicas del alumnado orientadas al análisis del comportamiento de los sistemas fotovoltaicos, al hecho de llevar a cabo la medición de determinadas variables eléctricas, así como a la comprensión de los procesos de producción, almacenamiento y uso de la energía eléctrica por parte del alumnado.

Por un lado, el propio proyecto permite contribuir al hecho de que el alumnado adquiera conocimientos sobre energía renovable, ya que actualmente es una forma de energía cuya demanda va en aumento, y por el otro, el módulo práctico también puede ser utilizado para las futuras investigaciones académicas del alumnado ya que el sistema va a poder proporcionar conocimientos relacionados con el uso de tecnologías asociadas a sistemas que funcionan mediante energías renovables. Igualmente, en consecuencia, la puesta en marcha del sistema práctico del alumnado no solo va a servir para mejorar el proceso de formación académica de la institución, sino que también debería permitir fomentar la investigación y el uso de tecnologías sostenibles a la vez que permite al alumnado formarse para problemas actuales asociados con la generación y el desarrollo de sistemas asociados a energías renovables.

4 BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1 Beneficiarios principales

El grupo que recibirá de manera directa los beneficios de este proyecto está conformado por los 150 estudiantes matriculados en la carrera de Ingeniería Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. Para ellos, el módulo didáctico representa una oportunidad real de acercarse, de forma práctica y guiada, al funcionamiento de un sistema fotovoltaico completo; desde la medición de variables eléctricas hasta el análisis de los procesos de generación, almacenamiento y aprovechamiento de la energía solar. En definitiva, es una herramienta pensada para que el estudiante deje de ver las energías renovables solo desde el pizarrón y pueda experimentarlas con sus propias manos dentro del laboratorio.

Tabla 1. Beneficiarios directos

Detalle	Cantidad
Alumnos de la carrera de electromecánica	150
Total	150

4.2 Beneficiarios indirectos

Más allá del estudiantado de la carrera, este proyecto tiene el potencial de impactar positivamente a un público más amplio. Docentes, investigadores, estudiantes de otras instituciones educativas y visitantes en general que acudan a las instalaciones de la UTC Extensión La Maná, podrán aprovechar el módulo como un espacio de consulta y aprendizaje en torno a las energías renovables, particularmente en lo que respecta a los sistemas de generación solar fotovoltaica. Del mismo modo, el trabajo desarrollado puede convertirse en un punto de partida valioso para quienes deseen profundizar en esta temática, ya sea a través de nuevas investigaciones, proyectos académicos o propuestas orientadas a la generación, supervisión y almacenamiento de electricidad producida a partir de fuentes limpias.

5 PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

5.1 Problemática

La carrera de Ingeniería Electromecánica de la UTC Extensión La Maná enfrenta una carencia significativa en cuanto a equipos y recursos experimentales orientados a la formación práctica en el campo de la captación solar. Esta situación ha derivado en un desarrollo limitado de destrezas

técnicas entre los cursantes, precisamente en un momento en que la demanda de profesionales capacitados en soluciones energéticas sostenibles va en constante aumento. A nivel global, la transición hacia fuentes limpias de generación eléctrica se ha convertido en una prioridad estratégica, y la energía proveniente del sol ocupa un lugar destacado dentro de esas alternativas por su viabilidad técnica y su bajo impacto ambiental.

No obstante, en el ámbito educativo de la región persiste una brecha importante: los alumnos carecen de herramientas que les permitan interactuar directamente con este tipo de instalaciones, explorar sus componentes y reproducir escenarios que se asemejen a las condiciones reales de operación. Esta ausencia no solo restringe el desarrollo de capacidades tanto teóricas como aplicadas, sino que también compromete la formación de egresados con el perfil técnico necesario para afrontar los desafíos actuales del sector energético

Es por esta circunstancia que se debe trabajar para la construcción de unidades didácticas que simplifiquen la enseñanza-aprendizaje de las energías fotovoltaicas, así como con tecnologías actuales y materiales de fácil acceso que reformulen el aprendizaje autónomo o guiado.

5.2 Formulación del problema

¿De qué forma la incorporación de un equipo experimental de captación solar contribuye al fortalecimiento de las destrezas técnicas y los fundamentos teóricos de los alumnos del programa de Ingeniería Electromecánica en la UTC Extensión La Maná?

6 OBJETIVOS

6.1 Objetivo general

Implementar un equipo experimental de captación solar con capacidades de supervisión y acumulación energética en el programa de Ingeniería Electromecánica de la UTC Extensión La Maná, fortaleciendo el proceso formativo de los cursantes en el campo de las fuentes limpias de energía.

6.2 Objetivos específicos

- Calcular los parámetros eléctricos del equipo experimental solar mediante procedimientos de dimensionamiento técnico, orientando la selección fundamentada del panel de captación, el regulador de carga, el banco de baterías y el inversor requeridos para su funcionamiento en el entorno de laboratorio.

- Ensamblar la estructura física del equipo integrando los elementos eléctricos, dispositivos de protección y cargas representativas, garantizando la ejecución de prácticas reales dentro del laboratorio del programa de Ingeniería Electromecánica.
- Programar el sistema de supervisión basado en el microcontrolador ESP32 y sus sensores asociados, asegurando la captura, visualización en tiempo real y registro de las magnitudes eléctricas del sistema solar a través de una plataforma web.

7 ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS DE RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS

Tabla 2. Actividades, resultados y métodos de verificación

OBJETIVO	ACTIVIDAD	RESULTADO DE LA ACTIVIDAD	METODOLOGÍA
Implementar un equipo experimental de captación solar con capacidades de supervisión y acumulación energética en el programa de Ingeniería Electromecánica de la UTC Extensión La Maná, fortaleciendo el proceso formativo de los cursantes en el campo de las fuentes limpias de energía.	Revisión bibliográfica y diagnóstico de necesidades mediante encuestas a estudiantes y docentes.	Diagnóstico que evidenció la ausencia de herramientas prácticas en energías renovables, con una aceptación del 93,3 % de los estudiantes y el 85,7 % de los docentes hacia la propuesta.	Investigación bibliográfica, encuesta y observación directa.
Calcular los parámetros eléctricos del equipo experimental solar mediante procedimientos	Cálculo del consumo diario, energía efectiva y dimensionamiento de los componentes	Consumo diario de 827 Wh/día, energía efectiva de 982,8 Wh/día y potencia de	Método cuantitativo y deductivo con aplicación de ecuaciones de

de dimensionamiento técnico, orientando la selección fundamentada del panel de captación, el regulador de carga, el banco de baterías y el inversor requeridos para su funcionamiento en el entorno de laboratorio.	principales del sistema.	panel requerida de 196,56 Wp, que sustentaron la selección del panel HC 550 W, batería de 200 Ah y controlador de 30 A.	dimensionamiento fotovoltaico.
	Selección y adquisición de componentes en función de los resultados del dimensionamiento.	Lista de materiales técnicamente justificada con especificaciones de cada componente del sistema fotovoltaico.	Análisis técnico-comparativo de fichas de especificaciones y normativa aplicable.
Ensamblar la estructura física del equipo integrando los elementos eléctricos, dispositivos de protección y cargas representativas, garantizando la ejecución de prácticas reales dentro del laboratorio del programa de Ingeniería Electromecánica.	Diseño estructural y elaboración de planos del módulo con disposición de componentes sobre la estructura metálica y cuadrantes de PVC.	Planos finales con altura de 1800 mm y ancho de 1160 mm, validados mediante análisis de esfuerzos que confirmó estabilidad mecánica dentro de los parámetros admisibles.	Diseño asistido por software CAD y análisis estructural de esfuerzos.
	Ensamblaje e instalación de todos los componentes eléctricos, de protección y cargas sobre la estructura, con codificación de cables y señalización de elementos.	Módulo físico completamente funcional con panel solar, inversor 1 kVA, batería, controlador de carga, breakers, medidores digitales, focos, sirena y	Trabajo práctico en laboratorio con aplicación de normas de seguridad eléctrica y registro en bitácora.

		tomacorrientes operativos.	
Programar el sistema de supervisión basado en el microcontrolador ESP32 y sus sensores asociados, asegurando la captura, visualización en tiempo real y registro de las magnitudes eléctricas del sistema solar a través de una plataforma web.	Conexión y configuración de los sensores ACS712, DHT11, KY-037 y LM393 al ESP32, junto con el módulo de relés y el controlador de motor L924.	Diagrama de conexiones con asignación de pines definida y adquisición estable de señales analógicas y digitales desde cada sensor.	Investigación bibliográfica sobre protocolos de cada sensor y verificación experimental en laboratorio.
	Programación del ESP32 como servidor web con control de actuadores por puerto 80 y visualización de datos por puerto 81, con exportación de registros en formato CSV.	Interfaz web funcional que permite monitorear en tiempo real corriente, temperatura, sonido y RPM, controlar relés y motor DC de forma remota, y exportar datos para análisis posterior en hoja de cálculo.	Programación en Arduino/C++ con pruebas iterativas de depuración y validación de datos contra instrumentos de medición externos.

8 FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICA

8.1 Antecedentes

La palabra fotovoltaico tiene sus raíces en el griego antiguo, donde phos alude a la luz, mientras que la segunda parte del término rinde homenaje al físico italiano Alessandro Volta, cuyo legado también está presente en el voltio, unidad fundamental de la tensión eléctrica en el Sistema Internacional. El registro más antiguo del uso de este término data de 1849 en Inglaterra, consolidándose desde entonces en el vocabulario científico y técnico mundial.

Fue el físico francés Becquerel quien, en 1839, describió por primera vez el fenómeno que hoy conocemos como efecto fotovoltaico, aunque habría que esperar hasta 1883 para ver fabricada la primera celda solar. El verdadero punto de inflexión llegó en 1954, cuando Chapin, Fuller y Pearson lograron construir el primer dispositivo capaz de convertir de manera eficiente la radiación solar en electricidad. A partir de ese hito, la tecnología no dejó de evolucionar, y sus aplicaciones se fueron diversificando progresivamente: desde la alimentación de satélites artificiales y la activación de dispositivos electrónicos sensibles a la luz, hasta el suministro energético en zonas remotas o de difícil acceso donde las redes convencionales no llegan.

El país que más electricidad genera con energía solar fotovoltaica es Japón, en segundo Alemania. No obstante, el país germano obtiene única y exclusivamente 0,03 por ciento del total de su generación de energía, lo que resulta bastante poco. Conocedores de la problemática de la contaminación y del cambio climático, países como Alemania han desarrollado tecnología y maquinaria en los sectores energéticos y cuenta con la mayor superficie del mundo en parques solares, para reducir sus costes de producción y así ser más competitivos, ya que el coste de un kilovatio hora mediante este sistema es inferior al de las fuentes tradicionales y están sugiriendo a los gobiernos de otros países que adopten el sistema fotovoltaico(paneles solares), que es ecológico el entorno natural.

En el caso de Ecuador, se nota que la mayor parte de estos proyectos son de pequeña escala y aislados. El potencial de la energía solar en nuestro país es enorme y necesita más apoyo del Gobierno, tanto en Investigación como en Desarrollo, bien mediante inversión directa o generando incentivos para que otras opciones de financiación puedan ingresar a este sector [1].

8.2 Introducción a la energía solar fotovoltaica

El crecimiento de la electrificación mediante irradiación solar en Ecuador ha sido progresivo, con lo cual se mantiene como una fuente que tiene un amplio margen de investigación y desarrollo. Esta progresión en la adopción de ella, contrasta con la relevancia que este tipo de tecnología tiene cada vez más en sistemas de suministro autónomo en distintas partes del concierto mundial, donde la aportación que se le recoge a esta tecnología va creciendo de forma sostenida.

A la fecha, el país cuenta con aproximadamente 22 concesiones privadas dedicadas a producir electricidad mediante captación solar, y sumando todos los esfuerzos, contribuyen con cerca de

33,33 GWh al sistema eléctrico nacional. En términos de recurso disponible, la irradiancia se mide en unidades de W/m^2 , y el país presenta un promedio cercano a los $3 \text{ kWh/m}^2/\text{día}$, lo cual significa que existe un recurso solar considerablemente grande aún por ser aprovechado [2].

Es por ello, que los sistemas que son fotovoltaicos pueden convertir la luz solar en una energía de forma eléctrica; la energía recolectada puede utilizarse de manera directa o guardarse en baterías para ser empleada cuando no hay luz natural o cuando se necesite.

Los sistemas fotovoltaicos fuera de la red para producir 110 V en alterna, posee los siguientes componentes: un panel solar, un regulador, baterías acumuladoras de energía, un inversor de voltaje. Este último es de 24 o 12 V, dependiendo de los paneles que se instalen. Además de otros componentes como cableado para conectores, etc.

Generar electricidad mediante Sistemas Fotovoltaicos es mucho más barato que hacerlo con cualquier tipo de combustible, ya que no hay como un mantenimiento constante. Estos sistemas se utilizan más comúnmente en regiones donde no hay una red convencional, como camping, o donde se necesita energía constante.

La efectividad de transformación de los paneles fotovoltaicos se basa mayormente en la tecnología utilizada, sin embargo, hay otros elementos a considerar, como la temperatura que pueden presentar durante su funcionamiento. Esto les permite obtener una eficiencia que varía del 25 % al 40 %.

Actualmente, se dice que la nanotecnología puede alcanzar cifras superiores al 45 %, lo que sugiere que será la tecnología predominante en el futuro, dado que las investigaciones se enfocan en costos reducidos y mayor fiabilidad [3].

Por lo tanto, el Balance Nacional de Energía en el año 2025, indica la oferta de la energía eléctrica, que constituye acorde a la Tabla 3 a continuación:

Tabla 3. Capacidad instalada de generación eléctrica en Ecuador — julio 2025

Tipo de generación	Fuente de energía	Potencia instalada (MW)	Participación (%)
Fuentes limpias	Hidráulica	5.417,67	57,26
	Eólica	71,13	0,75
	Solar fotovoltaica	29,13	0,31
	Biomasa	155,30	1,64
	Biogás	11,12	0,12
Subtotal fuentes limpias		5.684,35	60,09
Fuentes convencionales	Térmica MCI	2.382,12	25,18
	Turbo gas	995,35	9,57
	Turbo vapor	488,53	5,16
Subtotal fuentes convencionales		3.775,99	39,91
Total capacidad instalada		9.460,34	100,00

Nota: Presentación del Balance Nacional de Energía julio 2025 [4]

8.3 Definición y principios fundamentales de energía fotovoltaica

El principio de funcionamiento de la conversión solar descansa en el efecto fotovoltaico, un fenómeno físico identificado por Becquerel en 1839 y posteriormente profundizado por investigadores como Philipp Lenard. A través de este mecanismo, la radiación luminosa proveniente del sol se transforma directamente en electricidad, lo que convierte a esta tecnología en una de las alternativas más limpias y respetuosas con el entorno para la obtención de energía eléctrica [5].

Esta conversión ocurre en el interior de las celdas solares que componen los paneles de captación, las cuales pueden fabricarse mediante distintas tecnologías según el material y el proceso empleado. Las más consolidadas son las basadas en silicio cristalino, tanto en su variante monocristalina como policristalina. A estas se suman las celdas de película delgada, elaboradas mediante la deposición de capas semiconductoras de escaso espesor, entre cuyos materiales destacan el telururo de cadmio y el diseleniuro de cobre, indio y galio, aplicados sobre un sustrato de soporte. Finalmente, en el horizonte de la investigación científica avanzan tecnologías emergentes como las celdas de perovskita, las de naturaleza orgánica y las de concentración solar, cuyo desarrollo podría marcar un nuevo salto en la eficiencia de captación en los próximos años [6].

En resumen, mediante estas celdas solares se produce la conocida energía solar, y por esta razón se le conoce como energía fotovoltaica. Todo esto ha generado una enorme transformación en el sector eléctrico recientemente. La llegada de innovaciones en la energía fotovoltaica, que han generado mayores requerimientos de suministro, obliga a empresas y particulares a enfocar más su atención en el coste energético de sus hogares o negocios. Las placas solares fotovoltaicas proporcionan importantes ventajas en esta nueva era tecnológica, aprovechando al máximo los recursos naturales del sol [7].

8.4 Sistemas fotovoltaicos aislados de la red eléctrica

Las instalaciones de captación solar independientes tienen como objetivo proveer de electricidad a de sectores en el que el costo del tendido de la red pública es elevado o incluso imposible. Ante estas situaciones, un sistema de generación solar pasa a ser la solución más fácil y además más económica.

Para que esta instalación funcione correctamente y ofrezca un suministro en condiciones adecuadas, se deben tener en cuenta diferentes consideraciones durante la fase de diseño, tales como la potencia demanda, el consumo previsible, el perfil de los usuarios, las horas de aprovechamiento y las condiciones climáticas de la zona. Además, se deben de tomar en consideración criterios sociales, culturales, económicos y financieros que permitan o no la viabilidad global del proyecto.

El buen funcionamiento de estas instalaciones es el resultado de la interacción con coordinación de todos los componentes de las cuales se compone cada una de las instalaciones como parte del sistema. En contraposición a los sistemas conectados a la red convencional, las soluciones independientes funcionan completamente divorciadas de cualquier empresa distribuidora de electricidad, permitiendo al usuario tomar el control total de su propio suministro eléctrico y garantizándose así una autonomía temporal [8].

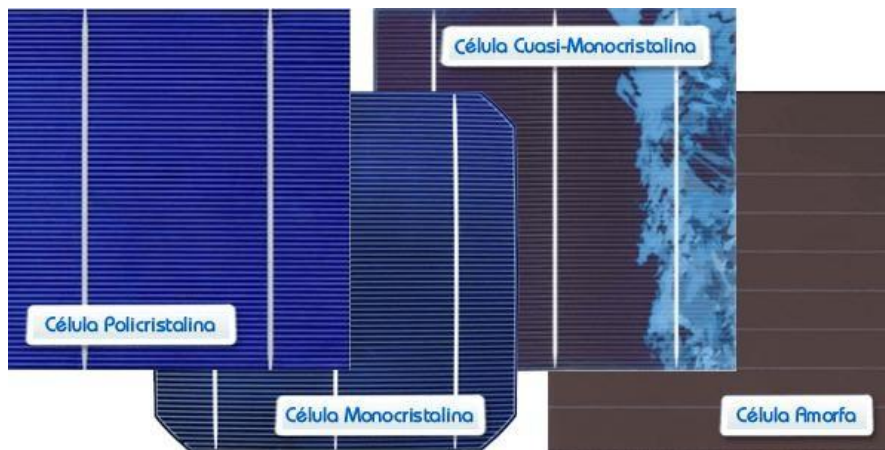
8.5 Componentes de un sistema aislado

Los componentes del sistema que es aislado, es también llamado sistema autónomo o sistema independiente de energía, son fundamentales para generar, almacenar y utilizar energía sin depender de una red que sea eléctrica de forma convencional, entre ellos se tienen varios elementos los cuales serán detallados.

8.5.1 Paneles fotovoltaicos

Se trata de dispositivos cuya función consiste en captar la energía procedente de fuentes del medio natural como puedan ser la energía solar, la energía eólica, etc., para poder transformarla en energía eléctrica que se puede aprovechar. Esta capacidad de producción de energía está activa en el momento del día en que puede funcionar incluso cuando la iluminación no es buena o cuando la luz nos llega difusa. En el mercado podemos encontrar varias tecnologías, entre las que destacan los paneles monocristalinos, policristalinos, cuasi-monocristalinos y amorfos, en los que se diferencian por el rendimiento que son capaces de ofrecer y el coste de adquisición que tienen.

Figura 1. Tipos de paneles fotovoltaicos



[9]

8.5.2 Regulador de carga (controlador)

El mencionado dispositivo es el que se encargará de gestionar el flujo de energía que sale y el que entra en el banco de acumuladores, funcionando como un eslabón de unión entre la fuente de captación y el acumulador, resultando su presencia imprescindible para preservar la larga vida de este último, ya que controlará de manera simultánea dos de las etapas críticas del ciclo energético. En la carga, ejercerá el control de la entrada de la electricidad y evitará que el acumulador absorba más energía de la que una determinada batería soporta antes de dañarse. En la descarga, ejercerá el control de la energía que sale hacia las cargas conectadas, procurando que el acumulador no se agote del todo, es decir, que no se acabe por debajo de los niveles mínimos recomendados, garantizando así un funcionamiento prolongado y estable del sistema.

Figura 2. Controlador de carga

[10]

8.5.3 Baterías

Las baterías solares son componentes necesarios para almacenar la energía generada por los módulos fotovoltaicos o empleadas en otras tecnologías de fuentes de energía renovable. Así, la energía excedente se almacena para ser utilizada durante la noche o bien para ser utilizada durante los picos de demanda. Los sistemas eléctricos autónomos suelen utilizar baterías de plomo ácido y de litio.

