



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

CARRERA DE ELECTROMECÁNICA

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA FOTOVOLTAICA CON SENSORES IoT PARA ÁREAS RECREATIVAS DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ

Proyecto de investigación presentado previo a la obtención del Título de
Ingeniero en Electromecánica

Autores:

Cuenca Cacay Rubén Stalin

Rodriguez Alban Joel Vladimiro

Tutor:

Ing. Morales Tamayo Yoandrys PhD.

LA MANÁ-ECUADOR

MARZO -2026

DECLARACIÓN DE AUDITORÍA

Nosotros, Cuenca Cacay Rubén Stalin con cédula de ciudadanía No. 0503528713 , Rodríguez Alban Joel Vladimiro, con cédula de ciudadanía No.0550300818 , declaramos ser autores del presente **PROYECTO DE INVESTIGACIÓN: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA FOTOVOLTAICA CON SENSORES IoT PARA ÁREAS RECREATIVAS DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”**, siendo el Ing. Yoandrys Morales Tamayo PhD., Tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

La maná, marzo del 2026

Ruben Cuenca

Cuenca Cacay Rubén Stalin

C.C: 0503528713

Rodríguez Alban Joel Vladimiro

C.C: 0550300818

AVAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

En calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el título:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA FOTOVOLTAICA CON SENSORES IoT PARA ÁREAS RECREATIVAS DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”, de Cuenca Cacay Rubén Stalin, Rodríguez Alban Joel Vladimiro 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 del 2026



Ing. Morales Tamayo Yoandrys PhD.

C.C. 1756958797

TUTOR

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL

En calidad del Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y, por la Extensión La Maná; por cuanto, los postulantes: Cuenca Cacay Rubén Stalin y Rodríguez Alban Joel Vladimiro, con el título del Proyecto de investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA FOTOVOLTAICA CON SENSORES IoT PARA ÁREAS RECREATIVAS DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”**, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúnen los méritos suficientes para ser sometidos 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 del 2026.

Para constancia firman:



Ing. Hidalgo Osorio William Armando MS.c.

C.C. 0502657885

LECTOR 1 (PRESIDENTE)



Ing. Corrales Bonilla Johnatan Israel MS.c.

C.C. 0503145518

LECTOR 2 (MIEMBRO)



Ing. Borja Borja Cristian Darwin MS.c.

C.C.1719252585

LECTOR 3(MIEMBRO)

AGRADECIMIENTO

Expresamos un sincero agradecimiento a Dios por darnos la fuerza y la inteligencia para sobrellevar este proceso de formación profesional,

A la Universidad Técnica de Cotopaxi por ser el espacio donde fortalecimos nuestros conocimientos y valores profesionales. A las autoridades y docentes de la Carrera de Ingeniería Electromecánica, quienes, con su experiencia, dedicación y vocación de enseñanza con su orientación a lo largo de la formación académica, brindando las herramientas necesarias para enfrentar los retos académicos.

Gracias a la calidad educativa recibida, hoy podemos avanzar con bases sólidas hacia el cumplimiento de las metas y aspiraciones profesionales.

Rubén y Joel.

DEDICATORIA

Dedico este logro a mi madre y a mi Tita que han sido un pilar fundamental en todo este tiempo de estudios superiores, a mi hermano menor, si su apoyo nada de esto sería posible ha estado siempre y en todo momento. A mis amigos y familiares por los consejos que siempre me dieron para proseguir en este proceso de estudios.

Rubén.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo investigativo a mi familia, mi refugio y fortaleza en cada etapa de mi vida. Gracias por su apoyo, por creer en mí y por ser mi motivación constante para seguir adelante.

A mi hija, mi mayor tesoro y razón de ser. Cada esfuerzo, cada desvelada y cada sacrificio ha valido la pena pensando en ti. Eres la luz que ilumina mi camino y la inspiración que me impulsa a ser mejor cada día. Que este logro sea un ejemplo de que, con dedicación y perseverancia, los sueños se hacen realidad.

Joel.

UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

EXTENSIÓN LA MANÁ

TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA FOTOVOLTAICA CON SENSORES IoT PARA ÁREAS RECREATIVAS DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”

Autores:

Cuenca Cacay Rubén Stalin

Rodríguez Alban Joel Vladimiro

RESUMEN

En el contexto del creciente uso de dispositivos electrónicos en espacios universitarios y la necesidad de incorporar soluciones energéticas sostenibles, fue efectuado el proyecto estableciendo por objetivo de implementar una mesa fotovoltaica con sensores IoT autónomos para el suministro eléctrico de baja potencia en espacios de esparcimiento social de la UTC, Extensión La Maná. La metodología comprendió el levantamiento de requerimientos energéticos, el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, el diseño estructural del mobiliario, el análisis del desempeño energético y del sistema de almacenamiento, así como la evaluación social mediante encuestas a los usuarios. El sistema integra un panel fotovoltaico de 100 Wp, un controlador de carga, un banco de baterías de 12 V y 120 Ah, un inversor y puntos de suministro AC y USB, lo que permite una generación aproximada de 250 Wh/día, suficiente para cubrir una demanda estimada de 200 Wh/día y garantizar una autonomía superior a 24 horas en ausencia de radiación solar. El diseño estructural fue validado para una carga máxima de 3296,16 N, lo que asegura condiciones adecuadas de seguridad y estabilidad durante su uso. Los sensores IoT permiten el monitoreo básico de variables operativas del sistema, fortaleciendo su carácter tecnológico y educativo. Los resultados evidenciaron una aceptación superior al 90 %, mientras que el análisis económico determinó una inversión total de \$1.092,6, confirmando la viabilidad técnica, social y económica de la mesa fotovoltaica y su potencial de replicabilidad en otros espacios institucionales.

Palabras clave: mesa fotovoltaica, energía solar, sostenibilidad, almacenamiento energético.

TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

LA MANA EXTENSION

THEME: “IMPLEMENTATION OF A PHOTOVOLTAIC TABLE WITH IoT SENSORS FOR RECREATIONAL AREAS OF THE UTC LA MANÁ EXTENSION”

Authors:

Cuenca Cacay Rubén Stalin

Rodríguez Alban Joel Vladimiro

ABSTRACT

In the context of the increasing use of electronic devices in university spaces and the need to incorporate sustainable energy solutions, this project was developed with the objective of implementing a photovoltaic table with autonomous IoT sensors for low-power electrical supply in the recreational areas of the Technical University of Cotopaxi, La Maná extension. The methodology included gathering energy requirements, sizing the photovoltaic system, designing the furniture's structure, analyzing the energy performance and storage system, and conducting a social evaluation through user surveys. The system integrates a 100 Wp photovoltaic panel, a charge controller, a 12 V, 120 Ah battery bank, an inverter, and AC and USB power outlets, allowing for an approximate generation of 250 Wh/day, sufficient to cover an estimated demand of 200 Wh/day and guarantee autonomy of more than 24 hours in the absence of solar radiation. The structural design was validated for a maximum load of 3296.16 N, ensuring adequate safety and stability during use. IoT sensors allow for basic monitoring of the system's operational variables, reinforcing its technological and educational value. The results showed an acceptance rate exceeding 90%, while the economic analysis determined a total investment of \$1.092,6, confirming the technical, social, and economic viability of the photovoltaic table and its potential for replication in other institutional settings.

Keywords: photovoltaic table, solar energy, sustainability, energy storage.

ÍNDICE DE CONTENIDO

PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUDITORÍA.....	ii
AVAL DEL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL.....	iv
AGRADECIMIENTO.....	v
DEDICATORIA.....	vi
DEDICATORIA.....	vii
RESUMEN	viii
ABSTRACT	ix
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	x
ÍNDICE DE TABLAS.....	xv
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xvii
ÍNDICE DE ECUACIONES.....	xviii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	2
3. JUSTIFICACIÓN	2
4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO	5
4.1. Beneficiarios directos.....	5
4.2. Beneficiarios indirectos.....	5
5. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN	6
5.1. Problemática	6
5.2. Problema.....	7
5.3. Formulación del problema.....	7
6. OBJETIVOS	7
6.1. Objetivo general.....	7
6.1. Objetivos específicos.....	8

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS PLANTEADOS	Error! Bookmark not defined.
8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO.....	10
8.1. Antecedentes	10
8.2. Marco Teórico	11
8.2.1. Energía.....	11
8.3. Energía renovable.....	11
8.3.1. Clasificación de fuentes de energía renovables.....	13
8.3.2. Importancia de la energía renovable	14
8.3.3. Uso de la energía renovable en la educación.....	14
8.4. Energía solar fotovoltaica	14
8.4.1. Ventajas de la energía solar fotovoltaica.....	14
8.5. Panel solar.....	15
8.5.1. Elementos de un panel solar.....	15
8.5.2. Tipos de paneles.....	15
8.5.2.1. Monocristalino.....	15
8.5.2.2. Policristalino.....	18
8.5.2.3. Sistema de almacenamiento.....	18
8.6. Tipos de baterías.....	19
8.6.1. Batería de litio.....	19
8.6.1.1. Baterías o acumuladores de litio.....	19
8.6.1.2. Control de carga y descarga.....	20
8.6.1.3. Distribución eléctrica (conductores eléctricos).....	20
8.6.1.4. Protección en sistemas fotovoltaicos.....	20
8.7. Internet de las Cosas (IoT).....	22
8.7.1. Las cuatro capas de la arquitectura de un sistema (IoT)	23
8.7.2. Protocolos de comunicación (IoT).....	23
8.7.3. Aplicación de (IoT) en sistemas fotovoltaicos.....	22
9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL.....	23

9.1. Tipos de investigación	24
9.2. Justificación de los materiales	25
9.2.1. Justificación de los materiales mecánicos	25
9.2.2. Justificación de los materiales eléctricos y electrónicos	25
9.2.3. Instrumentos de mediación.....	25
9.3. Métodos de investigación	26
9.3.1. Análisis de demanda energética	27
9.3.2. Estimación de la potencia requerida.....	28
9.4. Procedimiento metodológico	30
9.4.1. Identifiación de la demanda eléctrica.....	30
9.4.2. Dimencionamiento preliminar del sistema fotovoltaico.....	31
9.4.3. Identificación de la carga eléctrica y sensores (IoT).....	31
9.4.4. Diseño estructural de la mesa.....	31
9.4.5. Montaje del sistema electromecánico.....	32
9.4.6. Pruebas y validación.....	33
9.5. Variables	34
9.5.1. Variables independientes	33
9.5.2. Variables dependientes	38
9.5.2.1. Desarrollo de las variables dependientes	40
9.5.3. Mapa de relación causa-efecto entre variables.....	42
9.6. Diseño y dimensionamiento.....	44
9.6.1. Características del diseño.....	44
9.6.2. Esquema eléctrico del sistema fotovoltaico.....	45
9.7. Localización.....	45
9.8. Técnica de investigación	45
9.9. Población y muestra	47
9.10. Arquitectura del sistema (IoT).....	47
9.10.1. Diagrama de funcionamiento del sistema (IoT)	48

9.10.2. Esquema de conexión del sistema (IoT).....	49
10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	49
10.1. Resultado de la aplicación de las encuestas.....	49
10.1.1. Dimensión sostenibilidad y energía renovable.....	49
10.1.2. Funcionabilidad.....	52
10.1.3. Impacto educativo.....	53
10.2. Diseño de la mesa fotovoltaica con sensores (IoT).....	53
10.2.1. Dimensionamiento de la estructura de la mesa fotovoltaica.....	49
10.2.2. Selección de materiales.....	57
10.3. Análisis mecánico mediante simulación de cargas de la mesa fotovoltaica	57
10.3.1. Distribución de esfuerzo de Von Mises en la estructura	57
10.3.2. Análisis del coeficiente de seguridad	59
10.4. Evaluación del desempeño energético del sistema fotovoltaico.....	56
10.4.1. Balance energético del sistema fotovoltaico	60
10.4.2. Eficiencia estimada de los componentes del sistema	63
10.4.3. Desempeño del sistema de almacenamiento energético	64
10.4.4. Evaluación del sistema de monitoreo mediante tecnología (IoT)	65
10.4.5. Capacidad operativa validada	64
10.4.6. Validación de resultados mediante instrumentos de medición	66
10.4.6.1. Condiciones de la prueba	66
10.4.6.2. Validación de corriente DC	Error! Bookmark not defined. 8
10.4.6.3. Verificación de potencia	70
10.4.6.4. Generación solar real.....	71
10.4.6.5. Autonomía del sistema	72
10.4.6.6. Generación solar real.....	71
10.4.6.7. Monitoreo térmico.....	73
10.4.6.8. Validación del sistema (IoT).....	74
10.4.6.9. Tabla comparativa general.....	74

10.4.6.10. Analisis estadístico de error.....	75
11. IMPACTOS TÉCNICOS, SOCIALES Y ECONÓMICOS	76
11.1. Impactos técnicos	76
11.2. Impactos sociales.....	76
11.3. Impactos económicos	76
12. PRESUPUESTO	77
13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	78
13.1. Conclusiones	78
13.2. Recomendaciones.....	81
14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
15. ANEXOS	85

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Beneficiarios directos	5
Tabla 2 Beneficiarios indirectos	5
Tabla 3 Actividades y sistema de tareas en relación a los objetivos planteados	8
Tabla 4. Ventajas de la energía fotovoltaica	14
Tabla 5. Capas de arquitectura.....	23
Tabla 6. Justificación de los materiales mecánicos (estructura de la mesa).....	25
Tabla 7. Justificación de los materiales electricos y electrónicos	26
Tabla 8. Instrumentos de mdiacion	27
Tabla 9. Análisis de la demanda energética	28
Tabla 10. Variables independientes	34
Tabla 11. Variables dependientes	38
Tabla 12. Mapa de relaciones causa-efecto entre variables	42
Tabla 13. Cuestionario para la encuesta.....	46
Tabla 14. Dimensión: Sostenibilidad y energía renovable.....	51
Tabla 15. Dimensión: Funcionalidad y usabilidad.....	52
Tabla 16. Dimensión: Impacto educativo.....	53
Tabla 17. Criterio de sleccion de material.....	59
Tabla 18. Vitacora de monitoreo del sistema fotovoltaico	61
Tabla 19. Balance energético del sistema fotovoltaico	62
Tabla 20. Eficiencia estimada de los componentes del sistema	64
Tabla 21. Performance del sistema de almacenamiento energético.....	65
Tabla 22. Resultados mediante instrumentos de mdiacion	67
Tabla 23. Validacion de voltaje DC	68
Tabla 24. Corriente DC.....	69
Tabla 25. Verificacion de la potencia.....	70
Tabla 26. Generacion solar.....	71
Tabla 27. Autonomía.....	72
Tabla 28. Monitoreo.....	73
Tabla 29. Validación del sistema IoT.....	74
Tabla 30. Comparativa general.....	75
Tabla 31. Margen de error.....	76
Tabla 31. Presupuesto.....	78

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de energía renovable	13
--	----

Figura 2. Sistema fotovoltaico	13
Figura 3. Elementos de un panel solar	15
Figura 4. Panel monocristalino	17
Figura 5. Panel solar policristalino	17
Figura 6. Tipos de baterías o acumuladores	18
Figura 7. Batería de litio.....	18
Figura 8. Control de carga y descarga: Controlador de carga MPPT con display digital	20
Figura 9. Sistemas de protección en sistemas fotovoltaicos	22
Figura 10. Diagrama procedimiento metodológico de la propuesta.....	30
Figura 11. Esquema eléctrico del sistema fotovoltaico.....	33
Figura 12. Plano de la mesa fotovoltaica	44
Figura 13. Esquema eléctrico del sistema fotovoltaico.....	45
Figura 14. Arquitectura del sistema IoT implementado	48
Figura 15. Diagrama del sistema IoT	49
Figura 16. Esquema de conexionado del sistema IoT	50
Figura 17. Diseño de mesa fotovoltaica	52
Figura 18. Medidas de la mesa fotovoltaica.....	53
Figura 19. Plano de la mesa fotovoltaica	54
Figura 20. Resultado del análisis de esfuerzos en la mesa fotovoltaica	58
Figura 21. Analisis de coeficiente de seguridad	60

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1 Cálculo. Distribución eléctrica (conductores eléctricos)	20
Ecuación 2 Cálculo de la potencia requerida del sistema fotovoltaico	28

Ecuación 3 Cálculo del peso.....	31
----------------------------------	----

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título del proyecto:

“IMPLEMENTACIÓN DE UNA MESA FOTOVOLTAICA CON SENSORES LOT PARA ÁREAS RECREATIVAS DE LA UTC EXTENSIÓN LA MANÁ”

Fecha de inicio:	Octubre del 2025
Fecha de finalización:	Marzo 2026
Lugar de ejecución:	Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná.
Unidad académica que auspicia:	Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas -CIYA
Carrera de auspicia:	Ingeniería Electromecánica
Proyecto de investigación vinculado:	
Equipo del trabajo:	
Tutor del Proyecto:	Ing. Morales Tamayo Yoandrys PhD.
Postulantes:	Joel Vladimiro Rodríguez Albán Rubén Stalin Cuenca Cacay
Área de conocimiento:	Ingeniería, Industrias y Construcción
Línea de investigación:	Procesos industriales y automatización.