Figura 3. Batería

[11]

8.5.4 Inversor de corriente

Dispositivos que convierten la corriente continua procedente de los paneles solares o de las baterías, en corriente alterna que puede usarse para aparatos eléctricos y mecánicos.

Figura 4. Inversor de corriente



[12]

8.5.5 Cables y conexiones

Distribuyen la energía dentro del sistema. Han de ser de buena calidad y de las dimensiones adecuadas para que las pérdidas de energía sean mínimas.

Figura 5. Cable solar



[13]

8.5.6 Medidores y sensores

Esta serie de útiles instrumentos permite realizar un continuo seguimiento del comportamiento general de la propia instalación, así como del muy importante funcionamiento del mismo ofreciendo información variable en tiempo real acerca de la generación eléctrica, el nivel de carga de los acumuladores, las horas de funcionamiento; en definitiva, de aquéllos parámetros de operación que resulta clave a la hora de valorar el funcionamiento y la eficiencia del mismo [15].

Figura 6. Medidores y sensores



[14]

8.6 Importancia y ventajas de la energía solar fotovoltaica

Los sistemas fotovoltaicos ofrecen múltiples beneficios que justifican su creciente implementación:

- Los módulos de energía solar fotovoltaica ofrecen energía limpia y sostenible. En la producción de electricidad mediante paneles solares no se generan emisiones dañinas de gases de efecto invernadero, lo que hace que esta forma de energía sea amigable con el medio ambiente.
- La energía solar proviene de la naturaleza, por lo tanto, ¡es gratuita y abundante! Es una fuente de energía ilimitada. [16]
- Disminuyen notablemente los costos eléctricos de una casa o empresa, lo que puede resultar en un ahorro económico en las facturas de electricidad a largo plazo.
- Se puede emplear en lugares apartados donde la electricidad no está accesible o resulta cara de establecer. Esto puede resultar en una mejora en el acceso a la electricidad para comunidades rurales o regiones en desarrollo. [17]

8.7 Consumo de energía por día

Para dimensionar el sistema experimental fotovoltaico, es necesario conocer la potencia de cada aparato que se conectará y el tiempo de uso en horas diarias. La Tabla 4 indica las potencias de los distintos aparatos que podrían formar parte del módulo experimental fotovoltaico. [18]

Tabla 4. Estimación de consumo energético diario de los equipos del sistema experimental solar

Dispositivo	Unidades	Potencia unitaria (W)	Tiempo de uso (h/día)	Demanda diaria (Wh/día)
Luminaria LED	1	7	1	7
Luminaria fluorescente	1	20	1	20
Luminaria incandescente	1	100	1	100
Equipo de cómputo	1	90	1	90
Cargador de herramienta eléctrica	1	30	1	30
Dispositivo de alarma sonora	1	12	1	12
Receptor de televisión	1	70	1	70
Carga de iluminación general	2	72	2	288
Consumo propio del inversor	1	10	1	10
Cargas diversas	1	200	1	200
TOTAL				827

Nota: Los valores presentados corresponden a la demanda energética estimada de cada dispositivo considerado para el equipo experimental solar, alcanzando un consumo máximo diario de 827 Wh/día.

8.8 Consumo real o efectivo (Wh)

En el desarrollo de este análisis, uno de los puntos que no se pueden obviar es el de las pérdidas de energía que se producen cuando se opera el equipo experimental solar. Para que podamos considerarlas y, por tanto, conseguir un valor de consumo más aproximado a la realidad del funcionamiento, aplicamos la siguiente expresión matemática:

Ecuación 1. Cálculo de consumo

$$E_t = \frac{E}{R} \quad (1)$$

Donde:

E_t : Demanda energética total diaria (Wh/día). Es la energía que el sistema tiene que entregar efectivamente para compensar tanto el consumo que hacen los equipos como las pérdidas que tiene el sistema al realizar la entrega de energía.

E : Consumo energético neto (Wh). Es la energía que utilizan los dispositivos que conectamos durante su funcionamiento de manera directa.

R: Factor de eficiencia del sistema (adimensional, con valores en el intervalo [0, 1]). Es el grado de aprovechamiento energético que tiene el conjunto de equipos que conforman la instalación que se modeliza, incluyendo el inversor, los conductores y el resto de los elementos del circuito.

Para poder determinar el factor de eficiencia global de la instalación se recurre a la siguiente expresión:

Ecuación 2. Cálculo de rendimiento global

$$R = (1 - K_b - K_c - K_v) * (1 - \frac{K_a * N}{P_d}) \quad (2)$$

Donde:

K_b : factor de pérdidas debidas a la eficiencia propia de los acumuladores. (adimensional)

K_c : factor de pérdidas por el inversor. (adimensional)

K_v : factor de pérdidas varias del sistema. (adimensional)

K_a : factor de autodescarga diaria del acumulador. (adimensional)

P_d : nivel de descarga diario máximo permitido en el banco de baterías. (%)

N : número de días de operación autónoma de la instalación. (días) [19]

Siguiendo el valor correspondiente en la Ecuación 2, se presenta el resultado que aparece a continuación:

$$R = (1 - 0,05 - 0,05 - 0,05) * (1 - \frac{0,05 * 1}{0,5})$$

Para la Ecuación 1 el resultado será el siguiente:

$$E_t = \frac{827 \text{ Wh}}{0,8415} = 982,8 \text{ Wh}$$

8.9 Capacidad de almacenamiento

Para poder tener autonomía y hacer uso del sistema también en momentos donde no haya sol, necesitamos disponer de baterías cuya capacidad de almacenamiento de energía sea la adecuada para atender la demanda de energía de la carga. Utilizaremos la fórmula siguiente para realizar dicha evaluación:

Ecuación 3. Cálculo de capacidad de baterías

$$C = \frac{E_t * N}{V * P_d} \quad (3)$$

Donde:

C : Capacidad total requerida en el banco de acumuladores. (Ah)

E_t : Demanda energética neta de la instalación. (Wh)

N : Días de funcionamiento autónomo previstos en el diseño. (días)

V : Tensión nominal del sistema. (V)

P_d : Porcentaje de descarga diaria admisible en los acumuladores. (%) [19]

$$C = \frac{234 * 1}{12 * 0.5} = 39Ah$$

8.10 Potencia del módulo fotovoltaico

Para establecer las dimensiones empleadas en la obtención del sistema de captación solar se tiene en cuenta un único panel, que obtiene únicamente la radiación natural disponible, es decir, prescinde de fuentes de iluminación artificial e instrumentos de medida de carácter experimental. Como valor de entrada para los cálculos se utiliza un valor de irradiancia de 1000 W/m² el cual responde a las Condiciones Estándar de Prueba (STC) internacionalmente utilizadas para la caracterización de los paneles solares.

En el recurso solar disponible en La Maná, un cantón perteneciente a la provincia de Cotopaxi se utiliza un promedio 5 horas de Irradiación solar máxima (HSP), las cuales corresponden a la franja horaria de la mayor obtención de energía a lo largo de la jornada, entiendo aproximadamente entre las 10:00 a.m. y las 03:00 p.m. [20].

8.11 Horas pico solares

Para este estudio, se adopta directamente el valor promedio de 5 h, ampliamente utilizado para la región de La Maná. Mediante un mapa interactivo podemos observar los meses en lo que existe mayor incidencia solar específicamente en la zona.

Figura 7. Zona geográfica / La Maná

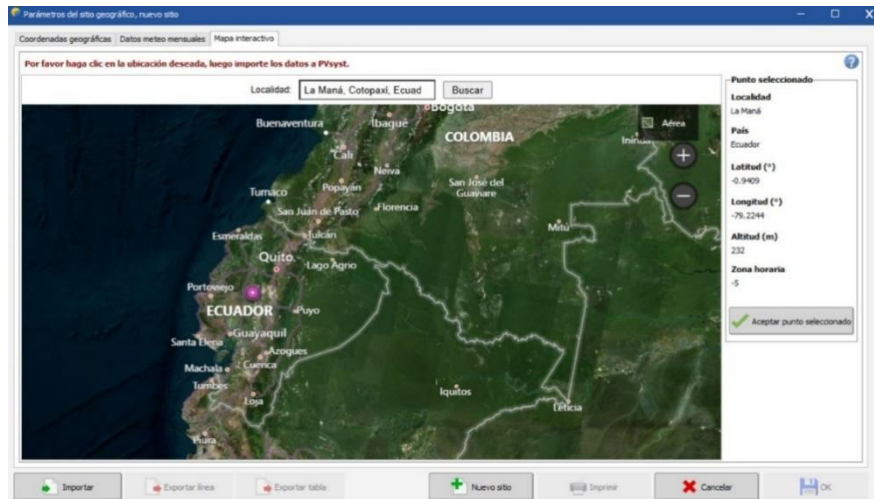
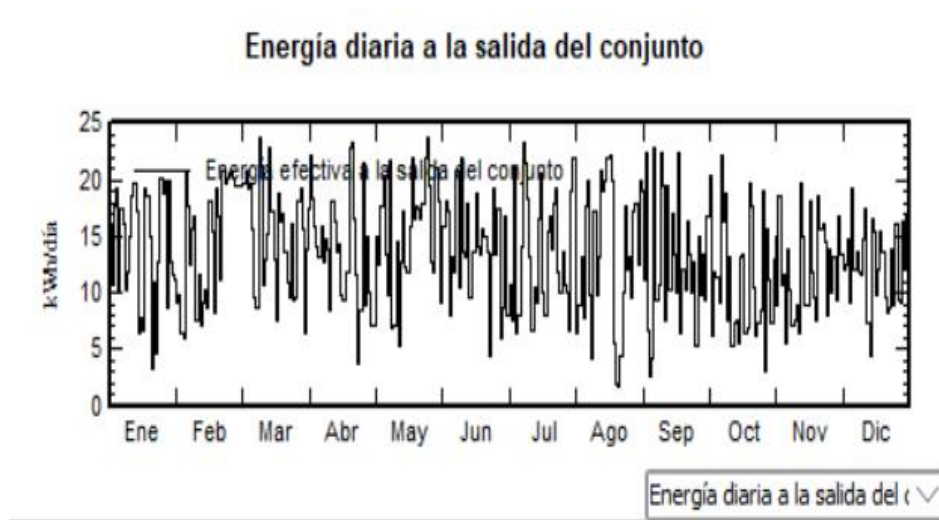


Figura 8. Energía diaria de la Maná



Con el propósito de determinar la potencia pico requerida en el panel de captación solar, se aplica la siguiente expresión de cálculo:

Ecuación 4. Cálculo de potencia fotovoltaica

$$P_{mod} = 1,25 * \frac{E_t}{HSP} \quad (4)$$

Donde:

P_{mod} : potencia máxima de captación del panel solar expresada en vatios pico (Wp). Sustituyendo los valores obtenidos:

$$P_{mod} = 1,25 * \frac{982,8}{5 h} = 196,56 W_p$$

El regulador de carga cumple una función fundamental en el sistema, ya que permite gestionar de forma adecuada los procesos de carga y descarga de las baterías, contribuyendo a prolongar su vida útil.

La corriente máxima que debe soportar el regulador se determina mediante la siguiente ecuación:

Ecuación 5. Cálculo de corriente máxima

$$I_{max} = I_{sc} * N_p \quad (5)$$

Donde:

I_{max} : será la corriente máxima del regulador de carga (A).

I_{sc} : será la de corto circuito del panel fotovoltaico.

N_p : será el número de paneles solare

Por tanto:

$$I_{max} = 14.05 * 1 = 14.05 A$$

En las circunstancias actuales, se elige un regulador de carga de 30 A, dado que también permitiría la conexión futura de paneles monocristalinos que pudieran ser montados en el laboratorio y, por supuesto, una operación segura y a la vez flexible del sistema [21].

8.11.1 Cálculos de los sensores del ESP 32**Ecuación 6.** Cálculo del tiempo transcurrido

$$t = \frac{m_i lli() - t_0}{1000} \quad (6)$$

Esto convierte milisegundos a segundos:

$$t = \frac{5000 - 2000}{1000}$$

$$t = \frac{3000}{1000} = 3$$

8.11.2 Cálculo de RPM

Los pulsos de 20

RPM= pulsos X 60

RPM=20 X 60

RPM = 1200

8.11.3 Lectura de sensores ADC

Ecuación 7. Cálculo de las lecturas de sensores ADC

$$V_{in} = \frac{Voltaje}{3.3} \times 4095 \quad (7)$$

8.11.4 Temperatura

$$Temp_{ADC} = 2100$$

$$V_{in} = \frac{Temp_{ADC}}{3.3} \times 4095$$

$$V_{in} = \frac{2100}{3.3} \times 4095$$

$$V_{in} = 1,69 \text{ Vatios}$$

8.11.5 Corriente

$$Corr_{ADC} = 1850$$

$$V_{in} = \frac{Corr_{ADC}}{4095} * 3.3$$

$$V_{in} = \frac{1850}{3.3} * 4095 = 1,49$$

8.11.6 Sensibilidad sensor de corriente

$$V_{in} = 1,49 \text{ V}$$

$$V_{offset} = 1.65 \text{ V}$$

Sensibilidad = 0.185 V/A

$$I = \frac{v_{in} - v_{offset}}{sensibilidad}$$

$$I = \frac{1.49 - 1.65}{0.185}$$

$$1.49 - 1.65 = -0.16$$

$$I = -0.16/0.185$$

$$I = -0.86$$

8.11.7 Sensor de sonido

$$Sound_{ADC} = 3000$$

$$V_{in} = \frac{Sound_{ADC}}{3.3} * 4095$$

$$V_{in} = \frac{3000}{3.3} * 4095 = 2.41V$$

8.11.8 Control de velocidad de control

$$Ciclo\ de\ trabajo = \frac{PW\ M}{255}$$

$$Velocidad\ de\ motor = 150$$

$$Ciclo\ de\ trabajo = \frac{150}{255} = 58\%$$

8.12 Sistema didáctico de energía solar para la carrera de TSE en la ULEAM

En la ULEAM, en el ámbito de la extensión El Carmen, y más concretamente en el programa Electromecánica, se percibió un déficit en relación con la disponibilidad de recursos experimentales dirigidos al campo de las fuentes limpias de generación eléctrica. Por tal motivo, se ideó, diseñó e implementó una herramienta de formación orientada hacia la captación solar que tuvo la finalidad de reforzar tanto las competencias prácticas como los fundamentos teóricos que tienen que ver con los cursantes.

El sistema fotovoltaico hace posible dar corriente a un foco para encenderlo y dar energía para alimentar pequeños equipos eléctricos, facilitando así la comprensión de la generación y del uso de esa energía por el alumno. La principal ventaja del desarrollo de un equipo de este tipo consiste en constituir una práctica real que permite desarrollar competencias técnicas de sistemas solares. A

pesar de esta ventaja que se puede obtener a partir de la implantación de este sistema, el mismo puede ser ampliado en el futuro con más cargas a simular y fuentes eléctricas para hacer un análisis más detallado. Este proyecto tiene una beneficio importante sobre el alumnado y sobre el profesorado que forma parte de la ULEAM extensión El Carmen, como un recurso que reforzará la formación en energías renovables [22].

Figura 9. Imagen del funcionamiento del equipo



[22]

8.13 Módulo didáctico de energía solar fotovoltaica para el LTI-ESFOT

El Instituto Tecnológico Superior LTI-ESFOT propone la carrera de la Tecnología Superior en Electromecánica, en el marco de cuya malla curricular se desarrolla la materia de Energías Renovables y Eficiencia Energética. Con el propósito de reforzar la instrucción teórica con experiencias prácticas, se creó un equipo experimental de captación solar que permite a los estudiantes comparar los conocimientos recibidos en el aula con situaciones reales de funcionamiento del laboratorio.

Este módulo permite la realización de pruebas, análisis de funcionamiento y prácticas relacionadas con sistemas fotovoltaicos aislados, contribuyendo al desarrollo profesional de los estudiantes. Entre sus ventajas se destaca que facilita el aprendizaje práctico, el manejo y mantenimiento de sistemas solares.

Como desventaja, el sistema está enfocado a prácticas básicas, por lo que puede ampliarse en el futuro con más cargas y equipos de medición de parámetros eléctricos y consumo energético. [23]

Figura 10. Módulo fotovoltaico



[23]

El Instituto Tecnológico Superior de Escárcega (ITSE) tiene el programa académico de la Ingeniería en Energías Renovables y que los estudiantes de quinto ciclo aceptaron el desafío de diseñar y elaborar una herramienta experimental con un propósito formativo: el aprendizaje autónomo de instalaciones solares de operación independiente. Esta actividad académica ha emergido como el camino a seguir para enlazar los contenidos teóricos trabajados en los espacios de clase y la práctica de los contenidos aprendidos en el aula solo se puede vivir en la práctica acompañada en una sala de laboratorio.

Entre las actividades que el equipo experimental permite podemos incluir el montaje de circuitos en serie y en paralelo con paneles y acumuladores, la medición de distintas magnitudes eléctricas, y el dimensionamiento de sistemas de captación solar autónoma. En el mismo sentido también se elaboró una guía de prácticas estructurada que promueve el trabajo autónomo del alumnado, pues hay algo de reducción de posibilidad de intervención del profesor y también el fomento de una participación más activa durante el proceso formativo.

El desarrollo integral de destrezas tanto conceptuales como aplicadas, y también de habilidades en investigación, técnicas de soldadura o el manejo de herramientas especializadas, se encuentra entre sus principales fortalezas. Todo ello tiene su reflejo en el hecho de que, a juicio de los autores, como punto a mejorar se observa la conveniencia de ampliar el espectro del equipo y, en consecuencia, el de las prácticas; en tal caso incorporar nuevas prácticas y componentes adicionales para profundizar en el comportamiento de las instalaciones solares [24].

Figura 11. Implementación de un módulo fotovoltaico



[24]

8.14 Tablero didáctico fotovoltaico para el laboratorio de eléctrica de la UTN

Este proyecto de titulación, que se llevó a cabo en la Universidad Técnica del Norte, tuvo como objetivo el diseño de un panel experimental que permita la captación y aprovechamiento de energía solar, que forma parte del proceso formativo en el que se encuentran inmersos los alumnos del programa de Electricidad. Su principal propósito fue el de contribuir al desarrollo de las sesiones de prácticas de laboratorio con la integración de un sistema real de generación eléctrica proveniente de fuentes limpias, acercando así a los cursantes a entornos característicos del ejercicio profesional al que se aproximan.

El tablero didáctico está conformado por elementos de protección, de medida y de conversión de energía, lo cual le permite al estudiante ejecutar prácticas de sistemas fotovoltaicos. El mismo se encuentra constituido por un panel fotovoltaico de 75 W, un regulador de carga de 20 A, una batería de 105 Ah, un inversor de 350 W y dispositivos de maniobra de medida y de seguridad para la utilización de cargas en corriente continua y alterna.

Uno de los rasgos más sobresalientes de este trabajo radica en su contribución ambiental, en tanto que promueve el uso de fuentes limpias en lo que a la generación de electricidad respecta y favorece el desarrollo de competencias técnicas de los estudiantes y, de esta manera, permite una contextualización completa del funcionamiento de una instalación solar. Otra vía de mejora que plantea el propio sistema y su expansión es la posibilidad de poder implementar, en un futuro no muy lejano, nuevos aparatos y actividades prácticas, que contribuyan a una ampliación del alcance

de este análisis e incrementen las posibilidades de experimentación disponibles, para los alumnos y alumnas [25].

Figura 12. Tablero didáctico fotovoltaico Universidad Técnica del Norte



[25]

9 METODOLOGÍA Y DISEÑOS EXPERIMENTAL

9.1 Diseño y selección de materiales

La selección de los componentes del módulo didáctico fotovoltaico se realizó en función de los resultados obtenidos en el dimensionamiento técnico, considerando criterios de disponibilidad en el mercado local, costo, características eléctricas y compatibilidad entre elementos del sistema.

Tabla 5. Justificación de materiales

Componente	Alternativas consideradas	Criterios de selección	Opción seleccionada	Justificación técnica
Panel solar	Panel policristalino 250 W, Panel monocristalino HC 550 W, Panel de película delgada 150 W	Eficiencia de conversión, potencia nominal, disponibilidad local y costo por Wp	Panel monocristalino HC 550 W — POWEST	Mayor eficiencia de conversión respecto al policristalino, potencia superior a los 196,56 Wp calculados y precio competitivo en el

				mercado local.
Inversor	Inversor convencional 500 W 12 V, Inversor All-in-One 1 kVA, Inversor de onda pura 600 W	Potencia nominal, integración de controlador y cargador, tipo de onda de salida	Inversor solar All-in-One 1 kVA — POWEST	Integra en un solo equipo el inversor, el controlador de carga MPPT y el cargador de batería, simplificando las conexiones del sistema y reduciendo puntos de falla.
Batería	Batería de plomo-ácido abierta 100 Ah, Batería sellada AGM 200 Ah, Batería de litio 100 Ah	Capacidad nominal, mantenimiento requerido, seguridad en laboratorio y costo	Batería sellada AGM 12 V — 200 Ah	Capacidad superior a los 163,8 Ah calculados, libre de mantenimiento, sin emisión de gases y de operación segura en espacios cerrados como laboratorios.
Microcontrolador	Arduino UNO con módulo ESP8266, Raspberry Pi 3, ESP32	Conectividad WiFi integrada, cantidad de pines analógicos y digitales, costo	Microcontrolador ESP32	Cuenta con WiFi y Bluetooth integrados, mayor cantidad de pines GPIO respecto al Arduino UNO,

		y compatibilidad con sensores		capacidad de servidor web propio y bajo costo frente a la Raspberry Pi.
Sensor de corriente	Sensor de efecto Hall ACS712, Transformador de corriente SCT-013, Resistencia shunt con amplificador	Rango de medición, aislamiento galvánico, compatibilidad con ESP32 y costo	Sensor ACS712 — 30 A	Ofrece aislamiento galvánico entre la línea de potencia y el microcontrolador, salida analógica directamente compatible con los pines ADC del ESP32 y costo reducido.
Sensor de temperatura	DHT11, DHT22, LM35	Rango de medición, precisión, protocolo de comunicación y costo	Sensor DHT11	Protocolo digital de un solo hilo compatible con ESP32, costo bajo, suficiente precisión para el monitoreo térmico del panel en condiciones de laboratorio.
Sensor de sonido	Módulo KY-037, Módulo KY-038, Micrófono analógico MAX4466	Sensibilidad ajustable, salida digital y analógica, compatibilidad	Módulo KY-037	Dispone de salida analógica de alta sensibilidad y potenciómetro de ajuste,

		con ESP32		permitiendo calibrar el umbral de detección del sonido de la sirena con precisión.
Sensor de RPM	Módulo LM393 con disco encoder, Sensor infrarrojo FC-03, Encoder óptico incremental	Resolución de medición, compatibilidad con señal digital del ESP32 y costo	Módulo LM393 con disco encoder	Genera pulsos digitales limpios compatibles con las interrupciones del ESP32, bajo costo y fácil integración mecánica al eje del motor Mitsumi.
Estructura	Perfil de aluminio, Tubo cuadrado de acero, Tubo redondo de hierro galvanizado	Resistencia mecánica, peso, costo y facilidad de mecanizado	Tubo redondo de acero 1/4 con plancha PVC	El tubo de acero garantiza rigidez estructural suficiente para soportar el panel solar y los componentes del sistema; la plancha PVC actúa como base aislante y facilita la organización del cableado.
Dispositivos de protección	Interruptor termomagnético, Interruptor	Tipo de protección ofrecida,	Interruptores diferenciales	Protegen tanto a las personas ante contactos

	diferencial, Fusibles con porta fusibles	calibre disponible y norma aplicable		accidentales como a los equipos ante sobrecargas y cortocircuitos, cumpliendo con los requerimientos de seguridad eléctrica en instalaciones de laboratorio.
--	---	---	--	---

9.2 Métodos

9.2.1 Observación

Con la observación directa fue posible identificar las carencias que se observaban en el laboratorio del programa de Ingeniería Electromecánica, especialmente aquellas en relación con el desarrollo de destrezas técnicas aplicadas. Este enfoque metodológico tenía como objetivo guiar la propuesta de mejora hacia un mejor desempeño profesional de los egresados, en su inserción en el mundo laboral y la promoción del uso responsable de las fuentes limpias de generación eléctrica, enfatizando el caso de la captación solar en la región.

9.2.2 Encuesta

Mediante la recopilación sistemática de opiniones de alumnos y docentes vinculados al área de fuentes alternativas de energía, se logró evidenciar la necesidad concreta de contar con un equipo experimental de captación solar en el laboratorio. Este instrumento facilitará el estudio de los aspectos más relevantes de los sistemas de conversión solar, contribuyendo al fortalecimiento del proceso formativo en el programa de Ingeniería Electromecánica.

9.2.3 Investigación bibliográfica

Este método de investigación nos permitió encontrar y seleccionar la información técnica más conveniente para fundamentar la propuesta, proporcionando el conocimiento relacionado con las características, especificaciones y criterios de elección de los elementos de que dispone la

instalación solar, afianzando así las bases requeridas para una evaluación de decisiones correctamente fundamentada en el marco del diseño de un sistema.

9.2.4 Método deductivo

Este procedimiento metodológico nos permitió procesar y analizar la información obtenida a partir del análisis de fuentes fiables, las cuales eran: artículos de investigación científica, trabajos de titulación y el uso de plataformas especializadas asociadas a las características y aplicaciones de los equipos de captación solar. El acceso controlado a este conocimiento nos ofreció la posibilidad de definir criterios técnicos sólidos para el diseño y cálculo del sistema.

9.2.5 Método cuantitativo

La aplicación de este método nos permitió estructurar adecuadamente el proceso de planificación y construcción del equipo experimental a partir de un inventario de forma detallada de los materiales y componentes que hay que estudiar en forma conjunta. En base a este análisis nos permitió establecer cuáles eran las opciones más adecuadas desde los puntos de vista técnico y económico de manera que el resultado de la instalación se pueda aplicar con éxito en el laboratorio.

9.3 Instrumentos

9.3.1 Registro de experiencias

El inicio de la implementación de este proyecto fue la información brindada por los docentes en el área, aportes que expresaron en base a sus apreciaciones producto de años de ejercicio profesional y del contacto cotidiano que tienen con los estudiantes durante las sesiones de laboratorio. Sus relatos dejaron al descubierto situaciones concretas del ámbito académico y precisaron las principales brechas que se evidenciaban en relación a las fuentes alternativas de generación eléctrica, se logró tener una apreciación realista y fundamentada con respecto a las verdaderas necesidades del espacio formativo.

9.3.2 Cuestionario

La utilización de instrumentos de consulta dirigidos a los alumnos y, en general, a los docentes del programa de Ingeniería Electromecánica permitió obtener un diagnóstico claro acerca de la conveniencia de disponer de un equipo experimental de captación de energía solar en el laboratorio y la información obtenida puso en claro la necesidad concreta de contar con un sistema que permitiera medir y analizar las principales magnitudes eléctricas en condiciones de carga parecidas a las que tendría una vivienda desconectada de la red convencional.

9.3.3 Medición

Por otro lado, y para asegurar la confianza y la precisión de los datos obtenidos durante el trazado de las magnitudes eléctricas del sistema, es importante contar con instrumentos de medición adecuados que permitan confrontar, calibrar y validar los datos que aporta el equipo experimental.

9.3.4 Osciloscopio

en forma de ondas, las cuales pudimos representar de forma gráfica de modo que, a través de las gráficas, se pudiera ver cómo la tensión variaba con el tiempo y se pudiera entender el comportamiento de las señales eléctricas cuando están funcionando [26].

Figura 13. Osciloscopio



9.4 Amperímetro de gancho (MILWAUKEE)

El amperímetro de gancho de la marca Milwaukee constituye un instrumento de medición muy versátil, siendo capaz de registrar corrientes de hasta 400 A y tensiones de hasta 600 V tanto en corrientes alternas como continuas, incluyendo además la medición de resistencia eléctrica. Su mordaza con apertura de aproximadamente 25 mm es apta para conductores con diferentes secciones; su pantalla digital con retroiluminación facilita la legibilidad y garantiza una lectura precisa en cualquier situación de condiciones de iluminación. Este instrumento fue utilizado para comprobar, durante el proyecto, los valores de corriente y tensión en el sistema satisfaciendo a la vez dicha función de referencia para comprobar los datos de la medida experimentada [27].

Figura 14. Multímetro de gancho



9.5 Multímetro

Un multímetro es una de las herramientas de medición eléctrica más importantes, ya que agrupa diversas funciones en un solo instrumento y permite la medición de magnitudes eléctricas de forma cómoda y precisa. Tiene principalmente la función de medir voltaje, corriente y resistencia en un único instrumento.

Este instrumento se aplica en el ámbito doméstico y profesional para diagnosticar y comprobar el estado de instalaciones, circuitos y elementos eléctricos o electrónicos. Gracias a sus diferentes escalas y modos de medida, el multímetro permite evaluar las variables eléctricas más relevantes para poder entender cómo se comporta un sistema, buscar fallos o comprobar que un equipo funciona adecuadamente [28].

Figura 15. Multímetro



9.6 Software

9.6.1 ESP32

El ESP32 es un microcontrolador que permite el control y procesamiento de datos, de alto rendimiento y que cuenta con conexión wifi y conexión bluetooth, además de varios periféricos I/O. Este dispositivo se utilizó para recibir y transmitir información de los sensores de voltaje y corriente del sistema [29].

9.6.2 Sensores de ESP32

Un sensor se define como un elemento capaz de detectar las variaciones que se dan en su entorno y enviar una respuesta hacia otro sistema. Su objetivo principal es transformar una magnitud física en una señal eléctrica, analógica o digital, que pueda aparecer en un aparato de lectura o ser enviada para su posterior tratamiento [30].

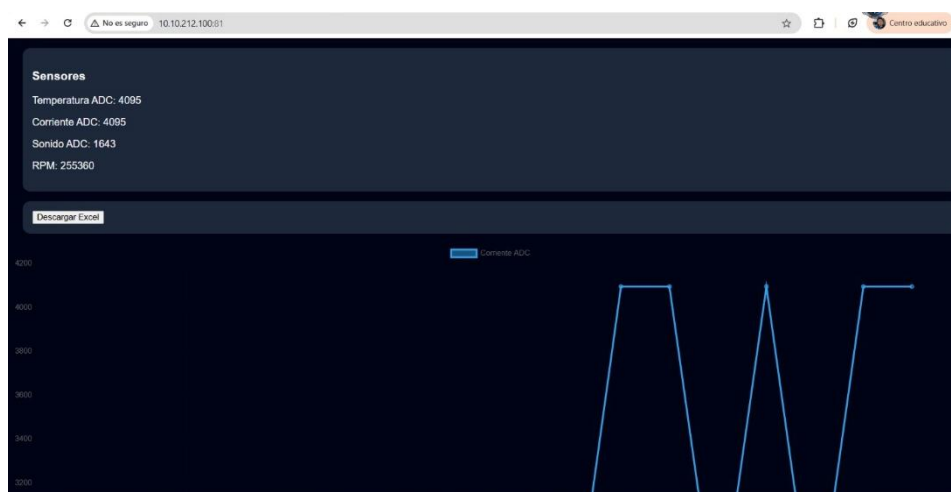
9.7 Relee de Arduino de 2 salidas

El módulo de relés es un dispositivo empleado para el control de cargas eléctricas, permitiendo la activación y desactivación de equipos de forma segura. Cuenta con aislamiento eléctrico y señalización de estado, lo que facilita su uso con distintos microcontroladores en aplicaciones de automatización y control [31].

9.8 Página web

Al acceder a la página web, es posible visualizar los datos obtenidos correspondientes a las distintas variables monitoreadas por el sistema.

Figura 16. Página Web

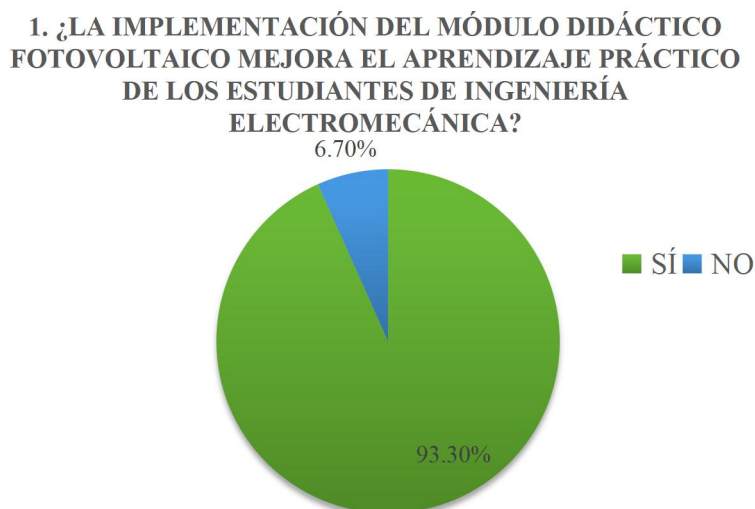


10 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

10.1 Encuesta realizada a los estudiantes

Con la intención tratar de obtener una valoración argumentada de la propuesta se elaboró un instrumento de consulta, que estaba integrado por diez preguntas el cual fue aplicado sobre 30 alumnos del programa de Ingeniería Electromecánica de la UTC Extensión La Maná, la selección de las personas consultadas fue a través de un criterio intencional, priorizando aquellos que cursaban asignaturas de contenidos directamente relacionados con sistemas eléctricos y fuentes limpias de generación energética, por estimar que formarían el grupo con mayor capacidad para evaluar la adecuación y la utilidad del equipo experimental. La recogida de información se desarrolló en el ciclo académico octubre de 2005 y marzo de 2006, en las mismas instalaciones de la institución. Los objetivos más relevantes del instrumento eran tres: conocer la necesidad de dotar de una herramienta experimental de captación solar al laboratorio, conocer las expectativas que los cursantes tienen sobre las funcionalidades del equipo y conocer el grado de aceptación de la propuesta en la comunidad estudiantil del programa.

Figura 17. Distribución de respuestas - Pregunta 1



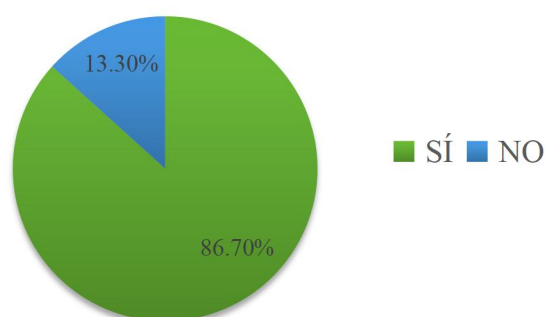
Esta pregunta se planteó con el objetivo de conocer si el implementar un módulo didáctico fotovoltaico realmente aporta al aprendizaje práctico en los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electromecánica. Las respuestas obtenidas permitieron determinar la idea que tienen acerca de la utilidad de contar con herramientas que sinteticen la teoría mediante la práctica. Los resultados permiten establecer que la propuesta corresponde a una necesidad existente dentro del proceso

formativo ya que permite fomentar el desarrollo de las habilidades técnicas relacionadas con el uso y el análisis de los sistemas fotovoltaicos.

Ante esta pregunta, el 93.3 % de los alumnos tiene una respuesta favorable, lo que pone de manifiesto una aceptación importante del proyecto y avala su desarrollo como alternativa viable para la consolidación de la enseñanza y la formación académica.

Figura 18. Distribución de respuestas - Pregunta 2

2. ¿EL MÓDULO DIDÁCTICO PERMITE A LOS ESTUDIANTES COMPRENDER EL FUNCIONAMIENTO BÁSICO DE UN SISTEMA FOTOVOLTAICO?



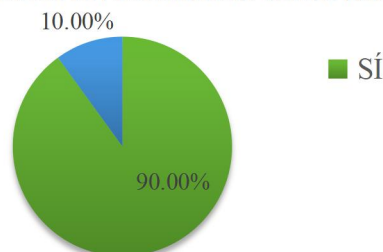
La pregunta se formuló para conocer si el módulo didáctico da ayuda a los estudiantes a entender con claridad el funcionamiento básico de un sistema fotovoltaico, las respuestas ofrecieron, a la vez, la posibilidad de verificar si el uso del módulo didáctico permitía entender la parte práctica de los principios fundamentales de generación de energía solar.

Los resultados se encuentran dentro de un rango que tienen una buena relación intermedia porque era de esperar que el módulo que se presenta sea un apoyo académico importante, ya que permite relacionar la teoría observando directamente el sistema y su funcionamiento.

En esta pregunta, un 86,7 % de los estudiantes respondieron que sí, lo que muestra una buena aceptación del mismo y confirma que la utilización del módulo didáctico ayuda de forma positiva a entender los sistemas fotovoltaicos en la formación académica.

Figura 19. Distribución de respuestas - Pregunta 3

**3. ¿LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA APLICADA
EN EL MÓDULO CONTRIBUYE A LA
FORMACIÓN EN ENERGÍAS RENOVABLES?**

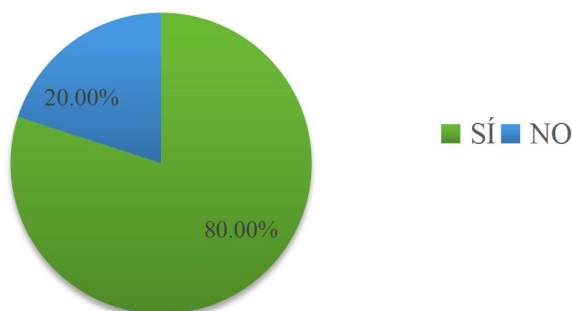


La incorporación de energía fotovoltaica al módulo tiene que permitir que el alumno pueda haber elaborado un objetivo de aprendizaje claro y práctico de los principios relacionados con las energías renovables, facilitando la comprensión de los elementos que las componen, así como su funcionamiento e interacción correcta. Un correcto diseño estructurado y educativo permite al alumno establecer un marco mental correcto desde el primer contacto con el equipo, permitiéndole el análisis, la experimentación y el refuerzo de los conocimientos teóricos a través de prácticas reales en el laboratorio, lo cual es básico en su proceso de aprendizaje.

El 90 % de las respuestas de una encuesta realizada indica que la introducción de la energía solar fotovoltaica, en el módulo, contribuye de forma significativa a la educación en energías renovables. Esta afirmación está fundamentada en que potencia el aprendizaje práctico, amplía el entendimiento relacionado con tecnologías limpias y estimula el interés hacia la investigación y desarrollo de nuevas opciones energéticas. Estos resultados fundamentan la necesidad de elaborar e implementar un módulo fotovoltaico experimental que colabore en la formación integral del estudiante, lo que va a permitir a la UTC formar en la práctica profesionales con un compromiso social, sostenible y de uso de energías alternativas para el país.

Figura 20. Distribución de respuestas - Pregunta 4

4. ¿EL MÓDULO DIDÁCTICO FOTOVOLTAICO INCLUYE ELEMENTOS DE MEDICIÓN Y PROTECCIÓN ELÉCTRICA?

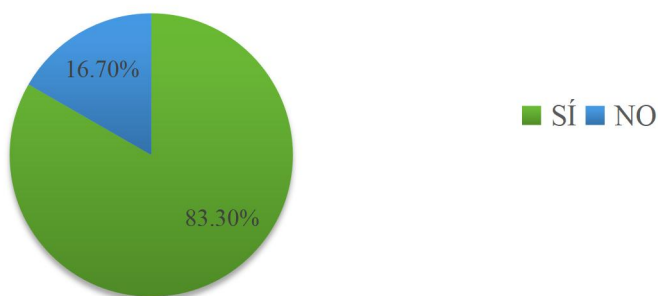


La introducción de los instrumentos de medida y los dispositivos de protección eléctrica en el módulo didáctico fotovoltaico es un aspecto relevante a la hora de garantizar un aprendizaje seguro y técnico de los estudiantes. Por este motivo, los elementos mencionados contribuyen a que el estudiante observe el comportamiento del sistema y comprenda la relevancia del control de las variables eléctricas y la prevención de fallos de operación. A través de esta interacción los estudiantes desarrollan los criterios técnicos adecuados para el análisis del rendimiento del sistema, como también el correcto uso de reglas de seguridad eléctrica en situaciones reales.

El 80% de las encuestas considera que el módulo didáctico fotovoltaico incorpora los componentes de medida y protección eléctrica que alimentan plenamente la formación práctica y el alcance de competencias profesionales. Este resultado pone de manifiesto que, con un módulo experimental que incorpore estas características se puede comprender totalmente el funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos y desarrollar una cultura de la seguridad y preparar a los estudiantes en su futuro desempeño en contextos reales en las energías renovables.

Figura 21. Distribución de respuestas - Pregunta 5

5. ¿LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO APOYA EL DESARROLLO DE HABILIDADES TÉCNICAS EN LOS ESTUDIANTES?

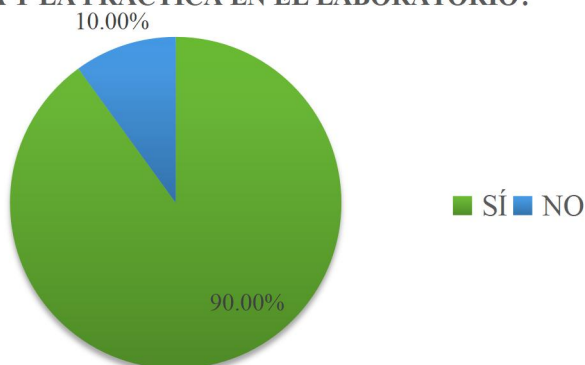


El inicio de las funciones del módulo apoya de alguna manera las habilidades técnicas del estudiantado que deben saber aplicar con mayor claridad su idea de cómo los conocimientos eléctricos funcionan en situaciones reales, las cuales son explicadas a través de este recurso, con el que logran explicar en un mejor sentido el comportamiento del sistema, pero que también permite analizar datos básicos e implementar decisiones técnicas con mayor seguridad, aspectos que podrían ser básicos para el proceso de formación académica del estudiante.