2. INTRODUCCIÓN

Tomando en consideración las últimas décadas, las instituciones de educación superior han incrementado la demanda de energía eléctrica en sus espacios académicos y recreativos debido al uso permanente de dispositivos electrónicos de baja potencia, tales como teléfonos móviles, computadoras portátiles y equipos de comunicación. Esta situación ha reflejado el evidente menester de proponer iniciativas de sistemas de suministro eléctrico alternativos que permitan garantizar puntos de carga accesibles, seguros y energéticamente eficientes, especialmente en las áreas abiertas de los campus universitarios.

La Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, hasta la actualidad evidencia restricciones en la infraestructura eléctrica disponible en las áreas recreativas, evidenciando la ausencia de sistemas de carga eléctrica destinados a los estudiantes durante sus actividades académicas y de esparcimiento. En la actualidad, el abastecimiento energético depende exclusivamente de la red eléctrica convencional, aspecto que restringe la incorporación de soluciones autónomas basadas en fuentes renovables y limita el aprovechamiento del potencial solar existente en la localidad, caracterizada por niveles favorables de irradiación solar a lo largo del año.

Desde el enfoque de la ingeniería electromecánica, la implementación de sistemas fotovoltaicos autónomos constituye una alternativa técnica viable para el suministro de energía eléctrica de baja potencia en espacios abiertos. Estos sistemas permiten la conversión de la energía solar en energía eléctrica mediante el uso de módulos fotovoltaicos que operan en sistemas de baja tensión, comúnmente de 12 V o 24 V, adecuados para aplicaciones de carga directa y almacenamiento energético. La selección del tipo de panel fotovoltaico, ya sea monocristalino o policristalino, así como la determinación de su potencia nominal, es efectuada considerando parámetros y requisitos fundamentales de carga, las condiciones climáticas del entorno y la disponibilidad del área de instalación.

En este contexto, se plantea el diseño de un mobiliario multifuncional equipado con un sistema de abastecimiento energético mediante energía solar, concebido como un sistema electromecánico integrado que combine mobiliario urbano con generación fotovoltaica autónoma. La arquitectura del sistema estará conformada por módulos fotovoltaicos, un controlador de carga encargado de la regulación de tensión y corriente, un sistema de almacenamiento mediante baterías y dispositivos de salida para la carga de equipos electrónicos,

como puertos USB y tomacorrientes de baja tensión. Esta configuración permitirá el suministro de energía eléctrica de manera controlada, garantizando condiciones seguras de operación.

El uso de la mesa multifuncional permitirá optimizar el aprovechamiento del espacio físico al integrar funciones de soporte estructural, generación eléctrica y acceso a energía para los usuarios, sin requerir modificaciones significativas en la infraestructura existente del campus universitario.

El sistema permitirá observar de manera práctica cómo se comporta la energía eléctrica en diferentes situaciones de uso, considerando variaciones en la carga y en las condiciones de funcionamiento. Además, facilitará el análisis del rendimiento del sistema de energía solar, tomando en cuenta la disponibilidad de la luz solar a lo largo del día y su aprovechamiento en la generación de energía, así, se podrá comprender mejor cómo influyen los factores externos en el funcionamiento del sistema, así como identificar posibles mejoras para optimizar su uso y eficiencia.

La investigación se sostiene en la aplicación de conocimientos de la ingeniería electromecánica para el desarrollo de una mesa multifuncional con sistema de carga solar. La propuesta busca aprovechar la energía solar como una alternativa sostenible dentro del entorno universitario. A través del estudio, se pretende analizar la viabilidad de su implementación considerando su funcionamiento y utilidad. Asimismo, se evalúa su aporte al mejoramiento de los espacios académicos, promoviendo el uso de tecnologías limpias.

3. JUSTIFICACIÓN

El estudio demuestra su importancia el campo de la ingeniería electromecánica al proponer una solución técnica orientada al mejoramiento del suministro de energía eléctrica en espacios de esparcimiento de la UTC, Extensión La Maná. Actualmente, estos espacios carecen de sistemas de alimentación autónomos que permitan la carga de dispositivos electrónicos de uso cotidiano, situación que limita su funcionalidad y reduce el aprovechamiento integral del entorno universitario. Ante esta problemática, la implementación de una mesa multifuncional de abastecimiento solar se plantea como una alternativa técnicamente fundamentada que contempla la generación eléctrica, soporte estructural y distribución segura de energía.

Con un enfoque electromecánico, el proyecto investigativo requiere la justificación del diseño estructural de la mesa, considerando que debe soportar tanto las cargas mecánicas asociadas al

uso continuo por parte de los estudiantes como el peso de los componentes eléctricos y fotovoltaicos incorporados. Además, el diseño debe garantizar estabilidad, resistencia y durabilidad frente a las condiciones ambientales propias de la zona, como la exposición prolongada a la radiación solar, la humedad y las variaciones de temperatura. En este sentido, el proceso de elegir los estructurales se fundamenta en criterios de resistencia mecánica, protección contra la corrosión y facilidad de mantenimiento, aspectos esenciales para asegurar una vida útil adecuada del sistema.

La investigación también se justifica por la necesidad de definir una arquitectura eléctrica adecuada para un sistema de generación fotovoltaica de baja potencia. Dicha arquitectura contempla la conversión de la energía solar en energía eléctrica en corriente continua, operando en niveles de tensión compatibles con aplicaciones de carga directa, así como la regulación y protección del sistema a través de controladores de carga. La incorporación de un sistema de almacenamiento energético permite garantizar la disponibilidad de energía durante períodos de baja irradiación solar, mientras que los elementos de salida aseguran una distribución controlada y eficiente hacia los puntos de carga. Esto permite analizar el comportamiento eléctrico del sistema bajo diferentes condiciones operativas.

La inclusión de la tecnología IoT dentro del sistema se justifica desde una perspectiva funcional y técnica, ya que posibilita el monitoreo continuo de variables eléctricas y ambientales relevantes para la evaluación del desempeño fotovoltaico. Entre las variables consideradas se encuentran la tensión del sistema, la corriente suministrada, la potencia generada, la situación de suministro del componente de carga (baterías) así como la temperatura de los componentes de electricidad necesarios.

En cuanto a la factibilidad técnica investigativa se sustenta en las condiciones climáticas del cantón La Maná, donde los niveles promedio de irradiación solar anual permiten el aprovechamiento eficiente de la energía solar para aplicaciones de baja potencia. Asimismo, los componentes electromecánicos requeridos, tales como módulos fotovoltaicos, sistemas de almacenamiento, controladores eléctricos y sensores, se encuentran disponibles en el mercado nacional, situación que facilita la implementación del prototipo.

Este proyecto genera un impacto positivo en la comunidad universitaria al proporcionar espacios recreativos más funcionales y energéticamente eficientes, donde los estudiantes pueden beneficiarse del acceso a puntos de carga en áreas abiertas. De igual manera, los

docentes disponen de un sistema real que puede ser utilizado como recurso didáctico para el análisis de sistemas fotovoltaicos, estructuras electromecánicas y mediciones eléctricas.

4. BENEFICIARIOS DEL PROYECTO

4.1. Beneficiarios directos

Se beneficiará primordialmente con el proyecto al alumnado de la UTC, extensión La Maná, quienes contarán con una mesa fotovoltaica equipada con sensores IoT en las áreas recreativas del campus. Este sistema permitirá el acceso a puntos de carga eléctrica para dispositivos electrónicos de baja potencia, favoreciendo el uso eficiente de los espacios universitarios.

Los docentes de la institución también se beneficiarán del proyecto, ya que podrán utilizar el sistema como un recurso didáctico para el análisis y estudio de sistemas fotovoltaicos y tecnologías relacionadas con el monitoreo energético.

Tabla 1. *Beneficiarios directos*

Descripción
Alumnado de la UTC, Extensión La Maná
Docentes

Fuente: *Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. (2025).*

4.2. Beneficiarios indirectos

Entre las partes que se beneficiarán de forma indirecta se encuentran estudiantes de otras universidades que visiten las instalaciones de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, quienes también podrán beneficiarse del uso de la mesa fotovoltaica implementada en las áreas recreativas del campus.

Tabla 2. *Beneficiarios indirectos*

Descripción
Visitantes de la UTC, Extensión La Maná

Fuente: *Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná. (2025).*

5. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

A nivel global, el tema de las energías renovables, particularmente la fotovoltaica, se ha convertido en una de las principales fuentes de abastecimiento, ubicándose entre las alternativas más utilizadas después de la energía hidroeléctrica y eólica. Este crecimiento ha incrementado el interés por desarrollar investigaciones enfocadas en el aprovechamiento de este tipo de energías.

Actualmente una cantidad superior a 80 países utilizan la radiación solar como recurso energético para el suministro de electricidad, especialmente en zonas donde el acceso a la red eléctrica convencional es limitado o inexistente. En este sentido, los sistemas fotovoltaicos permiten aprovechar de manera eficiente la energía fotovoltaica para la generación de energía eléctrica [1].

5.1. Problemática

La UTC, Extensión La Maná, tiene restricciones notables en cuanto a la infraestructura energética de sus áreas recreativas, las cuales no disponen de un sistema de abastecimiento eléctrico autónomo destinado a la carga de dispositivos electrónicos de baja potencia. Esta situación afecta directamente el uso eficiente de dichos espacios, considerando que los estudiantes dependen de equipos electrónicos para el desarrollo de actividades académicas, investigativas y de comunicación, tanto en entornos formales como informales dentro del campus universitario.

En este sentido, las áreas recreativas carecen de puntos de carga eléctrica diseñados bajo criterios de seguridad, disponibilidad y continuidad del servicio. El mobiliario existente cumple únicamente funciones básicas de descanso o soporte, sin integrar componentes electromecánicos que posibiliten la producción y aprovechamiento de la energía eléctrica. Asimismo, no se dispone de sistemas de protección frente a las condiciones ambientales, tales como la radiación solar, la humedad y las variaciones térmicas, lo que limita la incorporación de equipamiento eléctrico convencional en estos espacios.

A pesar de que la extensión La Maná se encuentra en una zona con niveles favorables de irradiación solar, este recurso energético no ha sido aprovechado mediante sistemas fotovoltaicos para el abastecimiento eléctrico en las áreas recreativas. El uso exclusivo de la red eléctrica convencional dificulta la implementación de soluciones energéticas autónomas y

restringe el desarrollo de aplicaciones prácticas relacionadas con energías renovables, almacenamiento energético y sistemas eléctricos de baja tensión. Esta situación evidencia un problema técnico asociado a la falta de integración entre generación fotovoltaica, infraestructura eléctrica adecuada y diseño electromecánico del mobiliario universitario.

5.2. Problema

En la UTC, extensión La Maná, existe una deficiencia en la infraestructura electromecánica de las áreas recreativas, caracterizada por la ausencia de sistemas autónomos de generación fotovoltaica, la inexistencia de puntos de carga eléctrica de baja tensión y la falta de mobiliario multifuncional con integración eléctrica y estructural. Estas deficiencias limitan el suministro energético continuo para dispositivos electrónicos de baja potencia, reducen la funcionalidad de los espacios recreativos y restringen la aplicación práctica de tecnologías renovables dentro del entorno universitario.

Desde una perspectiva técnica, el problema se manifiesta en la falta de un sistema que integre adecuadamente los siguientes elementos: generación de energía solar, regulación y almacenamiento eléctrico, distribución segura de energía y monitoreo de variables operativas. La ausencia de esta integración impide evaluar el desempeño energético del recurso solar disponible y limita la modernización de los espacios recreativos bajo criterios de eficiencia y seguridad energética.

5.3. Formulación del problema

¿De qué manera la implementación de una mesa fotovoltaica con sensores IoT influye en el suministro energético autónomo de baja potencia, la integración electromecánica del mobiliario y la modernización de espacios de esparcimiento de la UTC, extensión La Maná?

6. OBJETIVOS

7. 6.1. Objetivo general

Implementar una mesa fotovoltaica con sensores IoT autónoma para el suministro eléctrico de baja potencia en las áreas recreativas de la UTC, extensión La Maná.

6.2. Objetivos específicos

- Dimensionar el sistema fotovoltaico y el sistema de almacenamiento energético de la mesa fotovoltaica, considerando la demanda de los dispositivos electrónicos de baja potencia y las condiciones de irradiación solar del cantón La Maná.
- Diseñar la estructura electromecánica y la arquitectura eléctrica del sistema fotovoltaico con sensores IoT, definiendo los materiales estructurales, los componentes eléctricos y los niveles de tensión adecuados para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.
- Implementar y validar experimentalmente el funcionamiento de la mesa fotovoltaica con sensores IoT mediante el montaje del sistema, la medición de variables eléctricas (tensión, corriente y potencia) y el análisis del desempeño energético en condiciones reales de operación.

7. ACTIVIDADES Y SISTEMA DE TAREAS EN RELACIÓN A LOS OBJETIVOS FORMULADOS

Se definió un conjunto de actividades técnicas orientadas al dimensionamiento del sistema fotovoltaico, al diseño estructural y eléctrico de la mesa multifuncional, así como a la validación experimental del sistema implementado. Estas actividades permitieron organizar de manera sistemática el desarrollo del proyecto, facilitando la obtención de resultados técnicos verificables y asegurando la coherencia entre los objetivos y las acciones realizadas.

Tabla 3. *Acciones y sistema de procedimientos vinculados a los objetivos planteados*

Objetivos	Actividades	Resultados de las actividades	Descripción (Técnicas e instrumentos)
Dimensionar el sistema fotovoltaico, el sistema de almacenamiento energético y los sensores IoT de la mesa fotovoltaica, considerando la demanda eléctrica de los dispositivos de baja potencia y las	● Identificación de las cargas eléctricas de los dispositivos y sensores IoT. ● Análisis de la irradiación solar del cantón La Maná. ● Cálculo de la demanda energética diaria del sistema. ● Dimensionamiento de la potencia del panel fotovoltaico.	● Potencia requerida del sistema fotovoltaico determinada ● Capacidad del sistema de almacenamiento o definida	● Cálculos eléctricos. ● Fichas técnicas. ● Normas IEC y NEC. ● Hojas de cálculo para dimensionamiento energético

condiciones de irradiación solar de la zona.	• Determinación de la capacidad del sistema de almacenamiento energético. • Selección de paneles fotovoltaicos, baterías y controlador de carga.	• Parámetros eléctricos del sistema establecidos.	
Diseñar la estructura electromecánica y la arquitectura eléctrica de la mesa fotovoltaica con sensores IoT, definiendo los materiales, componentes y niveles de tensión adecuados para garantizar un funcionamiento seguro y eficiente.	• Diseño estructural de la mesa fotovoltaica. • Selección de materiales estructurales resistentes a la corrosión. • Elaboración de diagramas eléctricos del sistema fotovoltaico. • Diseño del sistema de conexión de los sensores IoT. • Definición de protecciones eléctricas y puntos de carga.	• Diseño estructural de la mesa fotovoltaica. • Selección de materiales y componentes eléctricos. • Diagramas eléctricos del sistema fotovoltaico. • Arquitectura del sistema IoT definida.	Software de diseño CAD. • Normas de diseño estructural. • Normas de seguridad eléctrica. • Manuales técnicos de fabricantes.
Implementar y validar experimentalmente el funcionamiento de la mesa fotovoltaica con sensores IoT mediante el montaje del sistema, la medición de variables eléctricas y el análisis del desempeño energético en condiciones reales de operación	• Montaje e instalación del sistema fotovoltaico y sensores IoT. • Puesta en marcha del sistema. • Cuantificación de variables eléctricas (tensión, corriente y potencia). • Registro y análisis de datos obtenidos. • Evaluación del desempeño energético del sistema.	Sistema fotovoltaico con sensores IoT en funcionamiento. Datos experimentales registrados. • Validación del desempeño energético del sistema. • Evidencia del suministro eléctrico para dispositivos de baja potencia.	Instrumentos de medición eléctrica. • Bitácora de pruebas y registro de datos. • Registro fotográfico del montaje. • Análisis comparativo de resultados.

Fuente: Cuenca, R & Rodríguez, J (2026)

8. FUNDAMENTACIÓN CIENTÍFICO TÉCNICO

8.1. Antecedentes

En investigaciones previas relacionadas con el uso de energía solar para sistemas de carga, se destacan los siguientes trabajos:

En la Carrera de Electricidad y Telecomunicaciones, se desarrolló un proyecto cuyo objetivo fue diseñar y construir un modelo de estación de carga solar en la ciudad de Loja. El proyecto incluyó el dimensionamiento teórico de los componentes, la selección de dispositivos adecuados y la implementación de la estructura con materiales adecuados y seleccionados por su durabilidad. Finalmente, se realizó la instalación del prototipo y pruebas de verificación de su correcto funcionamiento, complementadas con un plan de mantenimiento que aseguró la conservación óptima del sistema [2].

En el cantón La Maná, estudiantes de la Carrera de Electromecánica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, extensión La Maná, diseñaron e implementaron una mesa funcional con sistema de carga solar para las áreas recreativas, aprovechando el potencial energético de la región. El prototipo incorporó un panel fotovoltaico MJLED de 220 Wp, y los resultados demostraron un equilibrio de energía de carácter positivo con un sobrante de 4,4% garantizando la operatividad continua del sistema; en esencia fue notorio que el proyecto constituye una solución viable que integra sostenibilidad e innovación tecnológica [3].

En la Escuela Politécnica del Chimborazo, los estudiantes Daniel Guerra, Jorge Boderó, Fausto Caicedo y Joseph Guerra desarrollaron un sistema fotovoltaico con seguidor solar, orientado a suplir las necesidades energéticas de un laboratorio académico y garantizar dos horas de operatividad sin radiación solar. Para ello, se definieron los requerimientos técnicos y se elaboró un manual que especifica los procedimientos operativos y de mantenimiento necesarios. El sistema integró equipos del Sistema de Generación Distribuida Autónomo (SGDA) y del Sistema de Transferencia Autónomo (STA), operando tanto en modo manual como automático, y contó con un seguidor solar que maximiza la captación de energía [4].

Estos antecedentes evidencian la factibilidad técnica y la efectividad de integrar energía solar fotovoltaica en sistemas autónomos de carga, así como la importancia de implementar un diseño estructural seguro y un adecuado plan de mantenimiento que proporcione garantía de buen funcionamiento del equipo a través del tiempo.

8.2. Marco Teórico

8.2.1. Energía

La energía es la capacidad de un objeto para realizar un determinado trabajo, entendida como un concepto físico, o como la fuerza capaz de producir el desplazamiento de un cuerpo. En otras palabras, se considera energía a una forma de capacidad presente en la naturaleza que se manifiesta en distintos procesos” [5].

El concepto de energía es transversal, ya que implica la comprensión de los fenómenos de transformación y transferencia entre los sistemas físicos. Se clasifica en energía cinética, potencial e interna [6].

8.3. Energía renovable

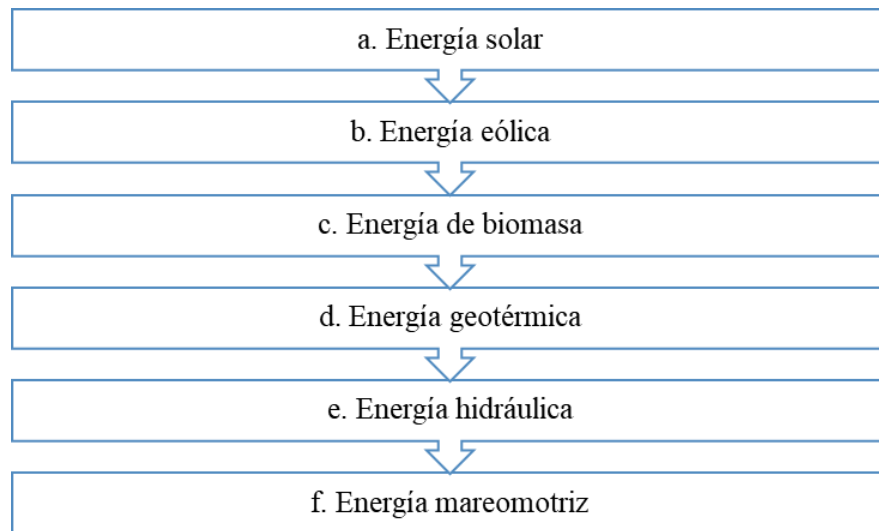
La energía renovable procede de fuentes naturales que se regeneran más rápidamente de lo que se consumen. Su uso genera una menor cantidad de gases contaminantes en comparación con la quema de fuentes fósiles, como petróleo, carbón y gas. Además, resultan más económicas y son fundamentales para mitigar los problemas ocasionados por el cambio climático. Por ello, las energías renovables se definen como fuentes basadas en recursos naturales inagotables, provenientes del sol, el agua, el viento o la biomasa. La renovación se refiere a que la disponibilidad de la energía supera su ritmo de consumo, aunque un uso excesivo puede generar limitaciones [7].

Estas energías se generan de forma continua, son inagotables, más accesibles que las fuentes convencionales y no producen impactos negativos significativos en el medio ambiente [1]. Constituyen un recurso valioso, ya que, sin emplear recursos no renovables, pueden proporcionar suministro energético inmediato, ayudando a compensar la demanda de los próximos años. Su eficacia depende de los recursos disponibles y, a pesar de los desafíos, pueden reducir hasta un 80 % las emisiones del sector eléctrico [8].

8.3.1. Clasificación de fuentes de energía renovables

A continuación, se describen en forma breve las principales variantes o tipologías de energías sustentables o alternativas son:

Figura 1. *Clasificación de energías alternativas*



Fuente: [1]

a. **Energía solar:** Puede describirse como una forma de energía natural que influye en diversos procesos y que puede ser utilizada mediante diferentes mecanismos, se manifiesta a partir de la luz y el calor solar y que puede ser aprovechada en distintos contextos [1].

b. **Energía eólica:** es una fuente de energía renovable que aprovecha la fuerza del viento para generar electricidad, siendo una alternativa sostenible frente a otras fuentes tradicionales. Los aerogeneradores almacenan la energía cinética del viento, transmitida por las aspas al rotor, que, mediante un multiplicador, activa el generador y produce electricidad [1].

c. **Energía de biomasa:** También llamada bioenergía, se obtiene de materia orgánica vegetal y animal, transformando la energía del sol captada en la fotosíntesis y posteriormente en energía aprovechable [1].

d. **Energía geotérmica:** es una manifestación de la energía natural que proviene de procesos internos del planeta, se vincula con el uso del calor natural de la Tierra en distintos contextos. [1].

e. **Energía hidráulica:** Proviene del movimiento del agua, utilizando la fuerza de ríos y corrientes para generar energía eléctrica [1].

f. **Energía mareomotriz:** Generada por las mareas y movimientos periódicos de grandes masas de agua debido a la atracción gravitacional de la Luna y el Sol, transformada en electricidad mediante turbinas [1].

8.3.2. Importancia de la energía renovable

Actualmente, las actividades humanas han incrementado la emisión de gases de efecto invernadero a nivel mundial, especialmente en países con altos ingresos, lo que aumenta la demanda energética y la amenaza de determinadas acciones del hombre hacia el medio que los rodea, esta situación intensifica el impacto de ciertas acciones humanas sobre el entorno natural, generando efectos negativos en el medio ambiente, de ahí la importancia de adopción del uso de energías sustentables [9].

En Ecuador, la demanda eléctrica crece de manera constante, y el sistema hidrotérmico ecuatoriano se ha expandido para satisfacerla, dando lugar a nuevos proyectos incorporados en el Sistema Nacional Interconectado. De manera paralela, algunas centrales obsoletas han sido retiradas; en un escenario ideal, las generadoras térmicas deberían ser reemplazadas por generación de energía renovable, logrando avances sociales y tecnológicos, y manteniendo el equilibrio entre oferta y demanda energética [10].

8.3.3. Uso de la energía renovable en la educación

El panorama energético actual hace necesario establecer sistemas basados en el uso eficiente de la energía como parte de la educación ambiental. La educación energética constituye un elemento clave para el logro de la Educación para el Desarrollo Sostenible [11]. La integración de energías renovables en el ámbito educativo ha cobrado relevancia en un contexto de crisis climática y transición energética global. Este tipo de educación busca fomentar una cultura sostenible y responsable entre las nuevas generaciones, promoviendo la conciencia ambiental y el desarrollo tecnológico [12].

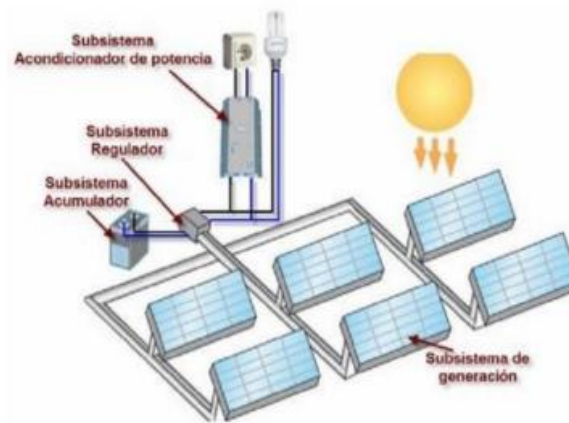
8.4. Energía solar fotovoltaica

En respuesta a estas condiciones, que atentan contra el medio ambiente y la presencia humana en el planeta, la energía fotovoltaica se posiciona como una alternativa sostenible, al permitir el aprovechamiento de la radiación solar para la producción de energía eléctrica, favoreciendo

la reducción de emisiones contaminantes y promoviendo un uso más eficiente de los recursos [13].

Los sistemas fotovoltaicos contribuyen a diversificar la matriz energética, reducir las emisiones contaminantes y disminuir la dependencia de fuentes no renovables. Su desempeño depende de factores como el ángulo de inclinación y el azimut de los paneles, así como de la radiación solar disponible y las condiciones climáticas de la ubicación [14].

Figura 2. *Sistema fotovoltaico*



Fuente: [15].

8.4.1. Aspectos positivos de la energía fotovoltaica

Algunos aspectos positivos del uso esta clase de energía sustentable se explican en la siguiente tabla:

Tabla 4. *Ventajas de la energía fotovoltaica*

Ventaja	Característica
Se caracteriza por ser limpia	No produce emisiones contaminantes.
Generación sustentable	Favorece la conservación ambiental; requiere silicio para las celdas
Es una enorme posibilidad de acceso a sitios remotos o difícil acceso	Es optima en lugares aejados

Menores valores a pagar por energía convencional	Puede reducir hasta un 80% la factura eléctrica.
--	--

Fuente: [13].

Entre las principales ventajas de las energías renovables se destacan que no emiten gases de efecto invernadero y se consideran fuentes limpias. Además, estos recursos son inagotables, lo que garantiza su sostenibilidad a largo plazo. También contribuyen a disminuir la dependencia energética, son económicamente competitivos y presentan un gran potencial para el desarrollo tecnológico futuro [7].

8.5. Panel solar

Es un dispositivo que tiene como función convertir la luz del sol en electricidad, está compuesto por células fotovoltaicas que fija la energía que proviene del sol o radiación y la transforma en corriente eléctrica, las celdas están compuestas por silicio, que es un material semiconductor que favorece los movimientos de los electrones al exponerse a la radiación solar [16].

8.5.1. Panel para la generación de energía fotovoltaica

Esta integrado generalmente de cuatro elementos clave, cada uno con funciones específicas para garantizar la eficiencia y durabilidad del sistema fotovoltaico, los cuales se detallan en la figura adjunta.

Figura 3. *Elementos de un panel solar*



Fuente: [17].

Cubierta transparente: Capa externa cristalina que tiene como función proteger a los componentes internos del sistema eléctrico del panel, generalmente está diseñada en vidrio templado o polimetilmetacrilato (PMMA). Permite reducir la obstrucción generada por agua, polvo o cualquier agente externo que pueda ocasionar un daño al sistema fotovoltaico.