El 83,3 % de los encuestados creen que el módulo didáctico, en cambio, apoya el avance de habilidades técnicas, lo que significa que el estudiante lo considera una buena herramienta para aprender o sentirse seguro con su aprendizaje a partir del desarrollo de habilidades técnicas. Este resultado muestra que el módulo se convierte a su vez en un instrumento que apoya la seguridad del estudiante, pero también en una forma gradual de la habilidad de análisis del estudiante, lo que permite preparar al estudiante para sus decisiones técnicas para resolver específicamente situaciones propias de la profesión.

Figura 22. Distribución de respuestas - Pregunta 6

6. ¿EL USO DEL MÓDULO DIDÁCTICO FACILITA LA RELACIÓN ENTRE LA TEORÍA Y LA PRÁCTICA EN EL LABORATORIO?

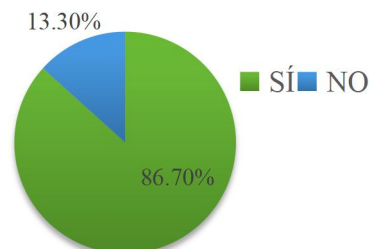


El uso del módulo fotovoltaico permite al alumnado expresar el aprendizaje de una forma más cercana y asimilable, ya que les ofrece la posibilidad de comprobar cómo los contenidos teóricos se reflejan en el funcionamiento real de un sistema determinado. A través del módulo en el laboratorio, el alumnado ya no se encuentra limitado a memorizar conceptos teóricos trascendentes, sino que empieza a interpretar resultados, observar cómo se producen determinadas variaciones y a llegar a comprender el porqué de determinados fenómenos eléctricos, lo que le permite alcanzar y progresivamente fortalecer su comprensión inicial.

El contacto directo con el equipo experimental, va aumentando el interés y la participación de los alumnos durante las sesiones de laboratorio, pasando los alumnos de ser un mero receptor pasivo a convertirse en el protagonista activo del proceso que debe ser formativo para ellos. La consulta llevada a cabo indica que el 90% de los encuestados piensan que la herramienta favorece el enlace entre el concepto tratado y la aplicación de este, lo que pone de manifiesto la utilidad de recurso integrador del conocimiento adquirido en el aula. Este dato resulta especialmente impertinente al observar que, más allá de reforzar los contenidos, el equipo experimental también va enriqueciendo la seguridad de los cursantes en el momento de poner en práctica lo aprendido, logrando así que estos vayan construyendo de manera gradual una concepción más sólida, crítica y próxima a la realidad del ejercicio profesional.

Figura 23. Distribución de respuestas - Pregunta 7

**7. ¿EL MÓDULO FOTOVOLTAICO PUEDE SER UTILIZADO
COMO HERRAMIENTA DE ENSEÑANZA EN VARIAS
ASIGNATURAS DE LA CARRERA?**

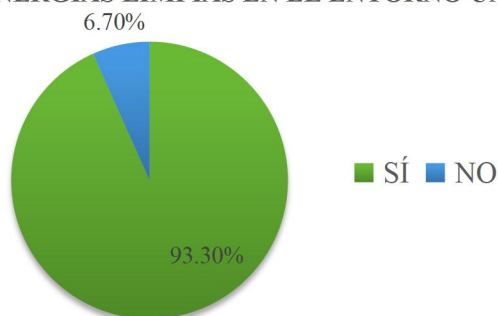


Este recurso didáctico puede ser utilizado durante las diferentes asignaturas de la carrera por el amplio espectro de contenidos técnicos que abarca y por su capacidad de ser adaptado a diferentes objetivos de aprendizaje. Su implementación hace que los estudiantes refuercen los saberes desde distintas perspectivas, interrelacionando los contenidos analizados en clase con la experiencia de una actividad práctica, ya que fomenta el desarrollo de una comprensión favorable y una progresiva gradualidad a lo largo de su formación.

El 86,7 % de los encuestados manifiestan que esta herramienta puede ser utilizada como apoyo en diferentes asignaturas, lo que pone de manifiesto su valor por dentro del proceso académico. Este resultado pone de manifiesto que disponer de un recurso que sea versátil está por mejorar la articulación de materias, optimizar el trabajo en laboratorio y contribuir a dar pie a una formación más sólida y coherente, lo que interesa a los estudiantes a enfrentarse de mejor forma a los desafíos propios de su futura actividad profesional.

Figura 24. Distribución de respuestas - Pregunta 8

8. ¿LA IMPLEMENTACIÓN DEL MÓDULO DIDÁCTICO FOTOVOLTAICO FOMENTA EL USO DE ENERGÍAS LIMPIAS EN EL ENTORNO UNIVERSITARIO?

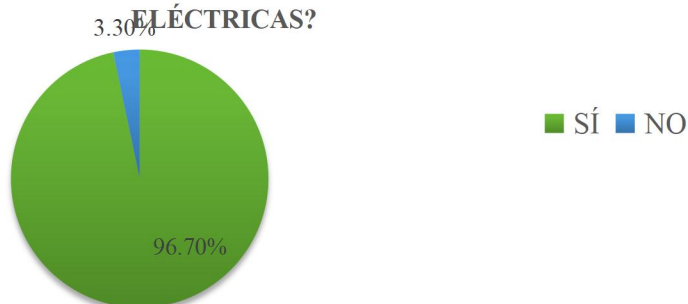


La existencia de esta herramienta en los espacios de aprendizaje permite que alumnos y profesores se acerquen directamente a sistemas de generación de la energía más responsables con el medio ambiente. Su uso facilita no sólo entender cómo funcionan estas tecnologías o estos sistemas, sino que también invita a reflexionar sobre la necesidad de disminuir el impacto ambiental y de buscar alternativas sostenibles en cada contexto. Este contacto permanente deja huella en la constitución de criterios más responsables a la hora de manejar los recursos energéticos. En paralelo, el hecho que pueda integrarse en actividades formativas también sirve para crear una cultura de la sostenibilidad desde el modo en que el estudiante aprende desde lo técnico, pero que también lo hace más sensible al problema de la energía actual.

Los resultados muestran que el 93,3% de personas encuestadas están de acuerdo en que la aplicación sí es un medio de fomentar el aprendizaje de energías limpias en las universidades. La alta aceptación de esta herramienta muestra que puede ayudar a formar un profesional más responsable. En otras palabras, el uso de esta herramienta puede conducir a la formación de profesionales más responsables medioambientalmente y más acorde con la energía que requerirán los profesionales tanto del presente como del futuro.

Figura 25. Distribución de respuestas - Pregunta 9

9. ¿EL MÓDULO DIDÁCTICO FOTOVOLTAICO CONTEMPLA LA INTEGRACIÓN DE PROGRAMACIÓN PARA EL MONITOREO Y CONTROL DE VARIABLES ELÉCTRICAS?

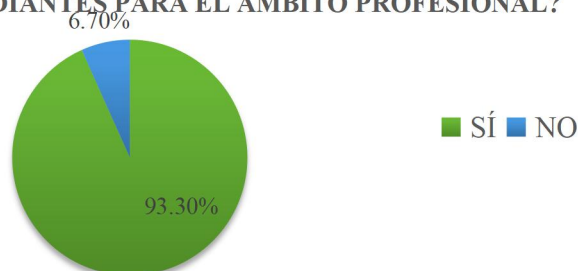


El desarrollo tecnológico obliga a que la formación académica incluya herramientas digitales que permitan analizar a la vez que gestionar los sistemas eléctricos de forma más eficiente. En este sentido, la inclusión de programación dentro del recurso didáctico hace que el alumnado conozca cómo se pueden monitorizar y regular variables eléctricas en tiempo real, integrando conocimientos de electrónica, de automatización y de sistemas de control en un único recurso formativo. La interacción con este tipo de sistemas programables contribuye a desarrollar la capacidad del estudiante de tratar datos, parámetros y comportamientos del sistema bajo distintas condiciones de trabajo.

De acuerdo con los resultados del cuestionario, el 96,7 % de los encuestados opina que el módulo incluye la programación para monitorizar y controlar variables eléctricas. Estos datos indican que la inclusión de las herramientas se identifica como una respuesta a las demandas actuales de la formación, contribuyendo al desarrollo de capacidades técnicas complejas y preparando a los estudiantes para el trabajo en los escenarios donde la automatización y el manejo de datos se erigen como elementos relevantes de su futura actividad laboral.

Figura 26. Distribución de respuestas - Pregunta 10

10. ¿EL MÓDULO DIDÁCTICO FOTOVOLTAICO CONTRIBUYE A PREPARAR A LOS ESTUDIANTES PARA EL ÁMBITO PROFESIONAL?



Una instrucción universitaria de calidad requiere de unos recursos que se aproximen a las condiciones reales del contexto profesional. Contar con un equipo experimental que reproduce situaciones propias de la práctica profesional, es ofrecer una oportunidad concreta para que el alumnado forme criterios técnicos fundamentados, asuma responsabilidades y se enfrente ante situaciones parecidas a las que deberemos resolver en la vida profesional futura. Esta herramienta, más que simplemente instrumental se transforma en un elemento de conexión entre el proceso de formación y la vida del trabajo, ya que el uso de dicha herramienta permite que el alumnado gane autoconfianza respecto de la aplicación práctica del conocimiento, respecto de la interpretación de los resultados, y respecto de la capacidad de decidir sobre aspectos técnicos viables y fundamentados en un análisis riguroso y coherente.

Conforme a los resultados obtenidos, el 93,9 % de los encuestados creen que esta nueva implementación forma a los estudiantes para desempeñarse en el ámbito profesional. Este resultado constata que el recurso desempeña un importante papel en la formación integral de los futuros profesionales, que en este sentido tienen garantizada una buena base que les sirva para adaptarse a lo que dicta el mercado laboral.

10.2 Encuesta realizada a los docentes

La muestra de 7 docentes que dictan asignaturas relacionadas con fuentes de generación no convencionales y con la producción de energía eléctrica.

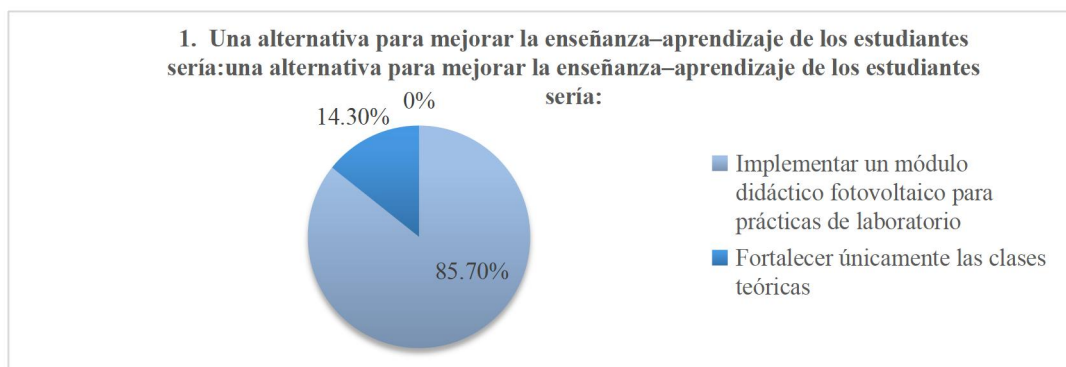
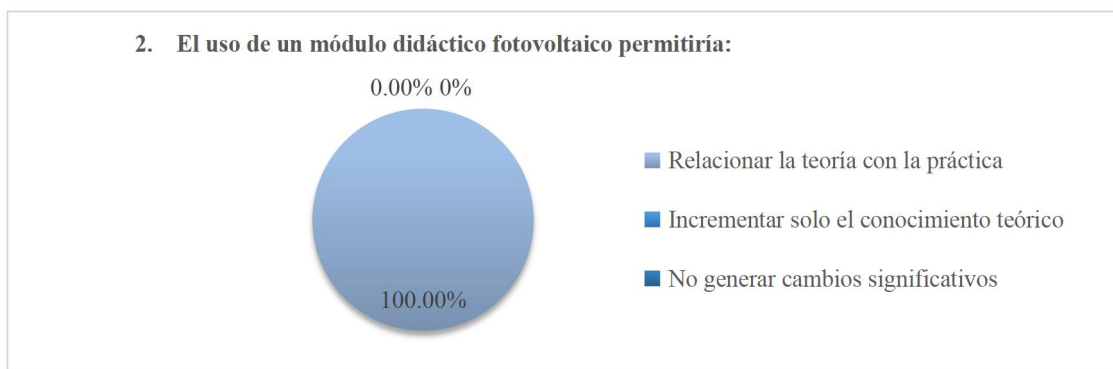
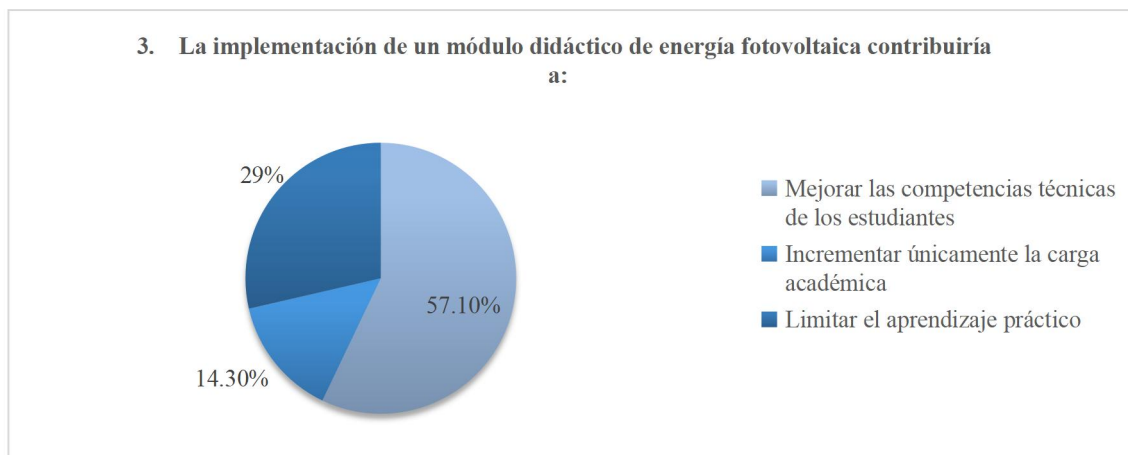
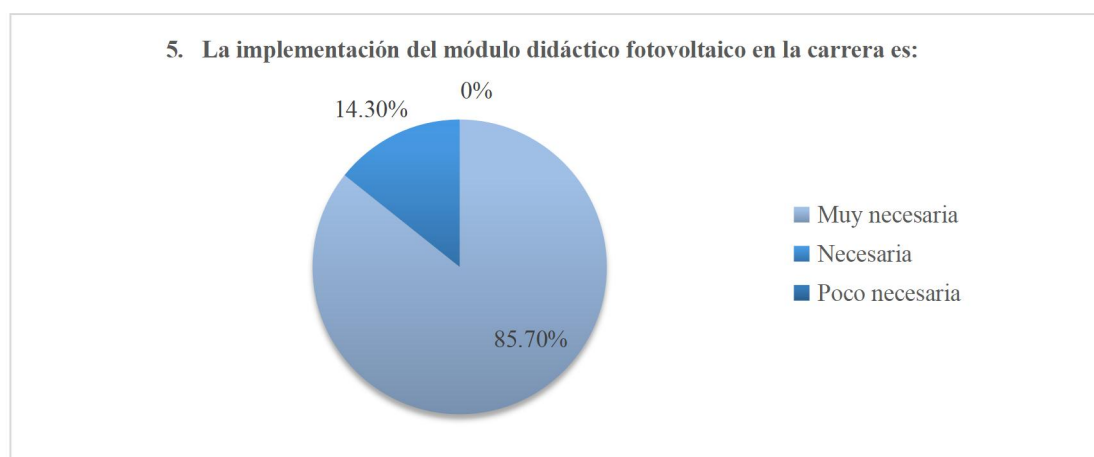
Figura 27. Distribución de respuestas — Pregunta 1, cuerpo docente de la carrera**Figura 28.** Distribución de respuestas — Pregunta 2, cuerpo docente de la carrera**Figura 29.** Distribución de respuestas — Pregunta 3, cuerpo docente de la carrera

Figura 30. Distribución de respuestas — Pregunta 4, cuerpo docente de la carrera**Figura 31.** Distribución de respuestas — Pregunta 5, cuerpo docente de la carrera

10.3 Resultados de la encuesta a docentes

El instrumento de consulta fue aplicado a los siete profesores que imparten las asignaturas relacionadas a la generación eléctrica y las fuentes no convencionales de la energía del programa de Ingeniería Electromecánica de la UTC Extensión La Maná, quienes son el total del cuerpo docente directamente relacionado a este tipo de áreas temáticas. Los resultados obtenidos muestran una valoración mayormente positiva sobre la inclusión de equipos de tipo experimental en las actividades de toda clase de laboratorio. Como se observa en la figura 27, el 85,7 % de los consultados aseguran que este tipo de instrumentos de consulta contribuyen y aportan de forma contundente a la formación educativa, ya que permite que los alumnos puedan lograr realizar conexiones físicas reales, contemplar de forma directa el comportamiento del sistema, y lograr una mejor comprensión de los fenómenos eléctricos en situaciones de práctica concreta.

Por otro lado, tal como muestra la Figura 28, el 71,4 % de los docentes considera que el módulo debería incluir herramientas para el monitoreo de parámetros eléctricos y el trabajo con distintos tipos de cargas, con el propósito de ampliar el análisis del desempeño del sistema y fortalecer los conocimientos técnicos adquiridos. Estos resultados reflejan que, aunque existen diferentes puntos de vista, predomina una valoración positiva sobre el uso de módulos didácticos como apoyo clave en la formación práctica y técnica de los estudiantes de Ingeniería Electromecánica.

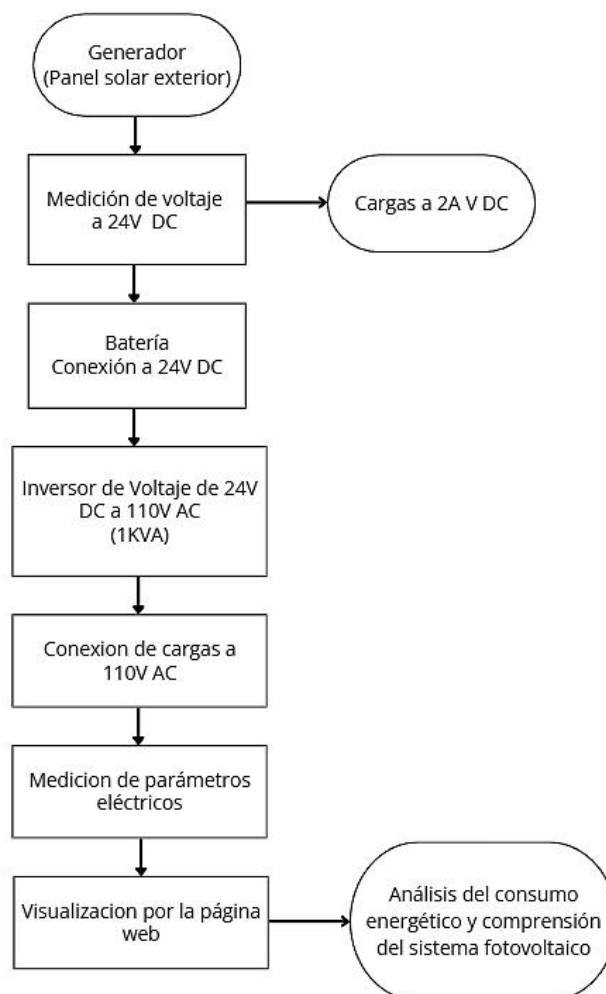
10.4 Equipos a utilizarse para la realización del módulo experimental fotovoltaico

Con base en los resultados obtenidos en las encuestas aplicadas a estudiantes y docentes, así como en los valores calculados durante el dimensionamiento técnico del sistema, se definieron los componentes que conforman el módulo didáctico fotovoltaico. La selección de cada elemento respondió a criterios de compatibilidad técnica, disponibilidad en el mercado local y capacidad de cubrir los requerimientos de generación, almacenamiento, protección y monitoreo del sistema. Los componentes principales que integran el módulo son los siguientes:

- Panel solar monocristalino HC 550 W — POWEST, seleccionado en función de la potencia pico calculada de 196,56 Wp.
- Inversor solar All-in-One 1 kVA — POWEST, que integra en un solo equipo el inversor, el controlador de carga y el cargador de batería.
- Batería sellada AGM 12 V — 200 Ah, con capacidad superior a los 163,8 Ah requeridos por el dimensionamiento.
- Set de conectores MC4 hembra y macho — POWEST, para la conexión segura entre el panel solar y el inversor.
- Voltímetro y amperímetro digital de panel en corriente continua, para la medición directa de los parámetros eléctricos del sistema.
- Interruptores diferenciales, para la protección de personas e instalaciones ante sobrecargas, cortocircuitos y fugas de corriente.
- Interruptores de encendido y apagado, para el control manual de cada carga conectada al módulo.
- Focos LED, bombillos incandescentes, panel LED cuadrado, sirena y tomacorrientes a 110 V, como cargas eléctricas representativas de una instalación real.
- Microcontrolador ESP32 con conectividad WiFi, como unidad central del sistema de monitoreo y control remoto.