Placa captadora de energía: Es la capa encargada de fijar la energía proveniente del sol y convertirla a corriente eléctrica. Está compuesta por materiales semiconductores, como el silicio cristalino, que poseen propiedades fotoeléctricas. Cuando la luz del sol incide sobre estas celdas, se genera corriente eléctrica que puede ser almacenada o distribuida según la necesidad.

Aislante: Está conformada por una capa que se ubica detrás de la placa captadora y tiene como propósito evitar la pérdida de calor que proviene del proceso de captación energética y que el panel se pueda calentar de manera excesiva.

Carcasa: Recubrimiento externo que actúa como barrera frente a agentes del entorno, permitiendo conservar en buen estado los elementos internos y aportar solidez al conjunto.

8.5.2. Tipos de paneles:

8.5.2.1. Monocristalino

La tecnología monocristalina contempla básicamente un procedimiento de elaboración de los módulos fotovoltaicos a partir de silicio, compuesto por varias celdas fotovoltaicas conectadas eléctricamente en serie o paralelo y formadas por un solo cristal [18].

Estos paneles presentan excelentes características técnicas para climas con nubosidad frecuente o tormentas y funcionan mejor a temperaturas moderadas, debido a la sensibilidad del silicio monocristalino. Su eficiencia es mayor en condiciones de baja radiación solar y temperaturas más bajas, lo que permite un rendimiento óptimo en determinadas zonas geográficas [15].

Figura 4. *Panel monocristalino*



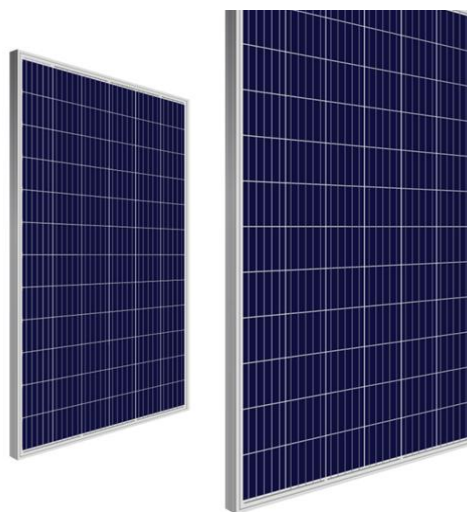
Fuente: [15].

8.5.2.2. Policristalino

Un panel solar policristalino es un dispositivo fotovoltaico compuesto por múltiples cristales de silicio fundidos en una sola estructura, cuya función es convertir la radiación del sol en energía eléctrica mediante efecto fotovoltaico, se caracteriza por su proceso de fabricación más sencillo y menor costo en comparación con otros tipos de paneles, aunque se presenta una eficiencia ligeramente inferior [19].

Es un tipo de panel fotovoltaico elaborado a partir de fragmentos de silicio cristalizado de forma conjunta, lo que otorga una apariencia azulada y una estructura heterogénea, este tipo de paneles la clave de la generación de energía solar para utilizarla en aparatos eléctricos e iluminación, siendo ampliamente utilizado en sistemas de energía renovable por su buena relación entre costo, durabilidad y rendimiento energético [20].

Figura 5. *Panel solar policristalino*



Fuente: [21].

8.5.2.3. Sistema de almacenamiento

En los sistemas fotovoltaicos autónomos, las baterías son la alternativa más común para el almacenamiento de energía. Sin embargo, presentan algunas limitaciones, ya que disminuyen la eficiencia global del sistema; generalmente, solo se recupera alrededor del 80 % de la energía almacenada [22]. Al igual que las células fotovoltaicas, las baterías funcionan con corriente continua, lo que las hace directamente compatibles con las cargas de baja tensión.

El propósito de las baterías es guardar el excedente de energía que se obtuvo mediante las celdas de los paneles, cuando la generación supera la demanda de los usuarios. Este proceso es especialmente relevante en sistemas aislados de la red eléctrica, donde la demanda energética puede superar ocasionalmente la producción de los paneles. En estos casos, las baterías suministran la energía acumulada para satisfacer la demanda requerida.

En el mercado existen diversos tipos de acumuladores, clasificados según su composición y la tecnología empleada [23].

8.6. Tipos de baterías

8.6.1. Baterías de litio

Presentan alta densidad energética, son confiables y ampliamente utilizadas en sistemas de almacenamiento renovable. Sin embargo, su costo es superior al de las baterías de plomo-ácido.

Figura 6. *Tipos de baterías o acumuladores*



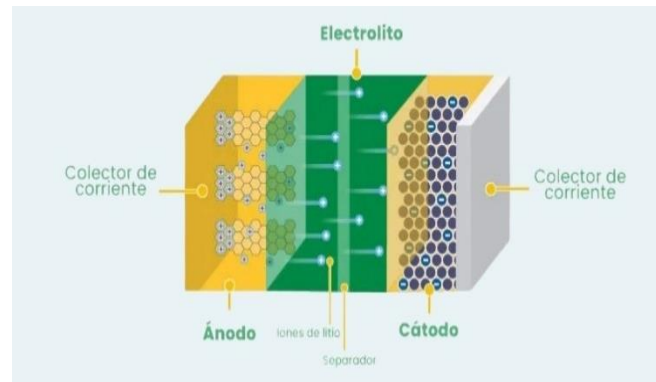
Fuente: [23].

8.6.1.1. Baterías o acumuladores de litio

En los sistemas de almacenamiento energético, las baterías de litio se han convertido en una opción frecuente gracias a su capacidad para almacenar mayor cantidad de energía en menor espacio y su funcionamiento estable. Su operación se basa en reacciones químicas internas que permiten acumular y liberar energía eléctrica según la demanda. A pesar de que su inversión inicial suele ser más alta en comparación con otras tecnologías como las baterías de plomo-ácido, su durabilidad y eficiencia a largo plazo las hacen una alternativa más conveniente.

Este tipo de baterías permite generar energía eléctrica a partir de procesos internos que involucran el intercambio de cargas, lo que hace posible alimentar diversos dispositivos. Su uso se ha extendido tanto en equipos electrónicos como en sistemas energéticos, debido a su estabilidad y eficiencia en el suministro de energía.

Figura 7 *Batería de litio*



Fuente: [25].

8.6.1.2. Control de carga y descarga

Este dispositivo cumple un papel clave en los sistemas fotovoltaicos, ya que se encarga de gestionar la energía que proviene de los paneles solares antes de ser almacenada en las baterías. Su función permite evitar daños por exceso o falta de carga, contribuyendo a un funcionamiento adecuado del sistema [26].

Este dispositivo opera mediante una especie de pasos estructurado de la siguiente forma:

Bulk (rápida): El controlador suministra la máxima corriente disponible para cargar la batería de manera rápida.

Absorción: El voltaje se mantiene constante mientras la corriente disminuye de manera gradual, asegurando que la batería se cargue de forma completa y controlada.

Flotación: El controlador reduce el voltaje a un nivel seguro que mantiene la batería completamente cargada, compensando las pérdidas por auto-descarga.

Figura 8. *Dispositivo de carga y descarga: Controlador de carga MPPT con display digital*



Fuente: [27].

8.6.1.3. Distribución eléctrica (conductores eléctricos)

La modelación de los conductores eléctricos es de enorme relevancia dentro de la valoración energética de este tipo de sistemas fotovoltaicos. A través de este análisis se puede evaluar la calidad de la tensión y las pérdidas de potencia ocasionadas por la resistencia de los conductores, las cuales dependen de factores como la temperatura y las características del material.

La siguiente ecuación refleja la resistencia de un conductor:

Fórmula:

Ecuación 1. *Cálculo. Distribución eléctrica (conductores eléctricos)*

$$R_o = p \frac{l}{A}$$

Donde:

R=	Resistencia eléctrica
p=	Resistencia del material
l=	Longitud de la línea en metros
A=	Área transversal del conductor en m^2

Fuente: [28]

8.6.1.4. Protección en sistemas fotovoltaicos

Los sistemas fotovoltaicos requieren diversos niveles de protección para garantizar la seguridad, fiabilidad y operatividad, así como la integridad de sus componentes eléctricos. Entre los principales dispositivos de protección se incluyen:

Fusibles de protección:

Son elementos diseñados para proteger contra sobre corrientes y cortocircuitos en los sistemas fotovoltaicos. Se instalan en serie con los conductores del lado de corriente continua y se funden automáticamente cuando la corriente supera su valor nominal, interrumpiendo el circuito y protegiendo los conductores y módulos solares.

Disyuntores termo-magnéticos:

Estos dispositivos protegen contra sobrecargas y cortocircuitos, interrumpiendo el flujo de corriente de manera rápida cuando se detecta una anomalía. Su función es esencial para desconectar automáticamente los circuitos durante fallas, evitando daños mayores a equipos como inversores y baterías.

Protección contra sobretensión:

La protección frente a sobretensiones transitorias es fundamental, ya que estas pueden ser causadas por descargas atmosféricas o conmutaciones en la red eléctrica. Este tipo de protección ayuda a preservar la integridad de los módulos, controladores y otros componentes del sistema fotovoltaico. [17].

Figura 9. *Sistemas de protección en sistemas fotovoltaicos*



Fuente: [29].

8.7. Internet de las Cosas (IoT)

El Internet de las Cosas (IoT) se ha consolidado como una herramienta que transforma la manera en que se gestiona el consumo energético, al permitir el uso de dispositivos interconectados que recopilan y analizan datos en tiempo real. Este enfoque facilita la reducción de costos operativos, contribuye significativamente a la eficiencia energética, promoviendo la sostenibilidad y bienestar de quienes la utilizan [30].

El término fue popularizado en la década de los 90, por Ashton que trabajaba en el campo de la tecnología RFID y en tecnologías de detección emergentes. Sin embargo, la popularización del concepto de IoT se produjo entre los años 2008 y 2009, marcando un cambio radical en la vida cotidiana al introducir mejoras en áreas como salud, educación, transporte y asistencia sanitaria, entre otras [31].

8.7.1. Las cuatro capas de la arquitectura de un sistema (IoT)

Tabla 5. *Capas de arquitectura*

Capas	Características
Capa 1. Sensores y actuadores	Son dispositivos que tienen la capacidad de medir la magnitud física o química como: la temperatura.
Capa 2. Sistema de adquisición de datos	Se encargan de la recopilación análoga que se obtienen de los sensores y actuadores, enviados en una pasarela de internet.
Capa 3. Análisis de la frontera	Es una cantidad que se genera y son procesadas para la reducción del volumen antes del envío en un compendio de información (datos)
Capa 4. Análisis en el centro de datos	El almacenamiento de datos constituye la última parte del proceso y requiere de equipos complejos para el alojamiento de la información recabada.

Fuente: [32].

8.7. 2. Protocolos de comunicación IoT

Los sistemas basados en Internet de las Cosas utilizan diferentes protocolos de comunicación para transmitir información entre dispositivos conectados y plataformas

de monitoreo. Entre los protocolos más utilizados se encuentran WiFi, MQTT, HTTP y Bluetooth, los cuales permiten establecer comunicación entre sensores, microcontroladores y aplicaciones de visualización de datos.

En el presente proyecto se empleó comunicación inalámbrica mediante WiFi para la transmisión de datos desde el microcontrolador hacia una aplicación móvil de monitoreo. Este tipo de comunicación permite enviar datos al sistema fotovoltaico sin barreras de tiempo, favoreciendo su operatividad, facilitando el acceso a los datos desde dispositivos móviles o computadoras conectadas a internet.

La utilización de protocolos de comunicación IoT permite mejorar la supervisión del sistema energético y facilita el análisis del comportamiento del sistema fotovoltaico durante su operación.

8.7.3. Aplicación del IoT en sistemas fotovoltaicos

Brinda la posibilidad de vinculación de dispositivos físicos mediante aparatos que cumplen funciones de sensores, microcontroladores y plataformas de comunicación que facilitan el intercambio de datos por medio de internet. En los sistemas fotovoltaicos, la integración de tecnología IoT permite monitorear variables eléctricas y ambientales como tensión, corriente, potencia generada, temperatura y situación de suministro de las baterías.

Esta capacidad de monitoreo remoto mejora el aspecto de administración energética del sistema, ya que permite analizar el comportamiento del sistema fotovoltaico en tiempo real, detectar posibles fallas y optimizar el uso de la energía generada. Además, el uso de aplicaciones móviles o plataformas web facilita la visualización de datos mediante gráficos, indicadores y registros históricos.

En el presente proyecto, la tecnología IoT se implementó mediante sensores electrónicos conectados a un microcontrolador que transmite la información a una aplicación móvil. A través de esta aplicación es posible visualizar parámetros como la tensión del sistema, corriente generada por el panel fotovoltaico, potencia instantánea y estado de carga de la batería, permitiendo así el monitoreo y control básico del sistema energético implementado en la mesa fotovoltaica.

9. METODOLOGÍA Y DISEÑO EXPERIMENTAL

La investigación adopta un enfoque cuantitativo, ya que se basa en el análisis de variables eléctricas y energéticas medibles, tales como potencia, tensión, corriente, capacidad de almacenamiento y rendimiento del sistema fotovoltaico implementado. Este enfoque permite evaluar de manera objetiva el desempeño electromecánico del prototipo de mesa multifuncional con sistema de carga.

9.1. Tipo

Desde una percepción metodológica, el proyecto es aplicado, al buscar resolver una problemática concreta relacionada con la falta de infraestructura energética en las áreas recreativas de la UTC, Extensión La Maná, mediante la implementación de una mesa multifuncional con sistema de carga solar.

Asimismo, presenta un carácter experimental, dado que se realiza el montaje, puesta en marcha y validación del sistema mediante pruebas de funcionamiento en condiciones reales de operación.

9.2. Justificación de los materiales

9.2.1. Materiales mecánicos

La selección de los materiales mecánicos se efectuó considerando criterios de resistencia estructural, durabilidad, fiabilidad de fabricación, disponibilidad local y comportamiento frente a condiciones ambientales propias del cantón La Maná, caracterizadas por alta humedad y exposición solar.

Tabla 6. *Justificación de los materiales mecánicos (estructura de la mesa)*

Elemento	Material	Justificación técnica
Estructura principal	Acero estructural ASTM A36	Presenta una adecuada resistencia mecánica, buena soldabilidad y disponibilidad, eso incentivaría la fabricación del prototipo.

Superficie de la mesa	Lámina galvanizada/madera tratada	Ofrecer resistencia a la intemperie, estabilidad dimensional y protección frente a la corrosión y humedad.
Soporte del panel fotovoltaico	Perfil angular de acero	Proporciona rigidez estructural y estabilidad para soportar el peso del panel y cargas externas.
Tornillería	Acero galvanizado	Reduce el riesgo de corro sipón y garantiza uniones mecánicas seguras.
Recubrimiento	Pintura anticorrosiva	Protege la estructura metálica frente a la oxidación y prologa la vida útil del sistema.

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

9.2.2. Materiales eléctricos y electrónicos

Los componentes eléctricos se seleccionaron considerando su compatibilidad, confiabilidad, eficiencia y adecuación a sistemas fotovoltaicos de baja potencia.

Justificación de los materiales eléctricos y electrónicos

Tabla: 7. Justificación de los materiales eléctricos y electrónicos

Componente	Especificación típica	Función
Panel fotovoltaico	100 Wp. Monocrystalino	Conversión de energía solar en energía eléctrica en corriente continua.
Controlador de carga	MPPT o PWM, 12 V	Regulación del proceso de carga de la batería.
Batería	12 V-40 a 100 Ah	Almacenamiento de la energía generada para su uso posterior.
Puertos USB	5 VDC	Suministro de energía para a carga de dispositivos electrónicos.
Disyuntor IoT WiFi	EARU Electric WiFi Smart Circuit	Monitoreo y control remoto del sistema eléctrico
Protecciones eléctricas	Fusibles o breakers DC	Protección frente a sobre corrientes y cortocircuitos.

Cableado	Calibre adecuado	AWG	Conducción segura de la energía eléctrica.
----------	---------------------	-----	--

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

9.2.3. Instrumentos de medición

Con el propósito de garantizar una correcta evaluación del funcionamiento y desempeño electromecánico del sistema de carga solar implementado en la mesa multifuncional, fue necesario emplear instrumentos de medición adecuados que permitieran la obtención de datos confiables y verificables.

Estos instrumentos se utilizaron durante las etapas de pruebas y validación experimental, con el fin de medir las principales variables eléctricas y ambientales que influyen de manera directa en el rendimiento del sistema fotovoltaico, tales como tensión, corriente, potencia, situación de alimentación de las baterías y temperatura de los componentes que requieren energía eléctrica .

Tabla 8. *Instrumentos de medición*

Instrumento	Variable medida
Multímetro digital	Tensión y corriente
Pinza amperimétrica	Corriente eléctrica
Medidor de irradiancia	Radiación solar
Termómetro	Temperatura ambiente
Software de registro	Almacenamiento

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

9.3. Métodos de investigación

Se empleó la metodología de análisis – síntesis para el cálculo de la demanda energética, la estimación de la potencia requerida del sistema fotovoltaico y un análisis del comportamiento

eléctrico del prototipo, este método permitió evaluar de manera cuantitativa las variables involucradas en el diseño y funcionamiento del sistema.

9.3.1. Diagnóstico de necesidades energéticas

Consistió en la identificación de los dispositivos electrónicos que serían conectados al sistema de carga de la mesa multifuncional, considerando tanto su potencia nominal como el tiempo promedio de uso diario.

A partir de esta información, se estimó el consumo energético diario requerido para garantizar el correcto funcionamiento del sistema fotovoltaico, lo que permitió dimensionar adecuadamente la potencia del panel, la capacidad del banco de baterías y la configuración general del sistema de almacenamiento.

Tabla 9. *Análisis de la demanda energética*

Dispositivo	Potencia unitaria (W)	Cantidad	Tiempo de uso (h/día)	Energía diaria (W/h)
Teléfono móvil	10	4	2	80
Tablet	15	2	2	60
Laptop	60	1	1	60
Iluminación LED	5	2	4	40
Puertos USB adicionales	5	2	2	20
Total:				220 Wh/día

Fuente: *Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)*

La demanda energética diaria del sistema se determinó a partir de la identificación de los dispositivos eléctricos que serían alimentados por la mesa multifuncional con sistema de carga solar. Para cada equipo se consideraron la potencia nominal, el número de dispositivos conectados y el tiempo promedio de uso diario.

Se incluyó también iluminación LED de baja potencia para mejorar la funcionalidad del mobiliario durante horarios de baja luminosidad, así como puertos USB adicionales destinados a la carga de dispositivos electrónicos de bajo consumo.

Este análisis permitió establecer una demanda energética total aproximada de 220 Wh/día, valor que sirve como base para el dimensionamiento del sistema fotovoltaico y del sistema de almacenamiento energético, garantizando un suministro eléctrico eficiente y seguro para los usuarios.

9.3.2. Estimación de la potencia requerida

A partir del análisis de la demanda energética diaria, se determinó que el consumo total del sistema corresponde a aproximadamente 200 Wh/día, considerando la carga de dispositivos electrónicos portátiles e iluminación auxiliar. Este valor representa la energía que debe ser suministrada por el sistema fotovoltaico durante un día típico de operación.

Para estimar la potencia mínima del generador fotovoltaico, se tomó en cuenta el promedio de horas solares pico (HSP) disponibles en el cantón La Maná, cuyo valor se encuentra entre 5 y 5,5 horas/día. Con el fin de adoptar un diseño conservador, se consideró un valor promedio de 5 horas solares pico para los cálculos del sistema.

La potencia requerida del sistema fotovoltaico se calcula mediante la siguiente fórmula:

Ecuación 2. *Cálculo de la potencia requerida del sistema fotovoltaico*

$$P_{reg} = \frac{Ed}{HSP}$$

Donde:

P_{reg} = Potencia requerida del sistema fotovoltaico (W)

Ed = demanda energético diaria (Wh/día)

HSP = horas solares pico promedio (h/día)

$$P_{reg} = \frac{200 \text{ Wh/día}}{5 \text{ h/día}} = 40 \text{ W}$$

Con el propósito de compensar pérdidas asociadas a la conversión energética, variaciones climáticas, eficiencia del controlador de carga y degradación de los componentes, se aplica un factor de seguridad del 25%, recomendado en el diseño de sistemas fotovoltaicos autónomos.

$$P_{ajustada} = 40 \text{ W} \times 1,25 = 50 \text{ W}$$

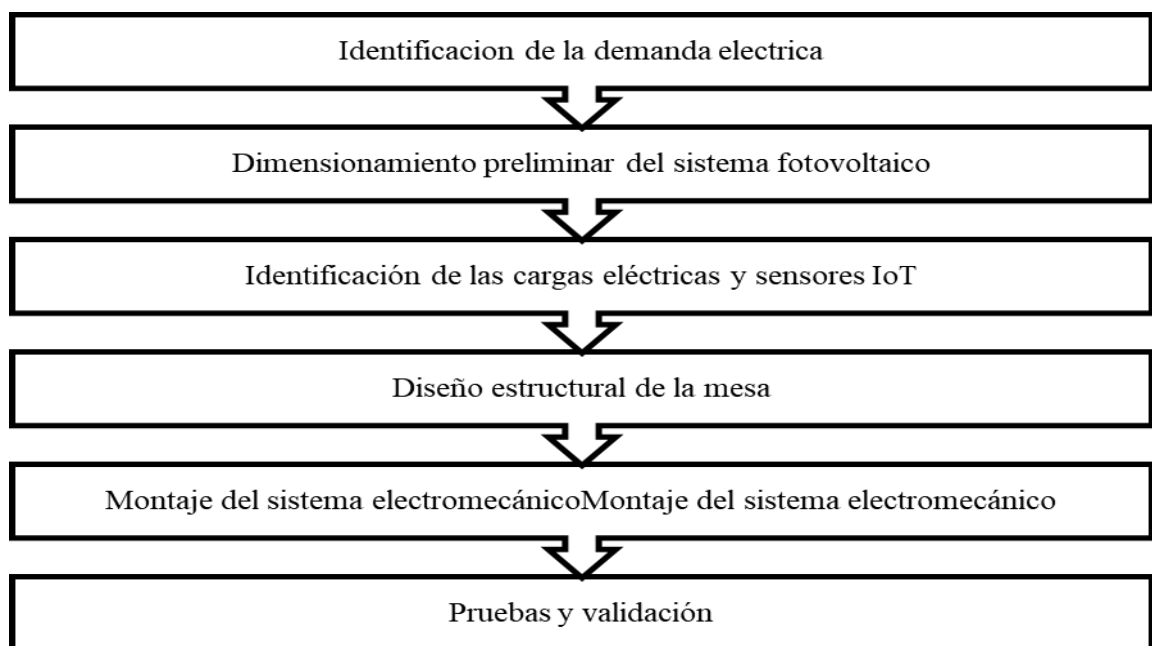
En consecuencia, se determina que la potencia mínima requerida del sistema fotovoltaico debe ser igual o superior a 50 Wp, recomendando la selección del panel fotovoltaico comercial de 100 Wp, situación que garantiza mayor confiabilidad operativa, capacidad de crecimiento del sistema y adecuada disponibilidad de energía durante periodos de menor irradiación solar.

9.4. Procedimiento metodológico

La construcción de la mesa fotovoltaica multifuncional con sistema de carga y monitoreo IoT se estructuró en seis etapas, garantizando un desarrollo ordenado y técnicamente sólido.

Estas etapas comprenden la identificación de la demanda eléctrica, el dimensionamiento del sistema fotovoltaico, el diseño de la estructura de la mesa, el montaje del sistema electromecánico y la validación mediante pruebas, asegurando así un procedimiento claro y eficiente.

Figura 10. Diagrama procedimiento metodológico de la propuesta



Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

9.4.1. Identificación de la demanda eléctrica

En esta etapa se identificaron los dispositivos eléctricos y electrónicos que serán conectados al sistema fotovoltaico de la mesa multifuncional, considerando su potencia nominal, el tiempo promedio de uso y su demanda energética. Asimismo, se seleccionaron e identificaron los sensores IoT que permitirán monitorear en tiempo real variables como tensión, corriente y generación solar, garantizando la recolección de datos confiables para la evaluación del desempeño del sistema.

9.4.2. Dimensionamiento preliminar del sistema fotovoltaico

Se realizó el análisis de la irradiación solar disponible en el cantón La Maná, determinando la potencia necesaria del panel fotovoltaico para cubrir la demanda energética estimada. Se calcularon la potencia mínima requerida del generador fotovoltaico y el tamaño del banco de baterías, considerando factores de seguridad para compensar pérdidas por eficiencia de los componentes, variaciones climáticas y degradación de los materiales.

9.4.3. Identificación de las cargas eléctricas y sensores IoT

En esta etapa se identificaron los dispositivos eléctricos y electrónicos que serán conectados al sistema fotovoltaico de la mesa multifuncional, considerando su potencia nominal, el tiempo de uso promedio y su demanda energética. Asimismo, se seleccionaron e identificaron los sensores IoT que permitirán monitorear en tiempo real variables como tensión, corriente y generación solar, garantizando la recolección de datos confiables para la evaluación del desempeño del sistema.

9.4.4. Diseño estructural de la mesa

Se definió la geometría de la mesa multifuncional, seleccionando materiales de resistencia mecánica y durabilidad frente a las condiciones ambientales, considerando las cargas de uso.

Considerando una estatura promedio de 1.70 m, el rango de peso normal se encuentra entre 54 y 69 kg, mientras que el rango correspondiente a sobrepeso se sitúa entre 70 y 84 kg. Dado que la mesa fotovoltaica está diseñada para el uso simultáneo de cuatro personas, distribuidas en dos asientos por cada lateral, se definieron los siguientes casos de carga:

Caso A: Basado en el peso límite superior del rango "Normal" para una estatura de 1.70 m (69 kg).

$$69\text{kg} \times 4\text{personas} = 276\text{kg}$$

Caso B: Basado en el peso límite superior del rango "Sobrepeso" (84 kg), actuando como un factor de seguridad ante uso intensivo.

Ecuación 3. Cálculo del peso

$$F = m * g$$

Donde:

F= Fuerza o peso

m= masa del objeto expresada en kg

g= aceleración de la gravedad

$$84\text{kg} \times 4\text{personas} = 336\text{kg}$$

Para la simulación estructural se consideró el “Caso B”, debido a que representa la condición de carga más desfavorable. La carga total obtenida en kilogramos fue convertida a newtons, utilizando la relación entre masa y fuerza, de acuerdo con la aceleración de la gravedad.

$$F = 336\text{kg} \times 9.81\text{m/s}^2 = 3296.16\text{N}$$

La carga total que debe ingresarse en la simulación para representar a los usuarios es de 3296.16 N.

Considerando que el diseño de la mesa fotovoltaica dispone de dos laterales independientes, la carga no se aplica de forma concentrada. Por lo tanto, la fuerza se distribuye proporcionalmente a la ocupación de dos personas por cada lateral:

$$F_{\text{por lateral}} = \frac{3296.16\text{N}}{2} = 1648.08\text{N}$$

9.4.5. Montaje del sistema electromecánico

En esta etapa se procedió con la construcción de la mesa y la integración de los sistemas eléctricos:

Instalación del panel fotovoltaico.

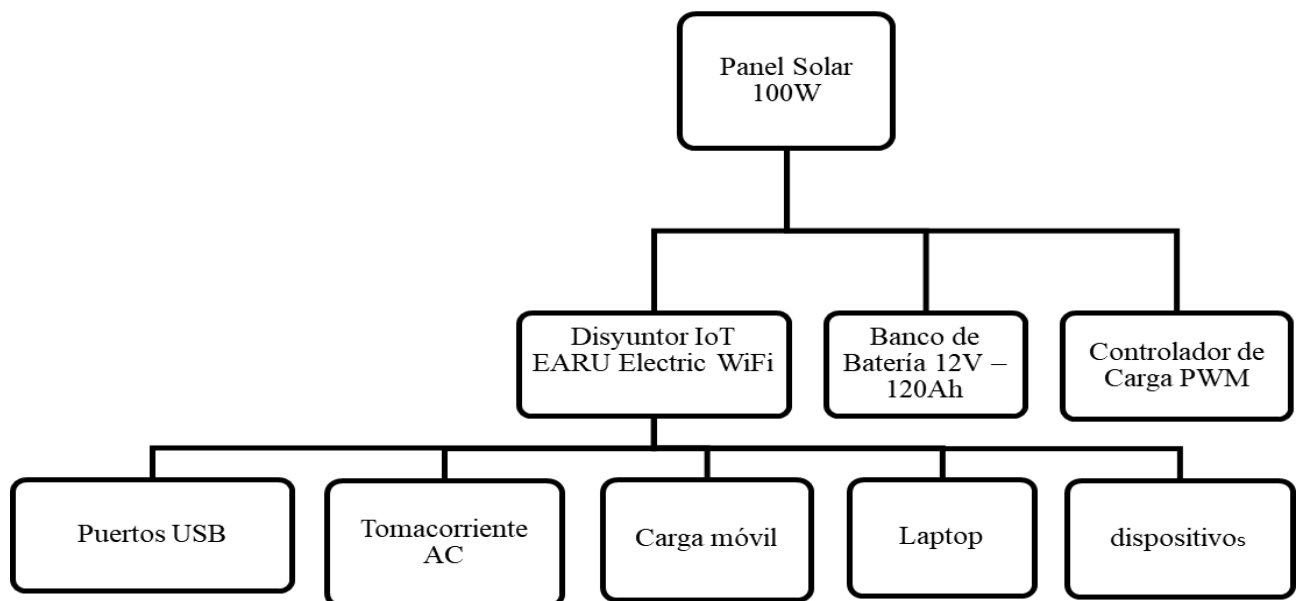
Conexión del controlador de carga y el Sistema de almacenamiento de energía

Integración de puntos de carga eléctrica y el sistema IoT para monitoreo de variables eléctricas y ambientales.