- Sensores electrónicos: ACS712 para medición de corriente, DHT11 para temperatura, KY-037 para nivel de sonido y LM393 para medición de RPM del motor.
- Módulo de relés de dos canales, para el control remoto de la sirena y el foco desde la interfaz web.
- Motor DC Mitsumi con controlador L924, para la práctica de medición de velocidad de giro.
- Repetidor WiFi e interruptor inteligente WiFi, para garantizar la cobertura de red necesaria en el funcionamiento del servidor web del ESP32.

A continuación se describe el diagrama de bloques del sistema experimental de captación solar. El sistema parte de la conexión a un panel exterior que permitirá caracterizar el comportamiento de la radiación solar incidente. La tensión obtenida se obtiene a través de un instrumento digital combinado de voltaje y corriente, con el objetivo de determinar si efectivamente se alcanza la tensión de 24 V necesaria para el correcto funcionamiento del inversor; una vez asegurada esta conexión, se interconecta el inversor con el banco de baterías, del cual podrá abastecer pequeñas cargas en continua a través de sus bornes de salida. A partir de la misma fuente, el inversor, con potencia nominal de 1 kVA, convertirá esta corriente en alterna a 110 V para suministrar a los distintos aparatos externos conectados al sistema. Para evaluar estas cargas, se incorpora un conjunto de sensores capaces de registrar magnitudes de tensión, corriente y temperatura. Con respecto a la obtención de datos, se tendrá acceso a una plataforma Web desde el navegador de cualquier dispositivo conectado a la red local mediante su dirección IP, existiendo además la posibilidad de exportar los registros en forma de hoja de cálculo para un posterior trabajo de procesamiento. Esta configuración permite a los cursantes comprender en profundidad el consumo energético y el funcionamiento real de una instalación solar, consolidando las destrezas necesarias para el diseño y puesta en marcha de este tipo de sistemas en su futuro desempeño profesional.

Figura 32. Diagrama de bloques para el módulo fotovoltaico

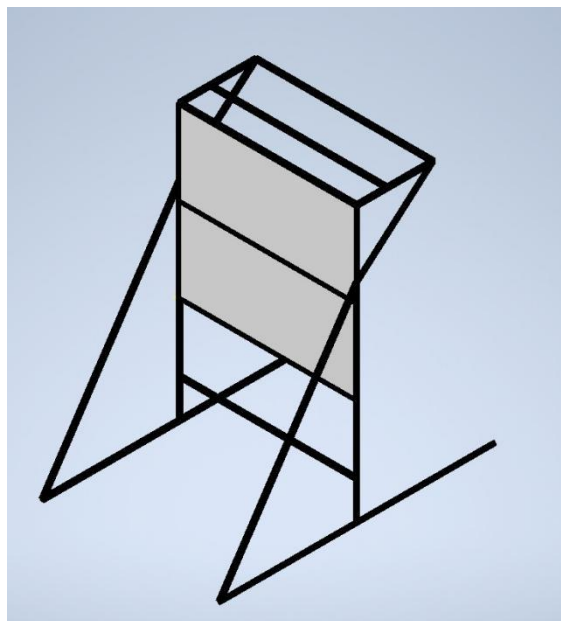
10.5 Diseño del módulo fotovoltaico

Este texto propone la elaboración y el montaje de un equipo experimental de captación solar orientado a la formación en la utilización de fuentes limpias de electricidad, actualmente un tema de creciente importancia a la hora de abordar la energía. No sólo se trata de ofrecer contenidos, sino que se busca establecer un vínculo real entre los fundamentos conceptuales y el espacio concreto de aplicación que contemplan las actividades formativas de los alumnos del programa de la Ingeniería Electromecánica de la UTC Extensión La Maná.

A través de este equipo, los cursantes pueden observar, de manera directa, el comportamiento de los paneles de captación solar, de los dispositivos de protección eléctrica, de los instrumentos de medida, el control y de la respuesta de las diversas cargas que forman parte del sistema.

La propuesta surge como respuesta concreta a la necesidad de actualizar y enriquecer los entornos de los formativos técnicos, proporcionando al laboratorio una infraestructura que permita llevar a cabo prácticas reales, seguras y significativas; es decir, acercando a los alumnos a situaciones que le acercan a un ejercicio profesional que se adecúa a sus condiciones reales.

Figura 33. Diseño estructural del módulo



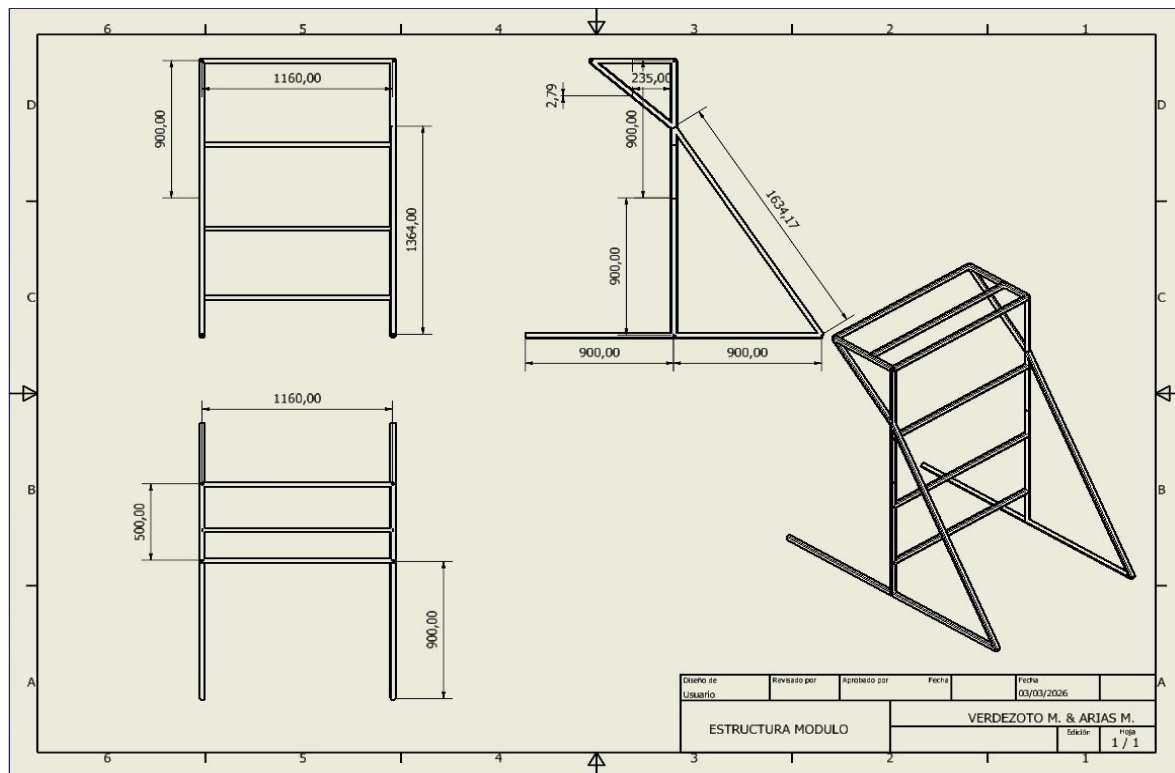
10.6 Planos del módulo

Los planos del equipo experimental de recepción del calor solar muestran la solución estructural fijada para el elemento de soporte y para la integración de todos los elementos eléctricos, electrónicos y de control que componen el sistema. La concepción de esta armazón ha sido generada siguiendo criterios de estabilidad mecánica, de carga y de seguridad de uso, con el objetivo de garantizar un correcto funcionamiento a lo largo de las prácticas de laboratorio y durante el uso continuado en el entorno académico.

El sistema está conformado, en primer lugar, por una estructura inclinada la cual permite fijar correctamente el panel solar, además que cuenta con otra estructura secundaria en forma de H, el cual contiene los cuadrantes de plancha PVC en donde van fijado los interruptores, medidores, tomacorrientes y demás dispositivos del sistema, asegurando una distribución equilibrada del peso y facilitando el acceso para conexiones, mantenimiento y mediciones. Todas las uniones fueron realizadas de manera segura, garantizando solidez mecánica y durabilidad a largo plazo.

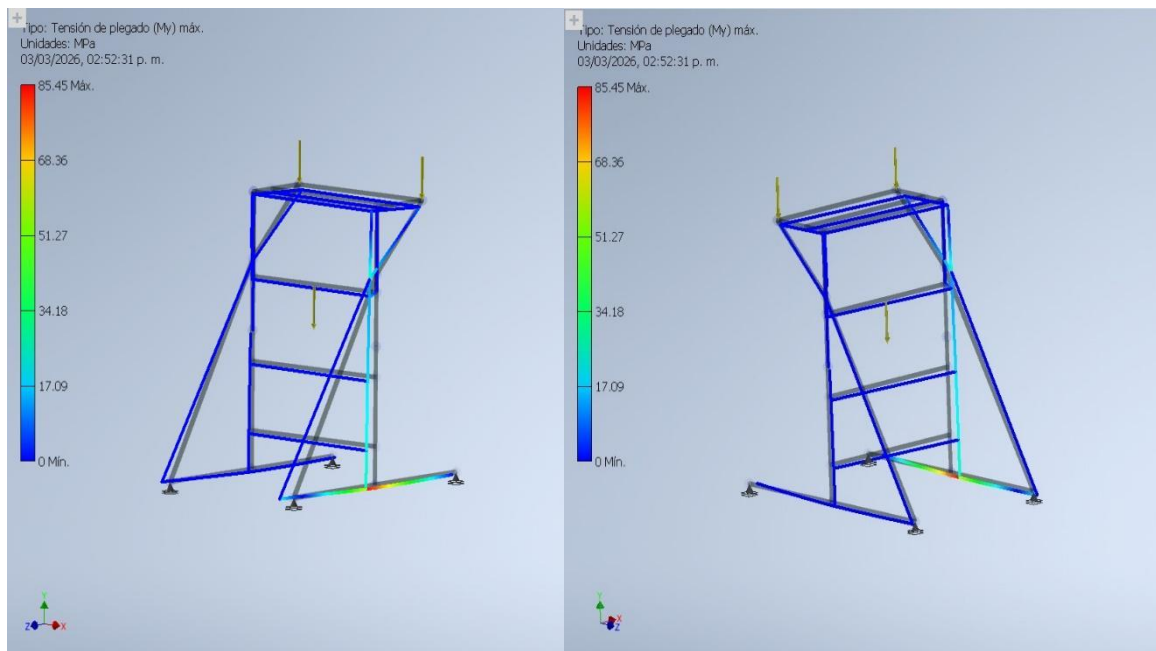
Las dimensiones del módulo fueron definidas para permitir una adecuada organización de los elementos y una manipulación cómoda por parte de los estudiantes. Asimismo, se incorporaron refuerzos estructurales que aumentan la capacidad de carga y evitan deformaciones, asegurando que el módulo pueda soportar sin inconvenientes el peso de los equipos instalados y las condiciones normales de uso académico.

Figura 34. Planos del módulo



Los resultados obtenidos del análisis estructural del módulo fotovoltaico evidencian que la estructura opera bajo condiciones adecuadas de seguridad y estabilidad. El desplazamiento máximo registrado se mantiene dentro de rangos permitidos, sin generar deformaciones que comprometan la integridad del sistema.

En lo que se refiere a la acumulación de tolerancias de las dimensiones, los valores calculados se encuentran dentro de los valores previstos en el momento de realizar la fase de diseño, lo que asegura un ensamblado preciso de todos los componentes así como una funcionalidad estable del equipo a lo largo de las sesiones de laboratorio en las que se ha empleado.

Figura 35. Análisis de esfuerzos

A continuación, se presentan las dimensiones principales de la estructura del módulo fotovoltaico, las cuales fueron establecidas de acuerdo con el diseño mecánico y considerando los requerimientos necesarios para la correcta instalación y fijación de los componentes eléctricos y electrónicos del sistema solar.

Tabla 6. Medidas de la estructura

Nº	Descripción de la medida	Dimensiones (mm)
1	Altura total de la estructura	1800
2	Ancho total de la estructura	1160
3	Ancho de la parte superior	500
4	Profundidad de la parte superior (lado izquierdo)	200
5	Altura del primer segmento	550
6	Altura acumulada hasta el segundo nivel	1100
7	Altura del segmento inferior	900
8	Ancho del travesaño inferior central	900
9	Profundidad de la base	900

10	Desfase vertical en los extremos de la base	250
11	Patatas de la zona inferior del panel	60
12	Altura del módulo con inclinación	1700
13	Cuadrantes de PVC	39x50
14	Espesor / Altura del marco superior	1660

10.7 Descripción técnica de los componentes del módulo didáctico

Cada uno de estos componentes fue seleccionado con el propósito de simular de manera realista el funcionamiento de una instalación eléctrica fotovoltaica actual. Entre los dispositivos implementados se incluyen luminarias LED, sirena, sensores de corriente, voltaje, temperatura (DHT11), sonido (KY-037) y velocidad (LM393 para RPM), además de un relé de dos canales y el ESP32 con conectividad WiFi como unidad principal de control. Estos elementos permiten no solo medir y supervisar variables eléctricas y ambientales, sino también ejecutar acciones como el encendido de un foco o la activación de una sirena mediante control remoto desde una página web.

La integración de todos los dispositivos dentro del módulo tiene como finalidad brindar un aprendizaje más práctico e interactivo, donde podemos ver los parámetros eléctricos del sistema en tiempo real, y hacer un análisis de su funcionamiento y del funcionamiento de un sistema fotovoltaico automatizado. Así, la estructura modular del módulo fue diseñada de una forma ordenada pudiendo ser montado, desmontado y reutilizado en diferentes prácticas académicas.

Así la integración de estos componentes significa una mejor adaptabilidad en el aprendizaje técnico, donde los conceptos teóricos y las aplicaciones prácticas se van generando de forma continua, haciendo que el alumno no solo entienda lo que son los conceptos eléctricos y electrónicos, sino que así mismo adquiera experiencia en programación, monitoreo y control, competencias que resultan claves para poder afrontarse a los actuales retos del sector energético y tecnológico.

Tabla 7. Inventario de dispositivos eléctricos integrados al equipo experimental y su demanda estimada

Dispositivo	Unidades	Potencia unitaria (W)	Demanda total (W)
Dispositivo de alarma sonora	1	200	200
Luminaria LED cuadrada	1	12	12

Luminaria incandescente	3	60	180
Luminaria LED estándar	3	36	108
Toma de corriente 110V (equipo de cómputo, cargador móvil, repetidor de red)	3	600	1800
Instrumento de medición de tensión	1	1	1
Instrumento de medición de corriente	1	1	1

Nota: Los valores de demanda presentados son aproximados y pueden presentar variaciones según las especificaciones del fabricante [32].

10.8 Sirena 200W

El módulo cuenta con una sirena con potencia nominal de 200 W, cuyo objetivo es simular el sistema de aviso sonoro de instalaciones reales. Al ser activada, la sirena emite un sonido intenso y penetrante, permitiendo a los alumnos conocer su uso para advertir y alejarse de situaciones críticas. Se puede controlar de forma remota desde el ESP32 y el relé de dos canales, de tal modo que puede activarse en la web del sistema, así, se pueden llevar a cabo prácticas de control y monitorización en tiempo real. La sirena no sólo tiene un valor educativo, sino que también permite a los alumnos ver de forma directa la relación que establecen los dispositivos de seguridad con los sistemas eléctricos, así, es posible trabajar de forma práctica en instalación, conexión y programación en un entorno seguro y confiable [33].

Figura 36. Sirena de sonido



[34]

10.9 Panel LED cuadrado 12W

Lo primero que se ha hecho a la hora de definir el dispositivo es la incorporación de un panel cuadrado de tipo sobrepuesto compuesto por un LED de 12 W. Dicho panel ha sido seleccionado

por su bajo consumo y su diseño compacto además de su eficiente rendimiento energético. Este panel propone una iluminación adecuada, uniforme y de alta calidad, y así se considera que la distribución del fotón de la luz puede evitar las sombras, teniendo una óptima visibilidad del espacio. Este diseño es capaz además de conseguir una mejor reproducción de la luz que otros tipos de luminarias en comparación a las tradicionales, y que, al mismo tiempo, genera un bajo nivel de calor, un rendimiento energético elevado y una larga vida útil, lo cual lo convierte en un producto ideal para prácticas educativas donde la seguridad y la durabilidad marca la diferencia.

El panel LED está diseñado de forma cuadrada, y además la forma estandarizada que dispone facilita la posibilidad de poder encajar en circuitos didácticos y pequeños sistemas fotovoltaicos para que los alumnos puedan ver cómo se comporta la luminaria en situaciones de diferentes voltajes y corrientes evidentes a simple vista [35].

Figura 37. Panel LED cuadrado



[35]

10.10 Bombillo incandescente 60W

La plantilla experimental integra tres lámparas incandescentes de 60 W, cuya elección ha sido expresamente orientada a comprobar la verdadera posibilidad del panel de captación solar para proporcionar cargas desde el sistema conectado y hacerlo de un modo estable. Su color cálido establece un agradable ambiente de iluminación, que encaja con el entorno del laboratorio donde las lámparas deben ser empleadas.

La forma propia de este tipo de lámpara permite la salida homogénea del haz de luz hacia todas las direcciones, evitando así la creación de zonas de sombra en el área de trabajo. La combinación de las tres lámparas fue dimensionada para ser suficiente para comprobar el comportamiento del

sistema bajo cargas, sin ir en detrimento de la capacidad de funcionamiento de la totalidad del sistema. Su elección ha sido determinada por el equilibrio entre el rendimiento lumínico y el consumo controlado de electricidad, así como por su fiabilidad durante el funcionamiento, características que en conjunto hacen posible demostrar que el panel solar puede proporcionar un flujo eléctrico continuado y estable a las cargas conectadas [36].

Figura 38. Bombillo incandescente



[36]

10.11 Bombillo normal LED 36W

El módulo fotovoltaico incorpora una combinación de tres focos LED, con una potencia de 36 W (esto es 12 W de media por foco). La elección de este tipo de foco se basa en su eficiencia energética, ya que presentan una potencia y eficiencia muy superior a las bombillas convencionales, de manera que optimizamos el uso de la energía generada por el panel fotovoltaico y su rendimiento lumínico.

Los focos LED seleccionados proporcionan una luz cálida confortable, y se encuentran en mejor disposición para evaluar la iluminación del módulo en un entorno más cercano al real y ofrecen a la vez una buena experiencia visual.

Además de su bajo consumo, la tecnología LED ofrece una vida útil considerablemente superior comparada con las bombillas incandescentes tradicionales, lo que reduce la necesidad de reemplazos frecuentes y aporta durabilidad al sistema didáctico, también generan menos calor durante su operación, lo que favorece la seguridad y el funcionamiento continuo del módulo sin sobrecalentamientos [37].

Figura 39. Bombillo LED normal



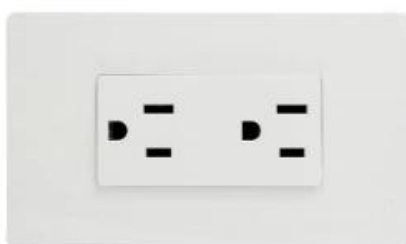
[37]

10.12 Tomacorriente 110v

Dentro del módulo se ha incorporado un tomacorriente de 110 V con capacidad aproximada de 600 W, con el objetivo de demostrar de manera práctica cómo se puede conectar y alimentar cargas eléctricas desde el sistema fotovoltaico. Como modelo de uso doméstico, el tomacorriente descrito a continuación es un típico tomacorriente estándar.

El dispositivo se ha fabricado usando materiales plásticos aislantes de alta resistencia que otorgan seguridad en el uso y garantizan que no se generen riesgos eléctricos. Su diseño permite conectar diferentes tipos de cargas, desde cargas pequeñas como lámparas o máquinas electrónicas hasta cargas más grandes, sin perjudicar el módulo, ya que puede soportar corrientes que permiten una potencia de hasta 600 W. Esto lo convierte en el componente ideal para poder realizar ensayos donde se evalúe la eficiencia del sistema fotovoltaico al alimentar diferentes tipos de cargas, además de servir como un dispositivo más que compatible y robusto para realizar prácticas de instalación, manipulación y pruebas de carga donde no haya riesgos, lo que ayuda a reforzar el aprendizaje relacionado con sistemas eléctricos residenciales y fotovoltaicos [38].

Figura 40. Tomacorriente 110v



[38]

10.13 Voltímetro digital de panel

Se ha integrado un voltímetro para realizar la medición y el control del voltaje que genera el panel solar. Este instrumento permite ver en vivo cómo cambia el voltaje aplicando diferentes cargas, observando que el sistema fotovoltaico es capaz de alimentar los dispositivos conectados (focos o los elementos que componen el módulo).

El voltímetro, que consume poca energía, permite conectar el voltímetro al sistema sin variar significativamente la carga total, garantizando automáticamente lecturas fiables producto de un sistema estable del módulo. El voltímetro tiene una construcción compacta y una fácil instalación, permitiendo al usuario conectar y manejar el instrumento sin riesgo alguno para la estabilidad del módulo; además, se favorece el aprendizaje sobre mediciones eléctricas y sobre la supervisión de sistemas energéticos [39].

Figura 41. Voltímetro digital de panel



[39]

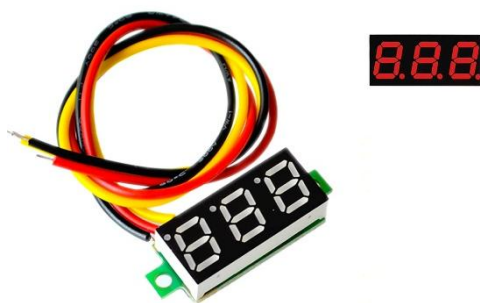
10.14 Amperímetro digital DC

Los cables requeridos para cada uno de las conexiones que manteníamos entre los componentes del sistema fueron estos de 11. Cuando llevábamos a cabo las conexiones (paneles, switches, focos, mediciones, etc.) yo solo he utilizado colores negro, rojo y celeste con el objetivo de ayudar a la identificación del funcionamiento a cada uno de los elementos/conductores del circuito. La codificación de colores busca ser una ayuda para que alumnos/as puedan visualizar con mayor comodidad el significado de cómo sale la energía, diferenciando fase, retorno o conexiones propias de cada sistema y así promover a que los alumnos/a cometiendo errores y así mejorar la manera de aprender la parte práctica de la operación y montaje de sistemas eléctricos reales [43].

Este dispositivo, así como sus especificaciones posee una pantalla LED de tres dígitos roja que muestra de forma clara y precisa el valor de amperios en tiempo real, facilitando la observación y

comprensión del circuito eléctrico dentro del módulo. Su diseño con tres cables de conexión permite una fácil y segura instalación conectándose al circuito para medir los amperios de forma rápida y directa y con un bajo consumo energético (aproximadamente 1 W), permitiendo no tener una gran influencia sobre la carga total del sistema [40].

Figura 42. Amperímetro digital DC



[40]

10.15 Interruptores diferenciales (Breakers)

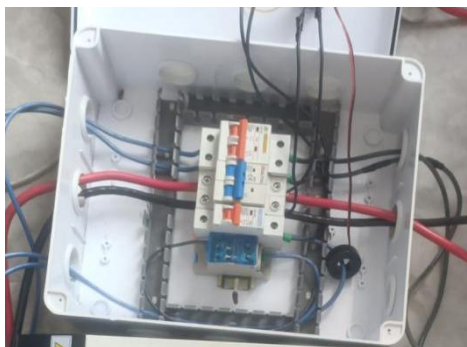
En el propio módulo fotovoltaico constan interruptores diferenciales, que se constituyen como equipamientos de seguridad eléctrica, cuyo objetivo es proteger, entre otros, las personas y garantizar la seguridad de las instalaciones, en caso de que detecte el paso de una corriente eventualmente provocada por fugas, o contactos eléctricos. Si pensamos así en el interruptor diferencial, pudiese permitir que la corriente llegase al circuito, a partir de ese momento controlaría la diferencia que hubiese entre la corriente que entrase en el circuito y la que saliese del mismo, pudiendo controlar el interruptor diferencial medida que detectase la existencia de una fuga hacia tierra (aunque esta fuese pequeña). El interruptor diferencial es capaz de actuar desconectándose en un tiempo de milisegundos para evitar las descargas y los incendios, hasta tal punto que la mayoría de los autores dicen que es esencial en cualquier instalación eléctrica moderna.

El funcionamiento de estos interruptores se basa en el principio de balance de corriente: en condiciones normales, la corriente que circula por el conductor de fase debe ser igual a la que regresa por el conductor de neutro. Si existe una diferencia lo que indica que parte de la corriente se está escapando hacia tierra o a través de un contacto no deseado, el diferencial interpreta esto como una situación peligrosa y corta el suministro eléctrico de inmediato. Este mecanismo de detección y

desconexión rápida no solo protege a los usuarios ante contactos accidentales, sino que también contribuye a reducir el riesgo de incendios eléctricos u otros daños derivados de fugas de corriente.

La inclusión de interruptores diferenciales en el módulo didáctico permite a los estudiantes observar de forma directa cómo se integran las medidas de protección en sistemas reales [41].

Figura 43. Interruptores diferenciales



10.16 Interruptor de encendido/apagado

Hemos añadido 2 interruptores eléctricos, un dispositivo básico que consiste en controlar el paso de la corriente eléctrica, ya sea abriendo o cerrando la energía eléctrica de manera segura y sencilla. El interruptor eléctrico es un dispositivo que se ubica en el circuito para poder hacer o interrumpir el paso de la corriente en función de la necesidad y que lleva a cabo la transmisión de la información cuando los focos internos de su interior alimentan de información los contactos metálicos que se abren o cierran como consecuencia del movimiento del elemento físico del mismo interruptor eléctrico. Los interruptores eléctricos situados en el módulo sirven para poder habilitar manualmente cualquier carga concreta: los focos, la sirena o el panel de LED; de esa manera se puede encender o apagar partes del sistema sin necesidad de poder desempaquetar la alimentación de paso, hecho que resulta muy interesante a la hora de poder jugar con las configuraciones del circuito o de poner a prueba el comportamiento del sistema fotovoltaico bajo el control de los interruptores de forma directa. [42].

Figura 44. Interruptor eléctrico

[42]

10.17 Cables (#11) y Accesorios de Montaje

Los cables que se usaron para conectar los elementos del sistema fueron 11. A la hora de ir realizando las conexiones (paneles, switches, focos, mediciones, etc.), sólo he utilizado el color negro, rojo y celeste con la finalidad de ayudar a que la identificación por parte del funcionamiento de cada uno de los elementos/conductores del circuito; la codificación de colores intenta ser una ayuda para que los alumnos puedan observar con más claridad el significado de cómo va el flujo de la energía diferenciando fase, retorno o conexiones propias de cada sistema y así ayudar a que los alumnos vayan cometiendo errores y, así, facilitar el aprendizaje de la parte práctica de la operación y el montaje de sistemas eléctricos reales [43].

Figura 45. Cables de conexión

[43]

La función del cable de un módulo fotovoltaico no abarca simplemente la conexión entre los componentes, sino que incluye una serie de prácticas elementales como el crimpeado, la conexión de terminales, la fijación de los conductores, etc. Esta práctica requiere del uso de plugs banana hembra y macho, que permiten realizar conexiones fiables entre medidores, focos y tomacorrientes.

También se emplea cinta aislante para proteger las conexiones y así garantizar la seguridad eléctrica, y ponchadora para cableado para asegurar que los conductores queden firmemente fijados en los terminales y se eliminan los falsos contactos y las fallas de funcionamiento [44].

Figura 46. Plugs hembra y macho



[44]

Referente a la configuración del módulo, se emplean rieles metálicos que sirven no solo de soporte sino también para la alineación de los dispositivos, y una plancha de PVC blanca que actúa como soporte aislante y que, además, permite observar y organizar el cableado. Para realizar un correcto ajuste de cada uno de los elementos, se utilizan tornillos, de modo que todo quede fijo, al igual que la instalación de un panel o de un tablero eléctrico real. International también se empleó el uso de stickers con los nombres de cada componente, de modo que los alumnos puedan reconocer con mayor facilidad focos, medidores, tomacorrientes, interruptores y más componentes del módulo, lo cual facilita también el aprendizaje sobre cómo interconectar los distintos dispositivos y hacer fluir la energía a través del sistema [45].

Figura 47. Cinta aislante



[45]

La participación en estas actividades prácticas aporta a los alumnos destrezas prácticas fundamentales e importantes. Hablamos de la capacidad de realizar un montaje seguro, de identificar correctamente el tipo de cables a utilizar y sus terminales, de saber cómo debe ser el orden en la instalación, pero también de conocer cómo se estructura y organiza un sistema eléctrico funcional. La presencia de plugs banana, la cinta aislante o la ponchadora junto con la estructura de rieles y PVC refuerza la idea de que, en cada conexión, la misma tiene que firmarse de forma segura, sin tensiones mecánicas, aislada correctamente y claramente identificada, según las buenas prácticas y normas de instalación eléctrica del mundo profesional.

10.18 Sistema de monitoreo de variables

10.18.1 Microcontrolador ESP32

Se utilizó el ESP32 WiFi como el elemento principal de control y monitoreo en el módulo fotovoltaico. Este microcontrolador recibió y procesó las diferentes mediciones detectadas a partir de los diferentes sensores, tales como voltaje, corriente, temperatura y RPM, supervisando de esta forma el funcionamiento general del sistema. Gracias al uso de WiFi, se logró incorporar la capacidad de transmitir los datos en tiempo real a una plataforma o aplicación para visualizarla a distancia, de modo que se logró actividad de control, análisis y seguimiento del rendimiento del sistema fotovoltaico desde cualquier punto[46].

Figura 48. ESP32



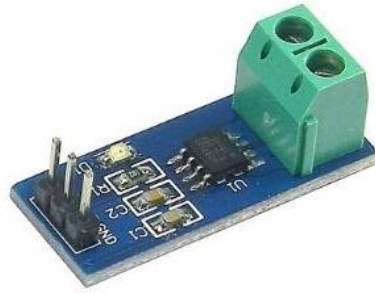
[46]

10.18.2 Sensor de corriente (ACS712)

Se emplea para medir la corriente proveniente de la entrada de 110 V del inversor. Funciona mediante un sensor de efecto Hall que detecta el campo magnético generado cuando la corriente

circula por el conductor, permitiendo obtener una medición segura y sin contacto directo con la línea eléctrica [47].

Figura 49. Sensor de corriente ACS712



[47]

10.18.3 Sensor de sonido (KY-037)

Se utilizó para detectar el sonido de la sirena dentro del módulo. Funciona mediante un micrófono integrado que capta las variaciones del sonido en el ambiente en decibeles y las convierte en una señal eléctrica que puede ser interpretada por el ESP32. De esta manera, permite identificar cuando la sirena se activa y enviar la información al microcontrolador para su respectivo procesamiento o control [48].

Figura 50. Sensor de sonido KY-037



[48]

10.18.4 Sensor de temperatura (DHT11)

Se utilizó para medir la temperatura del panel dentro del sistema. Este dispositivo permite registrar la temperatura del entorno y enviar los datos en formato digital al ESP32 para su procesamiento. Gracias a ello, es posible monitorear constantemente el estado térmico del panel y verificar que

funcione dentro de rangos adecuados, ayudando a prevenir sobrecalentamientos y asegurar un mejor rendimiento del sistema [49].

Figura 51. Sensor de temperatura DHT11

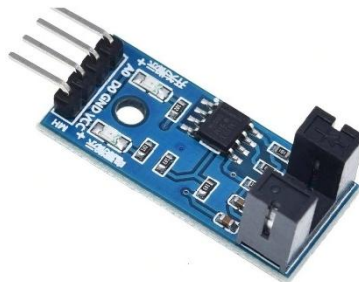


[49]

10.18.5 Sensor para el motor (LM393)

Empleado para medir las revoluciones por minuto (RPM) del motor Mitsumi dentro del sistema. Este sensor detecta las variaciones generadas por el movimiento del eje, generalmente mediante un sistema óptico o de interrupción, y convierte esas señales en pulsos eléctricos que son enviados al ESP32. A partir de estos pulsos, el microcontrolador calcula la velocidad de giro del motor, permitiendo un monitoreo preciso de su funcionamiento y desempeño [50].

Figura 52. Sensor para motor LM393

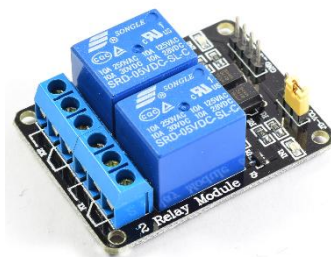


[50]

Relé de dos canales

Se utilizó un relé de dos canales para controlar de manera independiente la activación de la sirena y el encendido del foco dentro del sistema. Este módulo funciona como un interruptor electrónico que permite abrir o cerrar el paso de corriente hacia los dispositivos conectados. A través de las órdenes enviadas desde la página web, el relé recibe la señal correspondiente y ejecuta la acción de encender o apagar cada elemento, facilitando así el control remoto y la automatización del sistema [51].

Figura 53. Relé de dos canales



[51]

10.19 Repetidor WIFI y interruptor inteligente WIFI

El módulo fotovoltaico incorpora un repetidor Wi-Fi de doble banda con una velocidad de hasta 1200 Mbit/s, diseñado para amplificar y expandir la señal inalámbrica existente del router principal y así crear una red Wi-Fi más amplia y estable. Un repetidor Wi-Fi recibe la señal inalámbrica original y la retransmite, permitiendo que dispositivos ubicados más lejos del router como el microcontrolador ESP32 y otros equipos puedan conectarse con mayor estabilidad y menor pérdida de señal. Su función principal es aumentar la cobertura inalámbrica disponible en el área del módulo, lo que resulta especialmente útil cuando la red original no llega con suficiente potencia a todos los puntos donde se necesita comunicación.

En el caso del módulo fotovoltaico, el repetidor Wi-Fi se empleó para generar una red inalámbrica confiable a la que el ESP32 pudiera conectarse, de manera que el microcontrolador pudiera acceder a Internet. Esto fue esencial para que la página web alojada por el ESP32 funcionara correctamente, ya que tanto el ESP32 como los dispositivos desde los cuales se accede al navegador como teléfonos o computadoras deben estar conectados a la misma red Wi-Fi estable y con cobertura suficiente.

El interruptor inteligente WiFi es un dispositivo electrónico que permite controlar el encendido y apagado de cargas eléctricas, como luminarias, mediante una conexión a internet. Este dispositivo se conecta a una red WiFi y puede ser monitoreado desde aplicaciones móviles o asistentes de voz, permitiendo la automatización y el control remoto del sistema eléctrico. [52]

Figura 54. Repetidor WIFI e interruptor inteligente WIFI



[52]

10.20 Funcionamiento en la recolección de datos

Ya se ha desarrollado nuestro sistema y compensación con ESP32, nos pusimos en contacto con ESP32 para realizar el análisis profundo de la información. Esta fase puede verse como una evaluación de mediciones de variables tales como voltaje, corriente, o cualquier otro parámetro eléctrico para entender cómo actúa el sistema cuando es sometido a diferentes condiciones de operación.

Nuevos datos analizados Los datos son ahora organizados, comparados, y evaluados para la consistencia y estabilidad; se pueden detectar diferencias, márgenes de error, o patrones de comportamiento. Con este análisis, es posible observar cómo se comporta el sistema cuando hay variaciones en la carga o generación de energía, y obtener un resumen de las características del propio módulo y sus elementos relacionados.

De esta forma se puede comprobar si el hardware funciona correctamente y si el dispositivo está funcionando como se esperaba, y también se obtiene información muy relevante para entender el rendimiento práctico real del módulo fotovoltaico en condiciones reales.

10.20.1 Análisis de datos adquiridos mediante la página web

Para controlar y monitorear los actuadores, particularmente el motor de DC y los relés, a través de los sensores de temperatura, corriente, sonido y rpm, un ESP32 fue implementado como cliente WiFi y conectado a una red personal. El microcontrolador funciona como un servidor web embebido con 2 puertos: puerto 80 para el control del sistema y puerto 81 para mostrar y grabar la información.

Después de haber establecido la conexión, la dirección IP asignada al ESP32 puede ser accedida desde cualquier navegador web en una PC o teléfono móvil. La interfaz de usuario también permite encender y apagar relés y podemos iniciar, detener y cambiar la dirección de un motor DC. De manera similar, el área de visualización permite leer los valores de los sensores en vivo y exportar los datos en un archivo CSV para un trabajo continuo sobre ellos, en ese caso fuera del programa.

Luego de entrar a la IP del dispositivo se muestra un sistema web sencillo que combina el control operativo con la supervisión de las variables con gráficas de corriente y revoluciones por minuto (RPM). El intercambio entre el navegador y el ESP32 es a través de HTTP, por lo que las acciones del usuario tienen resultados inmediatos, y la página se actualiza periódicamente para mostrar nuevos datos que puedan haber llegado de los sensores.

Figura 55. Interfaz web de control y monitoreo de sensores del ESP32

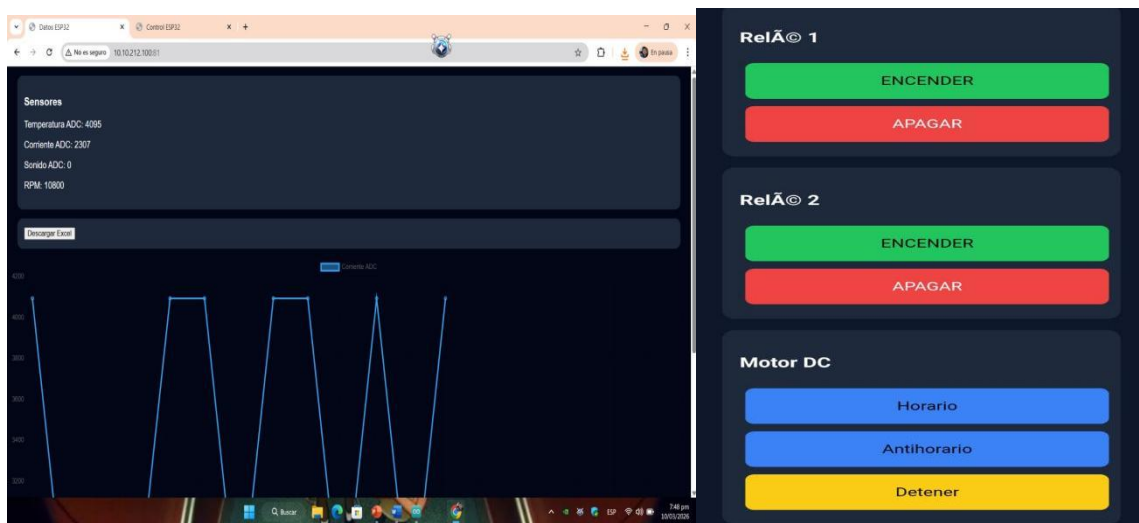


Tabla 8. Tabla 8. Registro de variables eléctricas exportado desde la plataforma web del sistema de supervisión dispositivo de alarma sonora, luminaria LED, luminaria incandescente, luminaria LED y motor

Fecha	Número de datos	Corriente (ADC)	SONIDO (ADC)	RPM	TEMPERATURA (ADC)
2025-07-12 02:35:55	1	1,77	179,04	77,32	195,02
2025-07-12 02:36:23	2	1,12	93,72	87,52	128,23
2025-07-12 02:36:51	3	1,11	94,88	87,52	129,08

2025-07-12 02:37:18	4	1,15	98,01	87,69	131,51
2025-07-12 02:37:46	5	1,1	91,93	86,32	126,1
2025-07-12 02:38:14	6	1,11	94,59	85,96	127,81
2025-07-12 02:38:42	7	1,09	90,37	85,96	124,72
2025-07-12 02:39:10	8	1,14	95,35	89,1	130,5
2025-07-12 02:39:37	9	1,17	97,72	92,04	134,24
2025-07-12 02:40:06	10	1,1	91,61	88,59	127,44
2025-07-12 02:40:35	11	1,02	86	81,38	118,4
2025-07-12 02:41:01	12	1,03	84,57	86,55	121,01
2025-07-12 02:41:29	13	1,09	88,54	90,38	126,52
2025-07-12 02:41:56	14	1,08	90,8	86,96	125,73
2025-07-12 02:42:27	15	1,06	89,5	85,06	123,47
2025-07-12 02:42:56	16	0,97	80,77	81,1	119,46
2025-07-12 02:43:26	17	1,02	86,38	82,1	119,17