Se verificó la correcta instalación de todos los componentes, asegurando la seguridad eléctrica y el cumplimiento de las especificaciones técnicas.

Considerando que exista un mejor entendimiento de sistema fotovoltaico implementado, se elaboró un esquema eléctrico que muestra la conexión entre los principales componentes del sistema, incluyendo el panel solar, el controlador de carga, el banco de baterías, los puntos de consumo eléctrico y el dispositivo de monitoreo IoT.

Figura 11. Esquema eléctrico del sistema fotovoltaico



Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

9.4.6. Pruebas y validación

Se realizaron pruebas experimentales para evaluar el desempeño del sistema, utilizando los instrumentos de medición seleccionados: multímetro digital, pinza amperimétrica, medidor de irradiancia, termómetro y software de registro. Se registraron variables como tensión, corriente, potencia generada y almacenamiento energético, permitiendo:

Verificar la autonomía operativa del sistema (aproximadamente 4 a 5 días bajo demanda de 220 Wh/día sin generación solar).

Evaluar la eficiencia de estructural del sistema

Validar la distribución de cargas y la seguridad estructural de la mesa.

Monitorear en tiempo real mediante el sistema IoT el estado del sistema y los consumos energéticos.

Los resultados obtenidos permitieron confirmar la viabilidad técnica, funcional y educativa de la mesa fotovoltaica, así como su aceptación por parte de la comunidad universitaria.

9.5. Variables

9.5.1. Variables independientes

Son aquellas cuyo valor no depende de otras variables del estudio. En este proyecto son las condiciones del entorno y los parámetros de entrada que el investigador no puede controlar, pero sí debe medir para caracterizar el contexto operativo del sistema fotovoltaico.

Tabla 10: *Variables independientes*

	Variable	Tipo	Unidad	Instrumento de medición	Relación con el sistema fotovoltaico IoT
VI-1	Radiación solar (irradiancia)	Independiente	W/m ²	Piranómetro TM-206	Determina la potencia eléctrica que genera el panel fotovoltaico. A mayor irradiancia → mayor potencia generada y mayor

					energía almacenada en la batería.
VI-2	Temperatura ambiente	Independiente	°C	Termómetro infrarrojo GM320	Afecta la eficiencia de conversión del panel (– 0.4%/°C sobre 25°C) y la capacidad de la batería de gel. Temperatura alta → menor generación.
VI-3	Humedad relativa del ambiente	Independiente	%	Higrómetro digital	Influye en la corrosión de conexiones y el comportamiento dieléctrico del aislamiento. La Maná presenta humedad >80%, condición relevante para el diseño.
VI-4	Horas solares pico (HSP)	Independiente	h/día	Datos SENAHMI / piranómetro	Parámetro base para el dimensionamiento del panel. En La Maná: 5 HSP/día. Define cuántas horas el panel opera a su potencia nominal.
VI-5	Demanda energética de los dispositivos	Independiente	Wh/día	Placa del fabricante / medición	Carga eléctrica total requerida por los usuarios (teléfonos, laptops, iluminación LED). Valor de diseño: 220 Wh/día. Define el tamaño de batería e inversor.
VI-6	Presencia de usuarios	Independiente	Boolean o (0/1)	Sensor PIR SYLVANIA	Señal de activación del sistema de iluminación.

	(detección PIR)				Independiente del estado eléctrico del sistema. Activa o desactiva las luminarias LED automáticamente.
VI-7	Cobertura y calidad de la red WiFi	Independiente	dBm / %	App WiFi Analyzer	Condición de infraestructura que determina si los dispositivos IoT pueden conectarse al broker MQTT. Afecta la latencia y disponibilidad del monitoreo remoto.

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

9.5.1.1. Desarrollo de las variables independientes

Radiación solar (Irradiancia) – W/m²

La irradiancia solar es la potencia por unidad de área que llega a la superficie del panel fotovoltaico, expresada en W/m². Constituye la variable independiente primaria del sistema, ya que determina directamente la cantidad de energía eléctrica que puede generar el panel. Su valor en el cantón La Maná, según los datos del SENAEMI y la medición con piranómetro realizada en las pruebas, oscila entre 310 W/m² al amanecer y 950 W/m² al mediodía, con un promedio diario de 792 W/m² durante la jornada solar efectiva. Para el dimensionamiento del sistema se adoptó el valor conservador de 800 W/m² con 5 horas solares pico (HSP).

Relación física: $P_{\text{panel}} = \text{Irradiancia (W/m}^2) \times \text{Área}_{\text{panel}} (\text{m}^2) \times \eta_{\text{panel}} (\%)$. Con 950 W/m² $\rightarrow P = 950 \times \sim 0.58 \times 0.18 \approx 99 \text{ W} \approx 100 \text{ Wp}$ del panel seleccionado.

Temperatura ambiente – °C

La temperatura del entorno afecta el coeficiente de temperatura del panel fotovoltaico (–0.4%/°C por encima de 25°C, según especificación técnica de paneles monocristalinos). En La Maná, con temperaturas medias de 24–28°C, la reducción de eficiencia es de aproximadamente 0–1.2%, un valor manejable dentro del margen de seguridad del sistema. Adicionalmente, la

temperatura ambiente determina la temperatura operativa de la batería de gel, cuya vida útil se reduce significativamente cuando opera por encima de 45°C.

Efecto cuantificado: A 28°C: $\eta_{\text{reducida}} = \eta_{\text{nominal}} \times [1 - 0.004 \times (28-25)] = \eta \times 0.988 \rightarrow$ pérdida del 1.2% en generación.

Humedad relativa del ambiente – %

El cantón La Maná se caracteriza por una humedad relativa superior al 80% durante la mayor parte del año, condición climática del trópico húmedo ecuatoriano. Esta variable, aunque no fue contemplada en la formulación original del proyecto, justifica directamente decisiones de diseño como la selección de la batería de gel VRLA (sellada, sin riesgo de derrame), el tomacorriente con grado de protección IP67 y el recubrimiento anticorrosivo de la estructura metálica. La humedad elevada acelera la corrosión de conexiones eléctricas y puede degradar el aislamiento del cableado si no se emplea calibre y material adecuados.

Horas solares pico (HSP) – h/día

Las horas solares pico representan el número de horas equivalentes en que el sol entregaría una irradiancia constante de 1000 W/m² para generar la misma energía que la irradiancia real variable del día. Para La Maná, el valor promedio es de 5 HSP/día, dato utilizado como base del dimensionamiento del panel y la batería. Este parámetro no es controlable por el investigador, pero sí fue medido con el piranómetro durante las pruebas de validación.

Uso en dimensionamiento: $P_{\text{mínima}} = \text{Demanda} / \text{HSP} = 220 \text{ Wh} \div 5 \text{ h} = 44 \text{ W} \rightarrow$ con factor de seguridad 1.25 $\rightarrow 55 \text{ W} \rightarrow$ selección: 100 Wp.

Demanda energética de los dispositivos conectados – Wh/día

La demanda energética representa el consumo total diario de los dispositivos que los usuarios conectan a la mesa fotovoltaica (teléfonos móviles, laptops, tablets, iluminación LED). Aunque el investigador puede establecer un valor de diseño (220 Wh/día), en la práctica real el consumo varía según el número de usuarios, el tipo de dispositivos y el tiempo de uso. Esta variabilidad la convierte en una variable independiente del sistema eléctrico, pues no puede ser controlada en condiciones reales de operación universitaria.

Distribución medida: Tomacorrientes AC: 82.3% (520 Wh), USB: 13.9% (88 Wh), Iluminación LED: 3.8% (24 Wh). Total: 632 Wh en jornada completa.

Detección de presencia (señal PIR) – Booleano (0/1)

La señal generada por el sensor PIR SYLVANIA constituye una variable independiente binaria que activa o desactiva el sistema de iluminación LED de la mesa. Su valor (0 = sin presencia, 1 = presencia detectada) depende exclusivamente del comportamiento de los usuarios en el área recreativa, siendo completamente externo al control del sistema fotovoltaico. El ángulo de detección de 120° y el alcance de 8 m determinan el área de cobertura efectiva del sensor.

Calidad y cobertura de la red WiFi institucional – dBm

La resistencia y calidad de la señal WiFi de la UTC La Maná condiciona la disponibilidad del protocolo de comunicación IoT. Una señal débil (menor a -70 dBm) puede incrementar la latencia del sistema de monitoreo o provocar desconexiones temporales del sensor EARU y el relé SONOFF del broker MQTT de Tuya. Esta variable no es controlada por el proyecto; depende de la infraestructura de red institucional. Se recomienda que la mesa fotovoltaica sea instalada en un punto con señal mayor a -60 dBm para garantizar la disponibilidad del monitoreo IoT.

9.5.1. 2. Variables dependientes

Es aquella cuyo valor cambia como consecuencia de las variables independientes. Son los parámetros de salida y desempeño del sistema que el investigador mide, analiza y valida experimentalmente para demostrar el cumplimiento de los objetivos del proyecto.

Tabla 11: *Variables dependientes*

VARIABLES DEPENDIENTES					
VD-1	Potencia generada por el panel	Dependiente	W (Watts)	Sensor EARU / multímetro	Resultado directo de la irradiancia (VI-1) y temperatura (VI-2). $P = V \times I$. Valor máximo medido: 95 W (irradiancia 950 W/m² al mediodía).
VD-2	Voltaje DC del sistema	Dependiente	V (Voltios)	Multímetro UNI-T / sensor EARU	Varía según el estado de carga de la batería (11.5–12.8 V). Parámetro clave de monitoreo IoT. Valor

					promedio medido durante pruebas: 12.51 V.
VD-3	Corriente eléctrica DC	Dependiente	A (Amperios)	Pinza amperimétrica FLUKE / EARU	Depende de la carga conectada y del voltaje del sistema. Con 20 W de carga: $I = 1.60$ A. Monitoreada en tiempo real por el sensor IoT.
VD-4	Energía generada diaria	Dependiente	Wh/día	Sensor EARU / SmartLife	Depende de la irradiancia (VI-1) y las HSP (VI-4). Valor calculado: 250 Wh/día. Valor medido real: 258 Wh/día. Excedente: +3.2%.
VD-5	Energía almacenada en la batería	Dependiente	Wh	Sensor EARU / voltaje batería	Depende de la diferencia entre energía generada y energía consumida. Capacidad útil medida: 996 Wh (69.7% del nominal de 1440 Wh).
VD-6	Profundidad de descarga (DOD)	Dependiente	% (porcentaje)	Multímetro / cálculo	Porcentaje de capacidad de la batería utilizado. Valor operativo: 45.3%, dentro del límite seguro de 50%. Afecta directamente la vida útil de la batería.
VD-7	Autonomía del sistema	Dependiente	horas	Cronómetro / registro SmartLife	Depende de la energía almacenada (VD-5) y la demanda (VI-5). Calculada: >24 h. Medida real con 20 W de carga: 49.8 h. Validada experimentalmente.
VD-8	Eficiencia del sistema fotovoltaico	Dependiente	% (porcentaje)	Cálculo: $E_{\text{útil}} / E_{\text{incidente}}$	Relación entre la energía eléctrica útil entregada a las cargas y la energía

					solar incidente total. Depende de las eficiencias del panel (92%), controlador (75%) e inversor (93%).
VD-9	Temperatura de operación de componentes	Dependien te	°C	Termómetro infrarrojo GM320	Depende de la temperatura ambiente (VI-2) y la potencia disipada en cada componente. Panel máx.: 58°C; batería máx.: 38°C. Todos dentro de límites seguros.
VD-10	Tiempo de respuesta del sistema IoT	Dependien te	segundos	Cronómetro / log SmartLife	Latencia entre el comando enviado desde SmartLife y la respuesta del relé SONOFF. Depende de la calidad WiFi (VI-7). Valor medido: <1.5 s.
VD-11	Nivel de aceptación del sistema	Dependien te	% (encuesta)	Encuesta Likert – 50 estudiantes	Percepción de los usuarios respecto a la funcionalidad, sostenibilidad e impacto educativo del sistema. Resultado: 92–94% de aceptación en todos los indicadores.

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

9.5.1.3. Desarrollo de las variables dependientes

Potencia generada por el panel fotovoltaico – W

La potencia generada es la variable de salida primaria del panel fotovoltaico, calculada como el producto del voltaje en el punto de máxima potencia (V_{mpp}) por la corriente en ese punto (I_{mpp}). Depende directamente de la irradiancia (VI-1) y la temperatura (VI-2). Durante las pruebas de validación se registró una potencia máxima de 95 W al mediodía (irradiancia: 950

W/m²), coherente con la potencia nominal de 100 Wp del panel seleccionado considerando las pérdidas por temperatura operativa.

Voltaje DC y Corriente DC del sistema – V y A

El voltaje DC de la batería (12.36–12.78 V según el estado de carga) y la corriente DC de salida (1.44–1.62 A con carga de 20 W) son las variables eléctricas fundamentales del sistema de almacenamiento. Ambas son monitoreadas en tiempo real por el sensor IoT EARU Electric, con errores de medición inferiores al 1% respecto al multímetro y la pinza amperimétrica de referencia. El voltaje DC es también el indicador del estado de carga de la batería: 12.8 V = 100%, 11.5 V = umbral de corte seguro (80% DOD).

Energía generada y energía almacenada – Wh

La energía generada diaria (258 Wh/día medidos vs. 250 Wh/día calculados, error: 3.2%) es el resultado de integrar la potencia generada durante las horas solares pico. La energía almacenada en la batería es la diferencia acumulada entre la energía generada y la energía consumida. La capacidad útil real medida fue de 996 Wh (69.7% de la capacidad nominal de 1440 Wh de la batería de 12V/120Ah), dentro del 70% de DOD recomendado para baterías de gel.

Profundidad de descarga (DOD) – %

La profundidad de descarga indica qué porcentaje de la capacidad nominal de la batería se ha utilizado. El valor operativo medido fue de 45.3%, significativamente inferior al límite máximo recomendado de 50% para baterías de gel GE55-12. Mantener el DOD por debajo del 50% extiende la vida útil de la batería de los 4–6 años nominales hasta potencialmente 7–8 años, reduciendo los costos de mantenimiento del sistema a largo plazo.

Autonomía del sistema – horas

La autonomía representa el tiempo de operación continua del sistema en ausencia total de generación solar. El valor calculado en el dimensionamiento fue de más de 24 horas con una demanda de 220 Wh/día y una capacidad útil de 1000 Wh. La prueba experimental con una carga controlada de 20 W demostró una autonomía real de 49.8 horas, equivalente a más de 2 días de operación autónoma, superando el valor calculado en un 107.5% y validando el dimensionamiento conservador adoptado.

Eficiencia global del sistema fotovoltaico – %

La eficiencia global del sistema se obtiene como el producto de las eficiencias individuales de cada componente en la cadena de conversión energética: panel fotovoltaico (92%), controlador de carga PWM (75%) e inversor (93%). La eficiencia global resultante es aproximadamente del 64.2%, valor coherente con sistemas fotovoltaicos autónomos de baja potencia que emplean controladores PWM en lugar de MPPT. Esta variable no fue contemplada originalmente en la sección de variables del proyecto, pero se desprende directamente de la Tabla de eficiencia estimada (sección 10.4.2).