***Nota:** Datos obtenidos a través de la exportación de la interfaz web del sistema experimental, correspondientes a las mediciones registradas mientras el dispositivo de alarma sonora, luminaria LED, luminaria incandescente, panel LED y motor DC se encontraban funcionando.*

10.21 Sistemas de conexiones de componentes

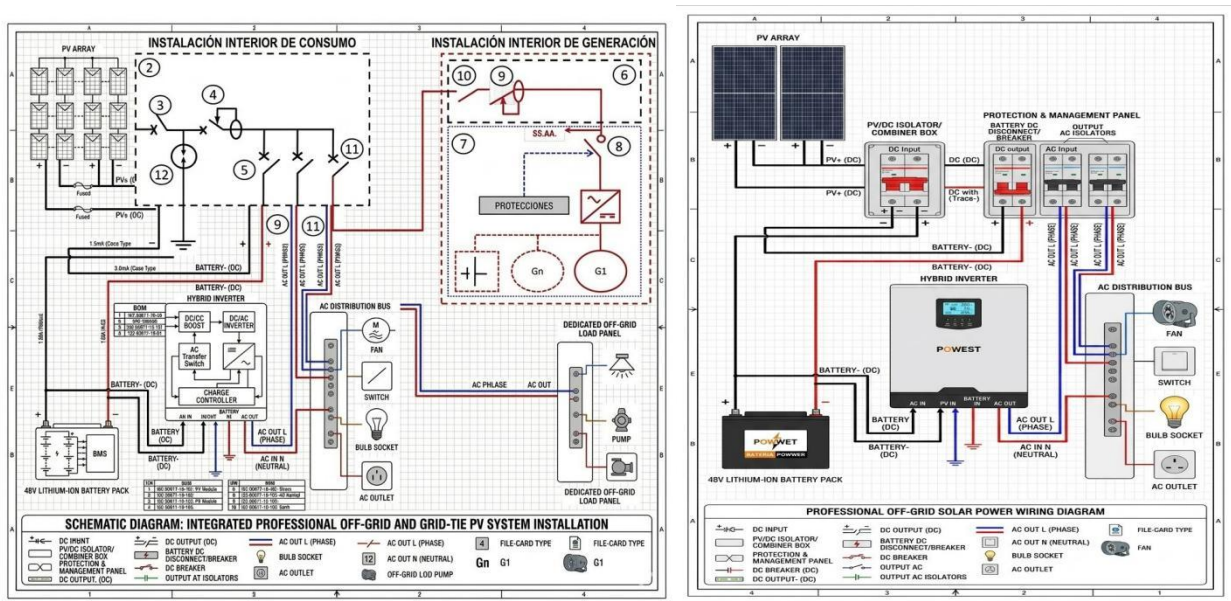
10.21.1 Conexión del sistema fotovoltaico

En la siguiente imagen se presenta el diagrama general de conexión del sistema fotovoltaico, en el cual se detalla la integración del panel solar con los equipos que conforman el kit de instalación. Entre estos se incluyen la batería de almacenamiento, el inversor y los dispositivos de protección eléctrica, elementos fundamentales para garantizar una operación segura, eficiente y continua del sistema.

El esquema permite comprender cómo la energía generada por el panel solar es regulada y almacenada en la batería, para posteriormente ser transformada por el inversor en energía utilizable por las cargas del módulo. Asimismo, se incorporan protecciones que resguardan tanto los equipos como a los usuarios ante posibles sobrecargas o cortocircuitos.

Gracias a esta configuración, se logra poner en funcionamiento las distintas variables y dispositivos conectados al sistema, tales como focos, sirena, bombilla incandescente y el sistema de programación. De esta manera, el diagrama no solo evidencia la correcta interconexión de los componentes, sino que también respalda el adecuado desempeño operativo y didáctico del módulo fotovoltaico.

Figura 56. Conexión del sistema fotovoltaico



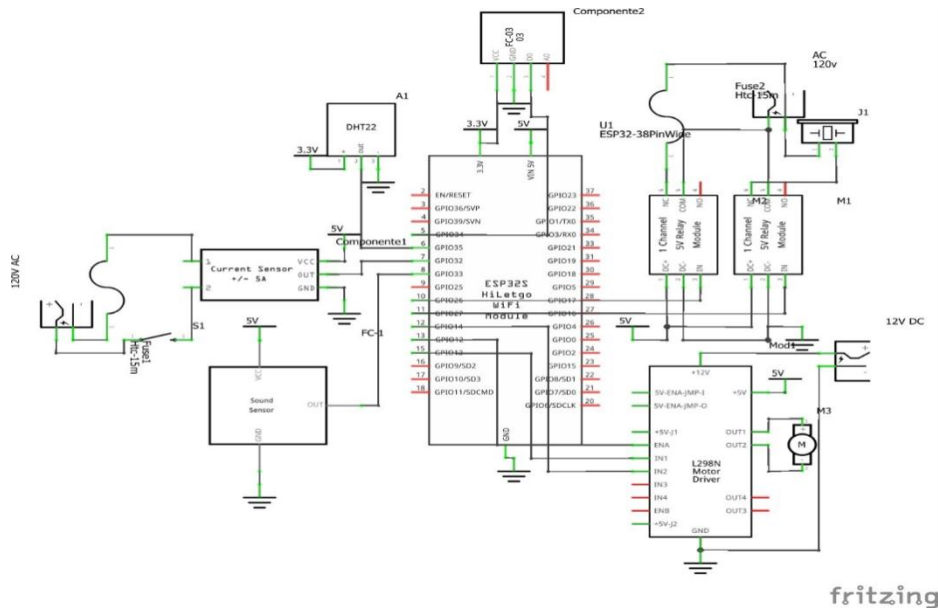
10.21.2 Programación - Conexión de sensores al ESP32

A continuación, se muestra la distribución de pines del ESP32, que puede considerarse como la integración de todos los sensores mencionados. Los números de pin indicados corresponden a la interfaz de los sensores, las líneas de alimentación y las líneas de señal. Esta configuración facilita una interconexión clara y organizada de cada módulo, lo que garantiza un funcionamiento fluido y una buena adquisición de datos para los campos medidos.

En el diagrama se incluyen los sensores de temperatura, corriente, sonido y RPM, los cuales se encuentran configurados para enviar información en tiempo real al microcontrolador. La correcta disposición de estas conexiones asegura estabilidad en la lectura de datos y coherencia en el procesamiento de la información.

El monitoreo de dichas variables se presenta a través de una página web desarrollada para el sistema, donde se visualizan los valores obtenidos de cada sensor de forma dinámica y estructurada. De esta manera, el diagrama no solo evidencia la conexión física del hardware, sino también la integración completa entre la etapa de adquisición de datos y la plataforma digital de supervisión.

Figura 57. Conexión de la programación ESP32

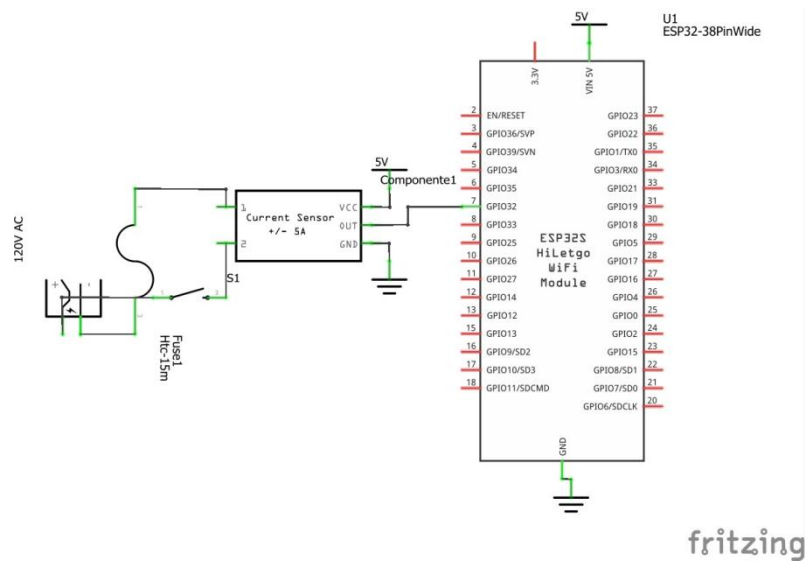


A continuación, se describen de manera individual cada uno de los sensores implementados en el sistema. Esta presentación permite analizar de forma más específica las características técnicas de cada dispositivo, así como su método de conexión al ESP32. De manera individualizada, se podrá visualizar con mayor claridad la configuración eléctrica, la asignación de pines, el tipo de señal que emiten y las consideraciones necesarias para garantizar lecturas precisas y estables.

10.21.3 Sensor de corriente ACS712

El sensor de corriente se conecta al ESP32 con el objetivo de medir el flujo de corriente que circula hacia una carga determinada dentro del sistema fotovoltaico.

El GND se conectó a la placa de baquelita como referencia común del sistema, el pin OUT se enlazó al pin 32 del microcontrolador para la transmisión de datos, y el VCC fue conectado al energizador de 5V para garantizar la correcta alimentación del módulo. De esta manera, el sensor detecta la corriente que circula y envía una señal analógica al ESP32, el cual la convierte a un valor digital para su procesamiento y posterior visualización en la página web.

Figura 58. Conexión sensor ACS712

10.21.4 Sensor de sonido KY-037

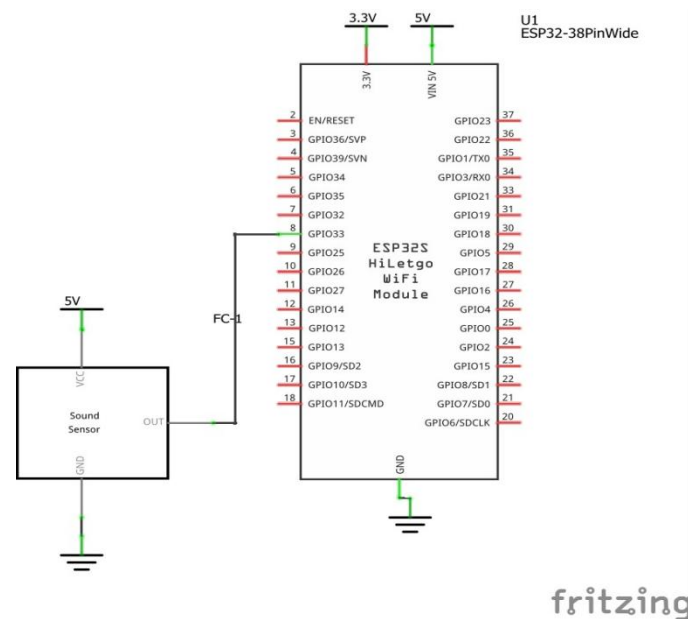
El sensor de sonido se emplea en el módulo para medir la intensidad acústica generada por la sirena y analizar su comportamiento dentro del sistema.

Para que Pin OUT pueda enviar correctamente los datos, fue conectado al pin 33 del ESP32. También el GND fue conectado a la placa de baquelita como referencia común y el VCC se conectó a un alimentador de 5V.

Cuando la sirena entra en funcionamiento, las ondas sonoras son captadas por el micrófono del sensor, el cual transforma las vibraciones acústicas en señales eléctricas. Estas señales son enviadas al ESP32, donde se procesan y convierten en datos que posteriormente se visualizan en la página web del sistema.

Para tener una medición fiable se recomienda colocar el sensor a una distancia adecuada de la sirena y configurar el nivel de sensibilidad apropiadamente para evitar saturaciones y lecturas inestables.

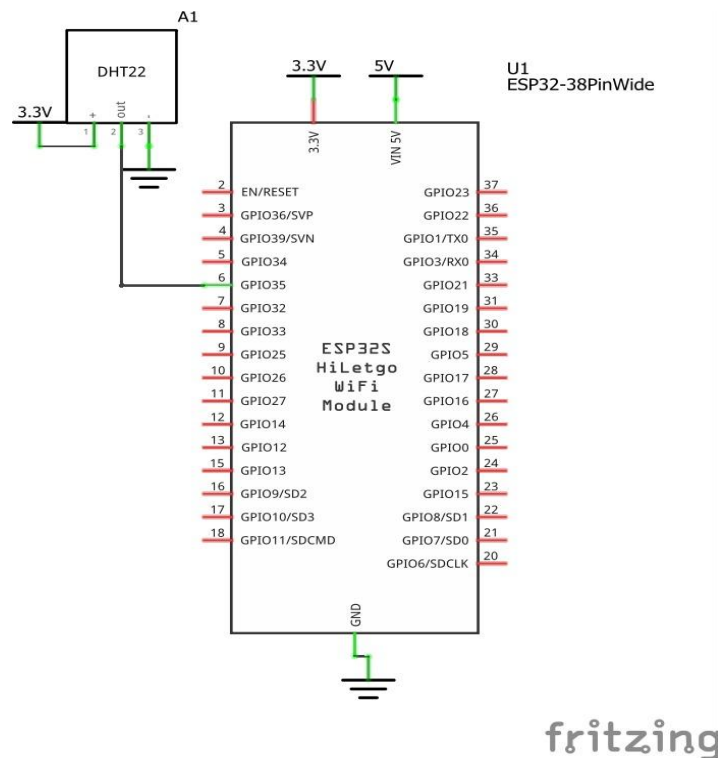
Figura 59. Conexión sensor KY-037



10.21.5 Sensor de temperatura DHT11

El sensor de temperatura está integrado en el sistema para detectar cambios térmicos en el ambiente o en un punto particular del módulo fotovoltaico, habilitando para monitorear su comportamiento térmico durante la operación.

El pin OUT está conectado al pin 35 del ESP32 para la comunicación, y el GND está unido a la placa de baquelita como tierra común para el sistema, y el VCC está conectado a un impulsor de 5V para suministrar adecuadamente el sensor. El sensor capta la temperatura del panel y la convierte en una señal eléctrica proporcional. Esta información es enviada al ESP32, donde es procesada mediante la programación establecida y transformada en valores numéricos. Posteriormente, estos datos se visualizan en la página web del sistema, permitiendo el monitoreo en tiempo real.

Figura 60. Conexión sensor DHT11

10.21.6 Sensor del motor LM393

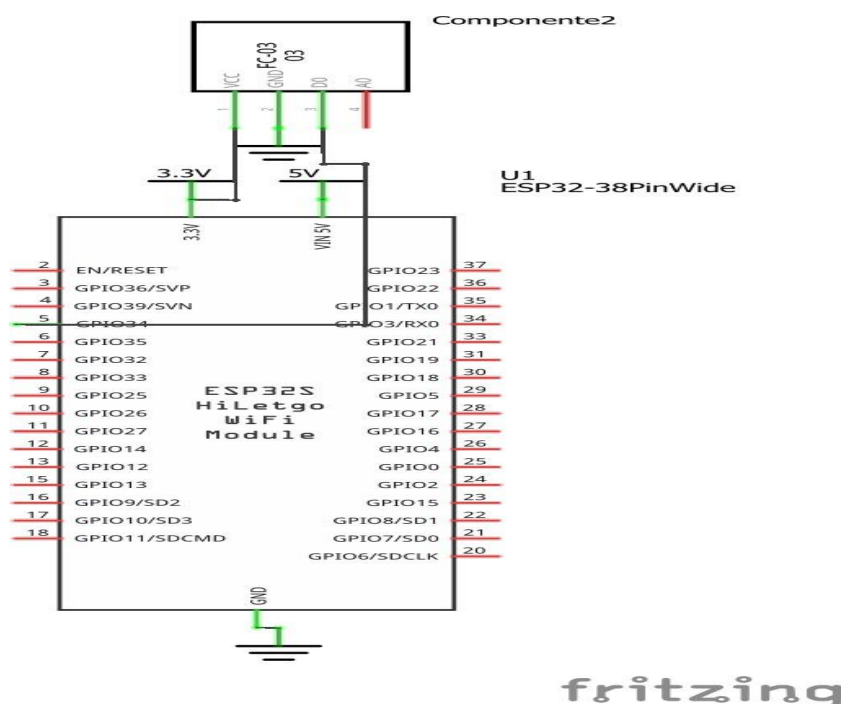
El sensor del motor (sensor de RPM) se incorpora al sistema con la finalidad de medir la velocidad de giro del motor DC, permitiendo conocer su desempeño y verificar su correcto funcionamiento dentro del módulo.

Para controlar el motor se escogió una placa L924, la cual dispone del pin ENA, que fue conectado al pin 12 del ESP32, permitiendo así la generación de la señal de control. Además, el pin N1 fue conectado al pin 13 y el pin N2 al pin 14 del ESP32, logrando de esta manera el control de la placa y obteniendo como resultado las dos salidas, positiva y negativa, que permiten accionar y regular el funcionamiento del motor.

Para medir las RPM del motor controlado, se utilizó el sensor LM393, cuyos pines fueron conectados de la siguiente manera: el pin DO se conectó al ESP32 en el pin 34, el GND fue conectado a la placa de baquelita, y el VCC se alimentó mediante un energizador de 5V, garantizando así su correcto funcionamiento.

Los valores calculados son posteriormente enviados a la página web del sistema, donde se visualizan en tiempo real, permitiendo monitorear la velocidad del motor y analizar su comportamiento bajo distintas condiciones de operación.

Figura 61. Conexión sensor LM393



10.22 Validación de hipótesis

El desarrollo del módulo fotovoltaico es un medio que contribuye a fortalecer el aprendizaje del estudiante, ya que pueden hacer una relación inmediata entre los conceptos teóricos y prácticos en el sistema real. Esto permite a los estudiantes ver con más claridad cómo funciona una serie de elementos en un sistema fotovoltaico y cómo interactúan la generación, el almacenamiento, la conversión y el consumo de energía.

Este módulo no es sólo para mostrar físicamente las conexiones y configuraciones físicas, sino también puede ser un sistema de programación basado en ESP32 para ver variables eléctricas en tiempo real a través de página web. Mediante esta interfaz, pueden apreciar los cambios en parámetros como corriente, temperatura, velocidad, entre otras magnitudes, para analizar su comportamiento dinámico ante variaciones en las condiciones de operación o en las cargas conectadas.

Así, el módulo se transforma en un instrumento didáctico completo: fomenta el desarrollo teórico, estimula la reflexión crítica y favorece el aprendizaje significativo - al permitir que los estudiantes tengan un contacto directo con datos reales y que comprendan el funcionamiento práctico de los sistemas de energía renovable.

11 IMPACTOS TANTO TÉCNICOS, SOCIALES y ECONÓMICOS

11.1 Impacto Social

El sistema experimental de la captación solar constituye un recurso formativo de gran calidad para conjugar en un mismo espacio la formación conceptual y la formación práctica en el campo de las fuentes limpias para la generación de electricidad. Su uso ayuda al desarrollo de capacidades técnicas para realizar los trabajos de diseño, montaje y mantenimiento de instalaciones solares, así como a sensibilizar a los alumnos sobre una cultura de la utilización responsable y eficaz de la energía. Además ayuda a formar a los egresados que deben ser capaces de hacer frente a los retos que impone la transición energética en el Ecuador, siendo coherente con la demanda actual del sector productivo y tecnológico del país.

11.2 Impacto Técnico

Desde la perspectiva técnica, este proyecto es especialmente interesante, ya que logra reunir en un único dispositivo los elementos reales de una instalación solar: el panel de captación, el regulador de carga y el banco de acumuladores, al que se añaden una parte de supervisión digital, basada en el microcontrolador ESP32 y un grupo de sensores electrónicos. Esta arquitectura realiza la transmisión de datos entre el dispositivo y una plataforma web, la cual puede suministrarle en tiempo real a los alumnos un análisis dinámico y continuo del funcionamiento del sistema. De esta manera, los alumnos tienen la posibilidad para hacerse una imagen completa del comportamiento eléctrico de la instalación y del análisis de magnitudes como la tensión, la intensidad, la potencia, el estado de carga, etc, pero también de facilitar la comprensión de la conexión entre la electrónica de potencia y los sistemas de control ampliando el horizonte de la formación técnica de esta área del conocimiento.

11.3 Impacto Práctico

El sistema que se construyó, ya no se limita al ámbito teórico, sino que se convierte en un sistema completo y operativo, que se adapta a las características específicas para la realización de actividades experimentales de laboratorio. Permite realizar pruebas reales, simular condiciones de fallo controladas y evaluar el funcionamiento de la instalación solar en varias condiciones de

funcionamiento. También permite analizar el consumo y estudiar el comportamiento del sistema para varias condiciones de carga conectadas, logrando que los cursantes pueden ver directamente, cómo estos cambios afectan las magnitudes eléctricas. Esta vinculación entre experimentación y análisis técnico ayuda a disminuir la brecha que existe entre enseñanza conceptual y la práctica, mejorando el perfil profesional de los futuros egresados del programa de ingeniería electromecánica.