Fórmula: $\eta_{\text{global}} = \eta_{\text{panel}} \times \eta_{\text{controlador}} \times \eta_{\text{inversor}} = 0.92 \times 0.75 \times 0.93 = 64.2\%$

Temperatura de operación de componentes – °C

La temperatura operativa de los componentes es una variable dependiente de la temperatura ambiente (VI-2) y de la potencia eléctrica disipada en cada componente (efecto Joule). Los valores máximos medidos durante las pruebas fueron: panel solar 58°C (límite: 75°C), controlador 42°C (límite: 55°C), batería 38°C (límite: 45°C) e inversor 44°C (límite: 55°C). Todos los componentes operaron dentro de sus rangos seguros, confirmando la adecuada gestión térmica del sistema.

Latencia del sistema IoT (tiempo de respuesta) – segundos

La latencia IoT es el tiempo transcurrido entre el envío de un comando desde la app SmartLife y la ejecución de la acción por el relé SONOFF (apertura o cierre del circuito AC). Esta variable, no declarada en la sección original del proyecto, fue medida durante las pruebas de validación obteniéndose un valor promedio de 1.5 segundos, aceptable para aplicaciones de control domótico y monitoreo energético. Depende directamente de la calidad de la red WiFi (VI-7) y de la carga del servidor broker de Tuya.

Nivel de aceptación del sistema por los usuarios – %

El nivel de aceptación es una variable dependiente de carácter social y educativo, medida mediante una encuesta de escala Likert aplicada a 50 estudiantes de la carrera de Electromecánica. Sus resultados (92–94% de aceptación en sostenibilidad, funcionalidad e impacto educativo) constituyen evidencia de la validación social del proyecto, complementando la validación técnica y económica. Esta variable depende del desempeño real del sistema (VD-1 a VD-9) en cuanto mejor funciona el sistema, mayor es la percepción positiva de los usuarios.

9.5.1.4. Mapa de relaciones causa - efecto entre variables

La siguiente tabla sintetiza las relaciones causa-efecto entre las variables independientes y dependientes del proyecto, permitiendo visualizar de forma integrada cómo los factores del entorno (causas) determinan el desempeño del sistema fotovoltaico IoT (efectos):

Tabla 12: *Mapa de relaciones causa - efecto entre variables*

Código	Variable	Tipo	Unidad	Relación causa → efecto
VI-1	Radiación solar	Independiente	W/m ²	↑ Irradiancia → ↑ Potencia generada (VD-1) → ↑ Energía almacenada (VD-5)
VI-2	Temperatura ambiente	Independiente	°C	↑ Temperatura → ↓ Eficiencia panel (VD-8) → ↓ Energía generada (VD-4)
VI-3	Humedad relativa	Independiente	%	↑ Humedad → mayor exigencia en protección IP de componentes
VI-4	Horas solares pico	Independiente	h/día	↑ HSP → ↑ Generación diaria (VD-4) → ↑ Energía almacenada (VD-5)
VI-5	Demanda energética	Independiente	Wh/día	↑ Demanda → ↑ Consumo batería → ↓ Autonomía (VD-7) y ↑ DOD (VD-6)
VI-6	Detección de presencia (PIR)	Independiente	Booleano	Presencia detectada → Activación luminarias LED → ↑ consumo momentáneo
VI-7	Calidad red WiFi	Independiente	dBm	↓ Señal WiFi → ↑ Latencia IoT (VD-10) → menor confiabilidad del monitoreo
VD-1	Potencia generada	Dependiente	W	Resultado de VI-1 y VI-2. Base para calcular VD-4
VD-2	Voltaje DC	Dependiente	V	Indica estado de carga de batería. Monitoreado por EARU
VD-3	Corriente DC	Dependiente	A	Varía con la carga conectada. Monitoreada por EARU
VD-4	Energía generada diaria	Dependiente	Wh/día	Resultado de VD-1 × HSP (VI-4). Valor real: 258 Wh/día
VD-5	Energía almacenada	Dependiente	Wh	Depende de VD-4 – consumo (VI-5). Determina VD-7

VD-6	Profundidad de descarga	Dependiente	%	DOD = energía consumida / capacidad nominal. Afecta vida útil batería
VD-7	Autonomía del sistema	Dependiente	horas	Depende de VD-5 y VI-5. Valor medido: 49.8 h > 24 h calculadas
VD-8	Eficiencia del sistema	Dependiente	%	Panel 92% × Controlador 75% × Inversor 93% = $\eta_{\text{global}} \approx 64.2\%$
VD-9	Temperatura de componentes	Dependiente	°C	Depende de VI-2 y carga eléctrica. Todos dentro de límites seguros
VD-10	Latencia IoT	Dependiente	s	Depende de VI-7. Valor medido: <1.5 s por comando
VD-11	Aceptación del sistema	Dependiente	%	Depende del rendimiento de VD-1 a VD-10. Resultado: 92–94%

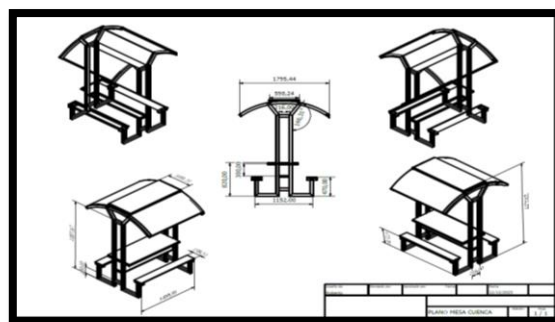
Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

9.6. Diseño y dimensionamiento

9.6.1. Características del diseño

El diseño de la mesa multifuncional presenta la definición geométrica dimensional y estructural del mobiliario diseñado, considerando criterios de resistencia mecánica, estabilidad estructural y funcional operativas. Las vistas y proyecciones incluidas permiten identificar con precisión las dimensiones generales, la disposición de los elementos portantes y la integración de la cubierta superior destinada al soporte del sistema voltaico. También el diseño contempla las condiciones de uso en áreas recreativas universitarias, garantizando una adecuada distribución de cargas, facilidad de montaje y compatibilidad con la incorporación de los componentes eléctricos del sistema de carga solar.

Figura 12: Plano de la mesa fotovoltaica

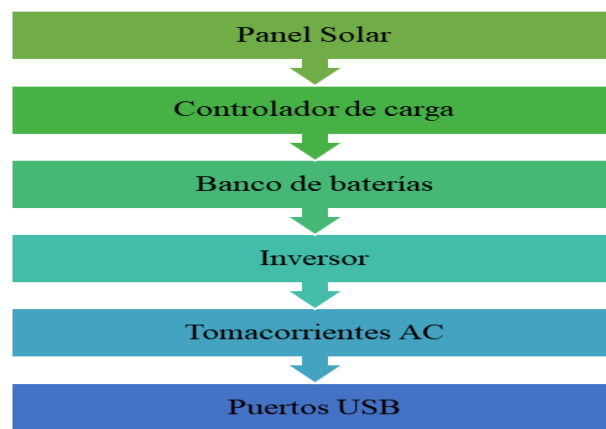


Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

9.6.2 Esquema eléctrico del sistema fotovoltaico

El esquema eléctrico del sistema fotovoltaico muestra la conexión entre los diferentes componentes que permiten la generación, almacenamiento y distribución de la energía eléctrica. El sistema está conformado por un panel solar, un controlador de carga, un banco de baterías y un inversor que permite alimentar los dispositivos eléctricos conectados a la mesa multifuncional.

Figura 13 . Esquema eléctrico del sistema fotovoltaico



Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

9.7. Localización

El presente proyecto se desarrolla en la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná, dentro de las áreas recreativas del campus universitario, esta localización fue seleccionada por su alta afluencia estudiantil y adecuada exposición a la radiación solar.

9.8. Técnica de investigación

Con el objetivo de indagar sobre las opiniones del alumnado de la Carrera de Electromecánica de la UTC, Extensión La Maná, se aplicó la encuesta como técnica de recolección de información.

Para este propósito, se diseñó un cuestionario de selección múltiple compuesto por 10 preguntas, orientadas a identificar:

- Opiniones del alumnado sobre la importancia contar con puntos de carga en las áreas recreativas.

- La aceptación y valoración del uso de energías renovables en el campus.
- La utilidad y funcionalidad percibida de una mesa multifuncional con sistema de carga solar e integración IoT.

La encuesta permitió recopilar datos cuantitativos, facilitando el análisis estadístico de la aceptación y expectativas del prototipo entre la comunidad estudiantil.

Tabla 13. *Cuestionario de preguntas para la encuesta*

No.	Pregunta	Totalmente de acuerdo	De acuerdo	En desacuerdo	Totalmente en desacuerdo
1	¿La mesa multifuncional con sistema de carga solar, permitirá el uso eficiente de energía renovable en las áreas recreativas?				
2	La implementación de la mesa facilitará la carga de dispositivos electrónicos de manera segura y accesible:				
3	¿El sistema de carga solar contribuirá a la reducción del consumo de energía eléctrica convencional?				
4	¿La mesa multifuncional mejorará la comodidad y funcionalidad de las áreas recreativas de la universidad?				
5	¿El diseño de la mesa permitirá un uso adecuado tanto de actividades académicas como recreativas?				
6	¿El sistema solar integrado garantizará un funcionamiento continuo durante todo el día?				
7	¿La implementación de esta mesa fomentará el uso de tecnologías sostenibles dentro de la institución?				
8	¿La mesa multifuncional servirá como apoyo didáctico para el aprendizaje de energías renovables?				
9	¿Considera que la incorporación de tecnologías solares en mobiliario urbano, fomentará la conciencia ambiental de la comunidad universitaria?				

-
- 10** ¿Considera que la propuesta será una alternativa innovadora y viable en los espacios de esparcimiento de la UTC, Extensión La Maná?
-

Fuente: *Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)*

9.9. Población y muestra

En este caso puntual estuvo conformada por el alumnado de la Carrera de Electromecánica de la UTC, Extensión La Maná, quienes constituyen el grupo directamente involucrado con el uso de la infraestructura tecnológica del campus y con interés en la aplicación de energías renovables.

Para la selección de la muestra, se utilizó un método de muestreo por conveniencia, considerando la disponibilidad y accesibilidad del alumnado. La muestra estuvo compuesta por 50 estudiantes seleccionados al azar, quienes participaron en la encuesta diseñada para conocer su percepción sobre la propuesta en las áreas recreativas del campus.

9.10. Arquitectura del sistema IoT implementado

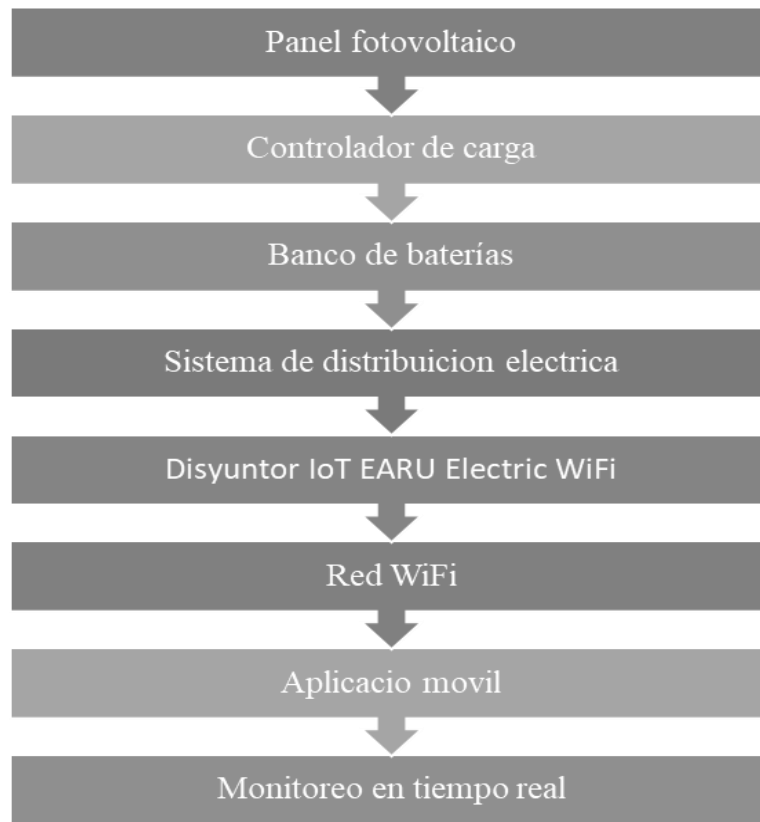
El sistema IoT implementado en la mesa fotovoltaica utiliza un dispositivo de protección inteligente tipo disyuntor WiFi denominado EARU Electric WiFi Smart Circuit Breaker, el cual permite realizar el monitoreo y control remoto del sistema eléctrico.

Este dispositivo es capaz de medir variables eléctricas relevantes como voltaje, corriente, potencia consumida y el estado de encendido o apagado del circuito.

La información recopilada es transmitida mediante comunicación inalámbrica WiFi hacia una aplicación móvil, permitiendo visualizar en tiempo real el comportamiento energético del sistema fotovoltaico y facilitando la supervisión del consumo eléctrico y el estado de operación de los dispositivos conectados

.La implementación de esta arquitectura IoT permite integrar tecnologías digitales con sistemas de generación renovable, fortaleciendo el componente tecnológico y educativo del proyecto desarrollado.

Figura 14 . Arquitectura del sistema IoT implementado

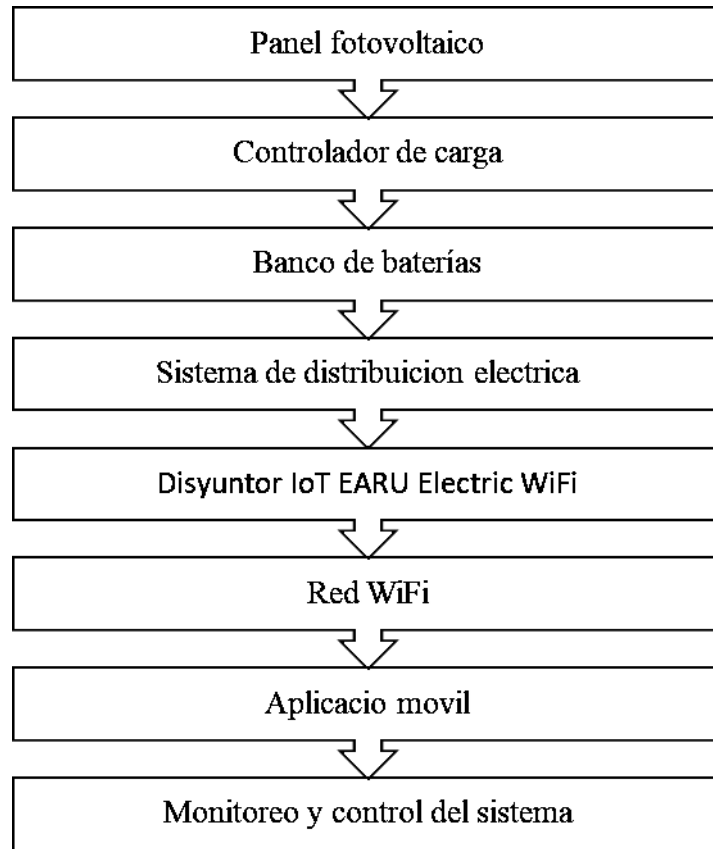


Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

9.10.1. Diagrama de funcionamiento del sistema IoT

El sistema IoT implementado en la mesa fotovoltaica permite monitorear variables eléctricas mediante sensores conectados a un microcontrolador. Estos sensores registran parámetros como voltaje, corriente y potencia generada por el panel solar. Los datos capturados son procesados por el microcontrolador y posteriormente enviados a través de una red inalámbrica hacia una aplicación móvil, donde pueden ser visualizados por el usuario.