11.4 Impacto Simbólico

La implementación de este proyecto es muestra del compromiso de la UTC Extensión La Maná para modernizar su tecnología e impulsar proyectos encaminados al aprovechamiento de fuentes limpias de energía. A su vez, contribuye al desarrollo de la infraestructura del laboratorio de la entidad, permitiéndole afianzarse como un lugar propicio para la formación práctica especializada y el desarrollo de competencias técnicas especializadas. Confirma, a su vez, un avance hacia un modelo educativo más moderno y más sostenible en los términos que exigen las necesidades energéticas del país y los retos que plantea la transición a fuentes renovables de generación eléctrica.

11.5 Impacto Ambiental

Uno de los aportes más silenciosos pero significativos de este proyecto tiene que ver con el mensaje que transmite: la energía del sol está ahí, es gratuita, no contamina y no se agota. Al trabajar con un equipo que funciona a partir de la radiación solar, los alumnos no solo aprenden a dimensionar o conectar componentes, sino que interiorizan de manera vivencial por qué vale la pena reducir la dependencia de los combustibles fósiles y apostar por un modelo energético más limpio. Cada práctica de laboratorio se convierte, sin que el estudiante necesariamente lo note, en un pequeño paso hacia una cultura de menor emisión de CO₂ y mayor conciencia sobre la generación distribuida de electricidad.

Más allá de los circuitos y los sensores, este proyecto toca algo más profundo: la forma en que los futuros profesionales van a relacionarse con el medioambiente desde su ejercicio técnico. Sensibilizar desde las aulas sobre la eficiencia energética y el uso racional de los recursos naturales no es un tema menor; es, probablemente, uno de los legados más duraderos que puede dejar una herramienta formativa como esta. Los egresados que hoy aprenden con este equipo serán mañana quienes diseñen, instalen y recomienden soluciones energéticas en el país, y hacerlo con criterio ambiental marca una diferencia real.

12 PRESUPUESTO DEL PROYECTO

Ítem	Materiales	Cantidad	Costo unitario	Costo total
1	ERMC4-8804 - Set de conectores POWEST MC4 hembra macho	5	3,55	17,75
2	NUHIB-7510 - Inversor solar All in one 1KVA	1	280,70	280,70
3	Bateria sellada 12V-200AH	1	280,70	280,70
4	PANEL SOLAR MONO HC 550W REF. POWEST PANEL SOLAR MONO HC 550W	1	93,04	93,04
5	Tubo de 1/4	5	11,50	57,50
6	Plancha PVC	1	242	24
7	Cables de batería	2	6	12
8	Tornillos 5x25	20	0,20	4
9	Plugs banana negro mediano	20	0,25	5
10	Plugs banana rojo mediano	20	0,25	5
11	Modulo relé de dos canales	1	4,50	4,50
12	Interruptores diferenciales	3	6,60	20
13	Cable #11	1	161	16
14	Foco led	3	1,25	3,75
15	Foco incandescente	3	1,30	4
16	Panel led cuadrado	1	5	5
17	Sirena	1	11	11
18	Motor Mitsumi	1	16	16
19	Sensor de corriente ACS712	1	4	4
20	Sensor de temperatura DHT11	1	3	3
21	Sensor de motor LM393	1	5	5
22	Sensor de sonido KY-087	1	5	5
23	Baquelita	1	4	4
24	Controlador de motor L924	1	5	5
25	Modulo ESP32	1	20	20
26	Cables para programación	1	10	10
27	Caja de la programación	1	5	5
28	Repetidor WIFI	1	20	20
29	Base de los focos	6	1	6

30	Amperímetro	1	5	5
31	Voltímetro	1	4	4
32	Tomacorriente	1	2	2
33	Interruptor encendido/apagado	2	4	4
34	Gastos varios	1	60	60
35	Interruptor táctil WIFI	1	16	16
Total				1037, 94

13 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1 Conclusiones

La implementación del módulo didáctico fotovoltaico permitió validar, a través del dimensionamiento técnico, la selección adecuada de cada componente del sistema. A partir de un consumo diario estimado de 827 Wh y considerando las condiciones de irradiación de La Maná con 5 horas pico solar, se obtuvo una potencia de panel requerida de 196,56 Wp, lo que justificó la selección del panel monocristalino HC de 550 W. De igual forma, el cálculo de capacidad de almacenamiento arrojó 163,8 Ah, respaldando el uso de la batería sellada de 200 Ah y el controlador de carga de 30 A. Esta metodología de dimensionamiento sienta un precedente técnico replicable para futuros proyectos fotovoltaicos dentro de la institución.

La construcción del módulo resultó en un sistema completamente funcional que integra, de forma organizada y segura, el panel solar, el inversor All-in-One de 1 kVA, la batería sellada, el controlador de carga y un conjunto de cargas eléctricas que incluyen focos LED, bombillos incandescentes, panel LED, sirena y tomacorrientes a 110 V. La estructura metálica fue diseñada con criterios de estabilidad mecánica verificados mediante análisis de esfuerzos, y la incorporación de interruptores diferenciales, voltímetros y amperímetros digitales garantiza condiciones de trabajo seguras. Todo ello permite a los estudiantes analizar directamente los procesos de generación, almacenamiento y distribución de energía fotovoltaica mediante la manipulación real de los componentes del sistema.

El sistema de monitoreo desarrollado con el microcontrolador ESP32, apoyado en los sensores ACS712, DHT11, KY-037 y LM393, logró la adquisición y visualización de variables en tiempo real a través de una interfaz web accesible desde cualquier dispositivo conectado a la red local, permitiendo además el control remoto de cargas y la exportación de registros en formato CSV para

análisis posterior. La validación académica realizada mediante encuestas a 30 estudiantes y 7 docentes evidenció una aceptación del 93,3 % y 85,7 % respectivamente, confirmando la pertinencia del módulo y su contribución efectiva al fortalecimiento del proceso formativo en el área de energías renovables de la carrera de Ingeniería Electromecánica.

13.2 Recomendaciones

Se recomienda realizar revisiones periódicas del estado de carga de la batería sellada de 200 Ah, evitando descargas por debajo del 50 % de su capacidad nominal, ya que las descargas profundas repetidas reducen de manera significativa su ciclo de vida útil. Asimismo, se debe verificar el apriete de los terminales de batería y los conectores MC4 del panel solar, puesto que las variaciones térmicas del laboratorio pueden generar aflojamientos que deriven en pérdidas de potencia o riesgos eléctricos. La limpieza periódica de la superficie del panel es igualmente indispensable para mantener la eficiencia de captación solar durante las prácticas.

Con relación al sistema de monitoreo, se sugiere mantener actualizado el firmware del ESP32 y ejecutar pruebas funcionales periódicas de los sensores instalados, en especial del DHT11 y del ACS712, cuyos valores de calibración pueden derivar con el uso prolongado. Para ampliar las capacidades del sistema en futuras versiones, se recomienda incorporar un sensor de irradiancia solar y un módulo de medición de potencia real, lo que permitiría obtener datos más completos sobre el rendimiento del panel bajo distintas condiciones ambientales, enriqueciendo el análisis disponible para los estudiantes.

Finalmente, se recomienda elaborar un manual técnico de prácticas de laboratorio que contemple procedimientos claros para la conexión, operación y apagado seguro del módulo, así como un protocolo de mantenimiento preventivo con intervalos de revisión de los componentes eléctricos y electrónicos. Este documento facilitará la estandarización del uso del módulo por parte de docentes y estudiantes de distintos semestres, asegurando su disponibilidad como herramienta didáctica a largo plazo y su aprovechamiento transversal en asignaturas relacionadas con automatización y electrónica de potencia.

14 REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Jami, D. H. (2019). Sistema fotovoltaico para suministro de energía eléctrica en vivienda aislada. Latacunga.

- [2] Redaccion, R. (2017, 9 junio). La energía solar se abre terreno en Ecuador. Diseño | la Revista | el Universo. <https://www.eluniverso.com/tendencias/2017/06/10/nota/6222868/energia-solar-se-abre-terreno-ecuador/>
- [3] Ekidom, Ekidom, & Ekidom. (2023, 11 septiembre). La revolución de la energía solar: cómo la nanotecnología está transformando el sector. Ekidom - Instaladores de Energías Renovables. <https://ekidom.com/soluciones-energeticas/la-revolucion-de-la-energia-solar-la-nanotecnologia-en-el-sector/>
- [4] A. de R. y C. de Electricidad, «Agencia de Regulación y Control de Electricidad» Balance Nacional de Energía Eléctrica», Agencia de Regulación y Control de Electricidad.
- [5] Martínez, D. B. (2010 - 2011). Instalación de Paneles Fotovoltaicos en Bosal S.A. Zaragoza.
- [6] Colaboradores de Wikipedia. (2025, 6 noviembre). Energía solar fotovoltaica. Wikipedia, la Enciclopedia Libre. https://es.wikipedia.org/wiki/Energ%C3%ADa_solar_fotovoltaica
- [7] Energía solar fotovoltaica. (s. f.). AutoSolar. Recuperado 1 de diciembre de 2025, de <https://autosolar.es/energia-solar/energia-solar-fotovoltaica>
- [8] Suministro de electricidad en redes solares aisladas y de respaldo (Vol. 2). (2009). [Principios, explotaciones y soluciones de SMA]. SMA, E. y. S. <https://files.sma.de/downloads/INSELVERSOR-AES104310-web.pdf>
- [9] DamiaSolar. (2025, 5 septiembre). Comparativa: panel solar poli, panel mono, panel cuasi-mono, y panel amorfo. Blog Damia Solar. <https://www.damiasolar.com/blog/comparativa-panel-solar-poli-mono-cuasimono-amorfo/>
- [10] CONTROLADOR DE CARGA SOLAR 30A - VISION LED. (2025, 27 enero). VISION LED. <https://visionled.com.ec/product/controlador-regulador-de-carga-solar-30a/>
- [11] Luis. (2025, 1 diciembre). Baterías para paneles solares: Aplicación en sistemas aislados fotovoltaicos. Led Solar. <https://www.ledsolar.com.mx/baterias-para-paneles-solares-aplicacion-en-sistemas-aislados-fotovoltaicos/>
- [12] Inversor Solar para Paneles Solares – XMart 2K/1.6KW – 120V – 24VDC – MPPT – 60A – AC – Telalca Store Ecuador. (s. f.). <http://store.telalca.com/producto/inversor-solar-para-paneles-solares-xmart-2k-1-6kw-120v-24vdc-mppt-60a-ac/>
- [13] LeKing Extension Cable for Solar Panels, Solar Cables Photovoltaic Cable Extension | Solar Cable with Female and Male Connector, Weatherproof Solar Cable Extension, Wiring:

Amazon.es: Industrial & Scientific. (s. f.). <https://www.amazon.es/extensi%C3%B3n-Extensi%C3%B3n-fotovoltaico-Resistente-Intemperie/dp/B0CLFXQ48H>

- [14] Amazon.com: Medidor de energía inteligente, monitor de potencia con 2 sensores de abrazadera CT de 300 A, monitoreo en tiempo real para Tuya y aplicación Smart Life, para sistema solar fotovoltaico: Herramientas y Mejoras del Hogar. (s. f.). <https://www.amazon.com/-/es/inteligente-abrazadera-monitoreo-aplicaci%C3%B3n-fotovoltaico/dp/B0DBJ2ZZD3>
- [15] Sistema aislado: Energía independiente y sostenible. (s. f.). <https://www.solmic.co/sistema-aislado>
- [16] Martínez, R. (2024, 28 junio). 10 ventajas de la energía solar fotovoltaica. EnchufeSolar. <http://enchufesolar.com/blog/ventajas-solar-fotovoltaica/>
- [17] Fundeen. (s. f.). Energía solar fotovoltaica: qué es, sus ventajas y rentabilidad. Fundeen. <https://www.fundeen.com/blog-energias-renovables/que-es-la-energia-solar-y-como-funciona>
- [18] Escandon, A. (2025, 21 mayo). Cómo dimensionar una instalación fotovoltaica - Alusín Solar. Alusín Solar. <https://alusinsolar.com/factores-para-dimensionar-una-instalacion-fotovoltaica/>
- [19] Roitman, M. S., Mestrallet, A., Aramburu, M. D., & Rossi, R. (2015, 14 septiembre). Dimensionamiento de un sistema de energía solar fotovoltaica para una vivienda familiar de la Ciudad de Córdoba. <https://revistas.unc.edu.ar/index.php/FCEFYN/article/view/10884>
- [20] Tutiempo Network, S.L. (s. f.). Índice Ultravioleta en La Maná (Ecuador) - UV por horas. www.tutiempo.net. <https://www.tutiempo.net/indice-ultravioleta/la-mana.html>
- [21] Diseño e implementación de un sistema de energía solar en el. (s. f.). REDI. <https://redi.cedia.edu.ec/document/149700>
- [22] Rojas, D. A.-J. (2025). Construcción de un sistema didáctico de energía solar para la carrera. El Carmen.
- [23] Toapanta, L. E. (2022). Implementación de un módulo didáctico de energía solar fotovoltaica para el LTI- ESFOT. Quito.
- [24] Del Jesús Casado Ramírez, E., Tajé, J. L. G., Del Rosario Martín Canché, B., Ocampo, A. N., & Viveros, G. V. (2024b). Implementación de un Módulo Didáctico para el Aprendizaje de Sistemas Fotovoltaicos Autónomos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(6), 4820-4835. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i6.9038

- [25] Buitrón Esparza, L. A. (2013). Construcción de un tablero didáctico para la obtención de energía eléctrica alternativa fotovoltaica apropiado para realizar prácticas en el laboratorio de electricidad de la Universidad Técnica Del Norte. Ibarra.
- [26] Fluke. (2025, 21 noviembre). ¿Qué es un osciloscopio? Fluke Corporation. <https://www.fluke.com/es-ec/informacion/blog/electrica/que-es-un-osciloscopio>
- [27] The Home Depot México. (s. f.). <https://www.homedepot.com.mx/p/milwaukee-multimetro-de-gancho-de-400-amperes-milwaukee-2235-20-152494>
- [28] Gastellou, E. (2026, 26 enero). ¿Qué es y cómo funciona un multímetro? AcMax. <https://acmax.mx/como-usar-un-multimetro/>
- [29] ESP32 placa — documentación de SunFounder ESP32 Starter Kit -. (s. f.). https://docs.sunfounder.com/projects/esp32-starterkit/es/latest/components/component_esp32_extension.html
- [30] Smith, G. M. (2025, 4 marzo). ¿Qué es un sensor y qué hace? Soluciones de Adquisición de Datos (DAQ). <https://dewesoft.com/es/blog/que-es-un-sensor>
- [31] AV Electronics. (2026, 10 enero). Módulo Relé 2 canales - AV Electronics. <https://avelectronics.cc/producto/modulo-rele-2-canales/>
- [32] Iluminación, eléctrico, herramientas y construcción | Maviju tienda en línea. (s. f.). <https://maviju.com/>
- [33] Alarmas, B. Y. (2025, 26 septiembre). Alarma de sirena: cómo funciona y consejos. Blog Yoigo Alarmas. <https://yoigoalarmas.es/blog/sirena-de-alarma-tipos-consejos-y-recomendaciones/>
- [34] MEGATRONICA. (2023, 1 diciembre). SIRENA 1 TONO METALICA MS-290 110V - MEGATRONICA. https://megatronica.cc/producto/sirena-1-tono-metalica-ms-290-110v/?srsltid=AfmBOoo0D5SaB29Jh_nPfCrPLum7eYwSeWMBIRdZCfs8N8vvjRezzvYK
- [35] Disensa. (2025, 24 noviembre). Panel LED cuadrado sobrepuesto 12W luz día | Sylvania - Disensa Ecuador. Disensa Ecuador. <https://disensa.com.ec/producto/panel-led-cuadrado-sobrepuesto-12w-luz-dia/>
- [36] Foco Incandescente S14 E26 De 11W 2200K 2Uds STARLIGHT S28-900C-109D | Do it Center. (s. f.). Do It Center. <https://www.doitcenter.com.pa/productos/foco-incandescente-s14-e26-de-starlight-incandescentes-15528621-15528621?srsltid=AfmBOoowSJOT8twNsdP8nxMx95h70cMb4y3o-aiRuYAduiT4REX-XO69>

- [37] BOMBILLO NORMAL LED BULB. (s. f.).
<https://www.corotos.com.do/anuncio/hogar/decoracion-accesorios/bombillo-normal-led-bulb-jhm3zxy?srsltid=AfmBOoooEPHTUJ6NjWuu65o3zJtMgSLyyUAapNBgElalYWX2qnX9nqbR>
- [38] Cia, Z. (s. f.). Inicio - diverzu. Diverzu. <https://diverzu.com.ec/producto/730000>
- [39] Embajadores, E. (s. f.). SWITCHTRONIX - Voltímetro digital - 3,5 .. 60 Vcc - rojo - ø22mm. Electrónica Embajadores.
<https://www.electronicaembajadores.com/es/Productos/Detalle/IPDDV20/instrumentos-de-panel/instrumentos-digitales/switchtronix-voltimetro-digital-3-5-60-vcc-rojo-o22mm/>
- [40] MEGATRONICA. (2024, 4 octubre). Mini voltimetro digital Arduino 0-100 VDC 0.28in - MEGATRONICA. <https://megatronica.cc/producto/mini-voltimetro-digital-arduino-0-100-vdc-0-28in/?srsltid=AfmBOooMLQCfn0S-NlxlbJcXVqZWso7PdZQasluHgNQYOI93eQl1abJI>
- [41] Qué es un interruptor diferencial y cómo funciona: Guía completa. (s. f.).
<https://www.promart.pe/blog/que-es-un-interruptor-diferencial?srsltid=AfmBOopRM345d1M2Af7bpuTk6N-Ev82vOb5Y79nmaYG2jbQveBkVT3X9>
- [42] InstalacionElectrica. (2022, 17 febrero). Interruptor eléctrico. InstalacionElectrica.net.
<https://instalacionelectrica.net/elementos/interruptor-electrico/>
- [43] Andres. (2025, 8 agosto). Sistema de codificación de color de los cables eléctricos. Electricaplicada. <https://electricaplicada.com/sistema-codificacion-color-cableado-electrico/>
- [44] AV Electronics. (2026, 19 enero). Conector Banana hembra largo - AV Electronics.
<https://avelectronics.cc/producto/conector-banana-hembra-largo/?srsltid=AfmBOoqdiCK8pRc0O7pHIgYe8ZGDG0MZgkMcmG79WOVt6UuM4SozIdHu>
- [45] Cinta Aislante PVC Temflex 165 3M 19mm 18 metros Negro. (s. f.). Electromall.
https://www.electromall.cl/cinta-aislante-pvc-temflex-165-3m-19mm-18-metros-negro?srsltid=AfmBOooFDn_zIsdImtbZ62UXPgKurNHB_n7HkALAw3GPDETaJ13yuO7B

- [46] Eliuseev, D. (2025, 30 diciembre). IoT For Beginners: Gentle Introduction To The ESP32. Medium. <https://levelup.gitconnected.com/iot-for-beginners-gentle-introduction-to-the-esp32-43f5552b514e>
- [47] Anasi, C. (s. f.). Sensor de corriente Acs712 con Arduino – Microlab blog. <https://microlab.ec/blog/sensor-de-corriente-ac712-con-arduino/>
- [48] MÓDULO SENSOR DE MICRÓFONO SENSIBLE KY-037 - Electrostore. (2025, 10 julio). Electrostore. <https://www.grupoelectrostore.com/producto/modulo-sensor-de-microfono-sensible-ky-037/>
- [49] Sensor de Temperatura y Humedad DHT11. (s. f.). Arca Electrónica. https://www.arcaelectronica.com/products/sensor-de-temperatura-y-humedad-dht11?srltid=AfmBOooJQ4Ejqple_Q_p5vyjHJWHWYKxRtxRQgcA8dB7iyc6Jps06_IG
- [50] Sensor de velocidad Encoder tipo U LM393 – Novatronic. (s. f.). <https://novatronicec.com/index.php/product/sensor-fotoelectrico-de-correlacion-5mm-encoder-tipo-u/>
- [51] Módulo de relé de 2 Canales con regulador a 5V – Novatronic. (s. f.). <https://novatronicec.com/index.php/product/modulo-de-rele-de-2-canales-con-regulador-a-5v/>
- [52] GeekyDrop. (s. f.). Repetidor / Router Wi-Fi 300 Mbps 2,4 GHz, hasta | GeekyDrop. [geekydrop.com. https://geekydrop.com/drop/Repetidor---Router-Wi-Fi-300-Mbps-2-4-GHz-hasta-30-m-de-cobertura-pkBXoHWI8w](https://geekydrop.com/drop/Repetidor---Router-Wi-Fi-300-Mbps-2-4-GHz-hasta-30-m-de-cobertura-pkBXoHWI8w)