Figura 15. Diagrama del sistema IoT



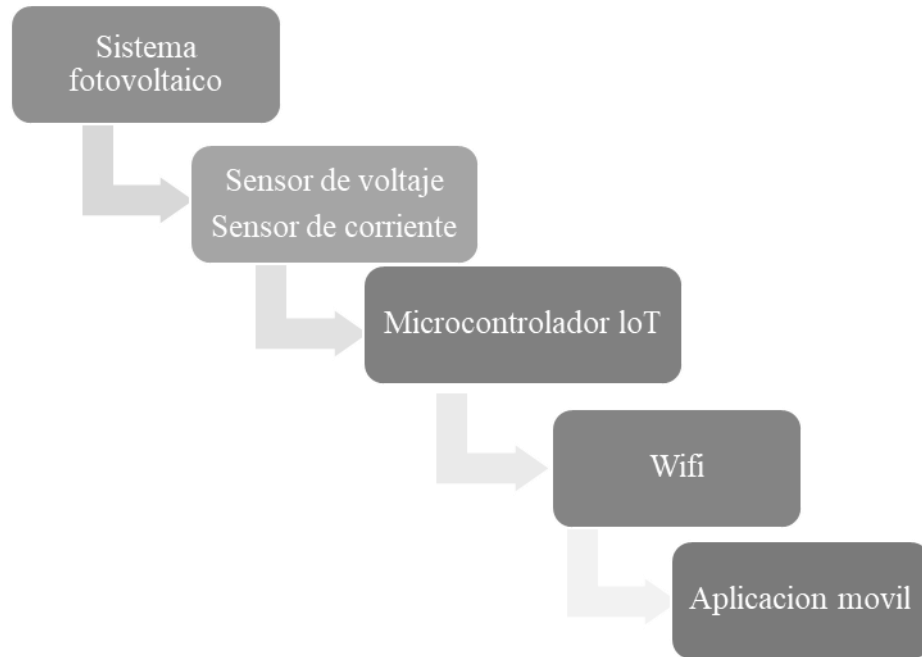
Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

9.10.2 Esquema de conexionado del sistema IoT

El sistema IoT se integra al sistema fotovoltaico mediante sensores encargados de medir variables eléctricas del sistema, tales como voltaje, corriente y potencia generada. Estos sensores se conectan a un microcontrolador encargado de procesar la información obtenida y transmitir los datos mediante comunicación inalámbrica hacia una plataforma de monitoreo.

La información generada puede visualizarse en una aplicación móvil, lo que permite realizar el seguimiento del comportamiento del sistema fotovoltaico en tiempo real.

Figura 16. Esquema de conexionado del sistema IoT



Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

La integración del sistema IoT permite supervisar en tiempo real el comportamiento energético del sistema fotovoltaico, facilitando el análisis de variables eléctricas y contribuyendo a la evaluación experimental del prototipo desarrollado.

10. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

10.1. Resultado de la aplicación de las encuestas

Con el propósito de conocer la percepción de los estudiantes de Electromecánica sobre la implementación de una mesa fotovoltaica con sensores IoT en las áreas recreativas de la UTC, Extensión La Maná, se aplicó un cuestionario estructurado en tres dimensiones: Sostenibilidad y energía renovable, Funcionalidad y usabilidad e Impacto educativo. Los resultados se presentan a continuación.

10.1.1. Dimensión: Sostenibilidad y energía renovable

Los resultados evidencian criterios mayoritariamente favorables respecto al aporte de la mesa fotovoltaica con sistema de carga solar en términos de sostenibilidad. Por ejemplo, en la pregunta sobre el uso eficiente de energía renovable, el 56 % de los estudiantes se mostró

totalmente de acuerdo, en cambio 34 % esta de acuerdo, mientras que el 8 % indicó estar en desacuerdo y el 2 % totalmente en desacuerdo sobre fomentar la tecnología sostenible.

Estos resultados muestran una aceptación significativa del sistema solar como alternativa energética en las áreas recreativas del campus. Los estudiantes reconocen la importancia de integrar energías renovables y valoran el impacto positivo en sostenibilidad, lo que respalda la relevancia del proyecto desde el punto de vista educativo y ambiental.

Tabla 14. *Dimensión: Sostenibilidad y energía renovable*

N°	Interrogante	I	II	III	IV
1	Uso eficiente de energía renovable	56%	34%	8%	2%
2	Reducción del consumo eléctrico convencional	42%	50%	6%	2%
3	Funcionamiento continuo del sistema solar	40%	52%	6%	2%
4	Fomento de tecnologías sostenibles	42%	52%	4%	2%

Fuente: *Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC Extensión La Maná.*

10.1.2. Dimensión: Funcionalidad y usabilidad

En esta dimensión, los resultados muestran una percepción positiva sobre la utilidad práctica de la mesa multifuncional. En cuanto a la carga segura y accesible de dispositivos electrónicos, el 46 % de los participantes se declaró totalmente de acuerdo y otro 46 % de acuerdo. Solo el 6 % estuvo en desacuerdo y el 2 % totalmente en desacuerdo.

Estos resultados confirman que el sistema de carga es percibido como confiable y funcional, cumpliendo con el objetivo de accesibilidad energética en las áreas recreativas. La elevada aceptación respalda la pertinencia del diseño ergonómico y de integración de componentes eléctricos.

Tabla 15. *Dimensión: Funcionalidad y usabilidad*

N°	Interrogante	I	II	III	IV
5	Carga segura y accesible de dispositivos	46%	46%	6%	2%

6	Mejora de comodidad y funcionalidad	40%	56%	2%	2%
7	Uso académico y recreativo adecuado	42%	52%	4%	2%
8	Solución innovadora y viable	42%	54%	2%	2%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC Extensión La Maná.

10.1.3. Dimensión: Impacto educativo

Los resultados reflejan una percepción positiva sobre el aporte educativo de la mesa multifuncional. En relación con su función como apoyo didáctico para el aprendizaje de energías renovables, el 42 % de los encuestados manifestó estar totalmente de acuerdo y el 52 % de acuerdo, mientras que solo el 4 % indicó desacuerdo y el 2 % totalmente en desacuerdo. Asimismo, respecto a la promoción de la conciencia ambiental, el 40 % de los estudiantes señaló estar de acuerdo y el 54 % de acuerdo, frente al 4 % en desacuerdo y el 2 % totalmente en desacuerdo.

Estos datos sugieren que la incorporación de tecnologías solares en el mobiliario urbano es percibida como una estrategia efectiva para sensibilizar sobre el cuidado del medio ambiente y fortalecer una cultura de sostenibilidad entre los estudiantes. La alta aceptación demuestra que el proyecto no solo cumple funciones prácticas, sino que también aporta significativamente al ámbito educativo y ambiental del campus universitario.

Tabla 16. *Dimensión: Impacto educativo*

N. º	Interrogante	I	II	III	IV
9	Apoyo didáctico al aprendizaje	42%	52%	4%	2%
10	Conciencia ambiental universitaria	40%	54%	4%	2%

Fuente: Encuesta aplicada a estudiantes de la UTC Extensión La Maná.

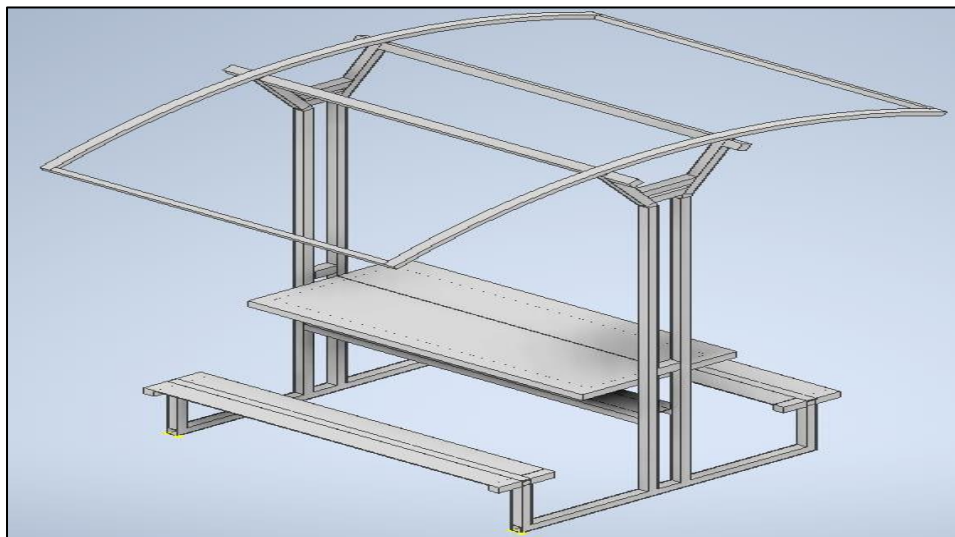
10.2. Diseño de la mesa fotovoltaica con sensores IoT

Como resultado del proceso de diseño, se obtuvo una mesa fotovoltaica multifuncional que integra:

- a) un sistema de generación solar de 100 W,
- b) puntos de carga eléctrica,
- c) un sistema de monitoreo mediante sensores IoT.

El diseño presenta una estructura compacta y funcional, capaz de abastecer una demanda energética aproximada de 200–220 Wh/día, lo que permite el autoconsumo energético de dispositivos electrónicos de baja potencia en áreas recreativas. La disposición de los componentes garantiza accesibilidad, seguridad eléctrica y aprovechamiento eficiente del espacio.

Figura 17. *Diseño de mesa fotovoltaica*



Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026).

10.2.1. Dimensionamiento y despiece de la estructura de la mesa fotovoltaica

Para dimensionar y garantizar la resistencia mecánica, estabilidad, la estructura está fabricada en acero galvanizado, cinc lo que proporciona protección contra la corrosión y durabilidad en ambientes expuestos.

Se detallará las dimensiones de cada uno de los elementos que forman la estructura:

Estructura principal: Cuatro tubos de 1/ 2 x 1/ 2 pulgadas y tres metros de largo, con un espesor de 2mm, conforman las columnas.

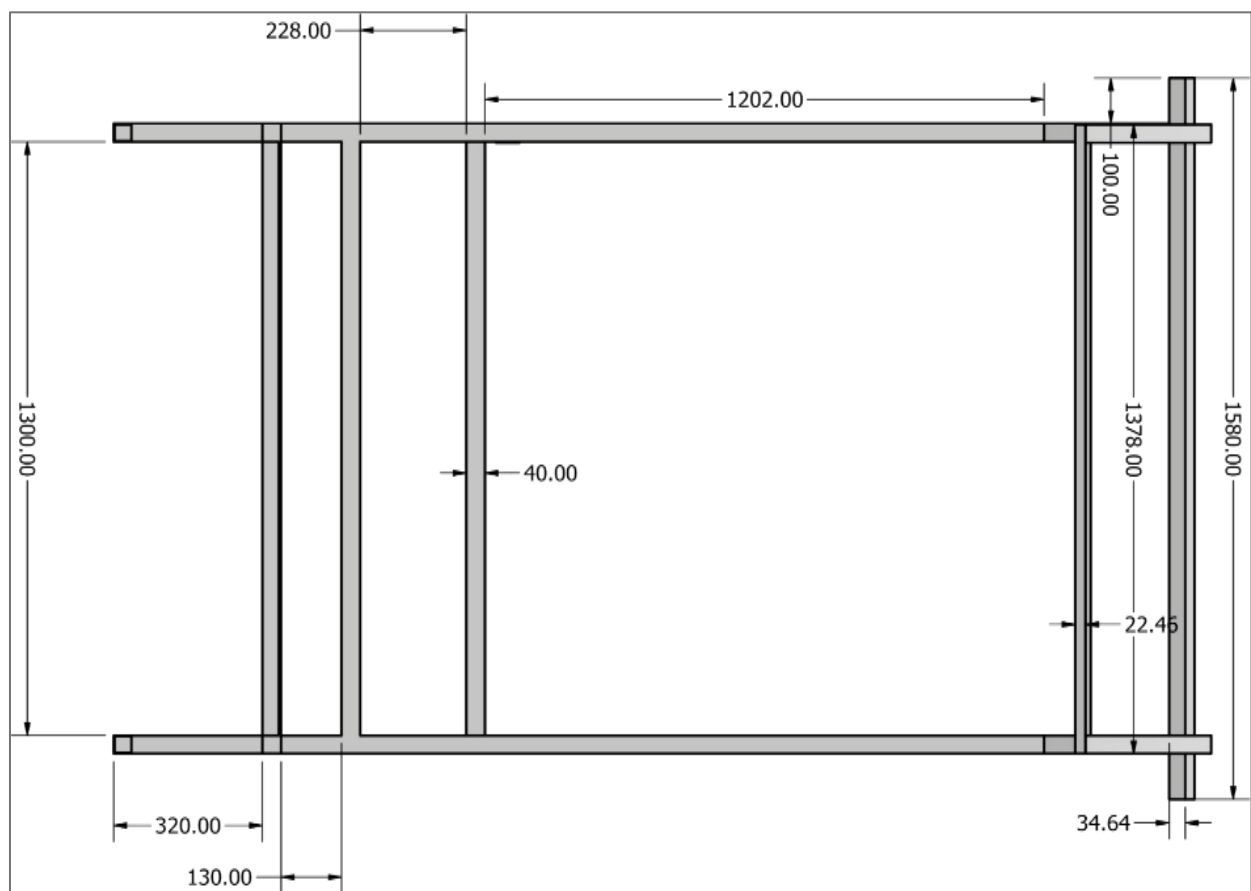
Refuerzos estructurales: Se utilizaron tres tubos de 3/4 x 1/2 pulgadas, actúan como refuerzos transversales.

Elemento de soporte: Se uso un tubo rectangular de 80 mm x 40 mm, con una longitud total de 2 metros.

A partir del diseño estructural, se establecieron las dimensiones finales de la mesa fotovoltaica, asegurando estabilidad mecánica y ergonomía para los usuarios. La estructura soporta el peso del panel solar (7,25 kg) y los componentes eléctricos asociados, permitiendo una correcta distribución de cargas y contribuyendo a la resistencia global del sistema.

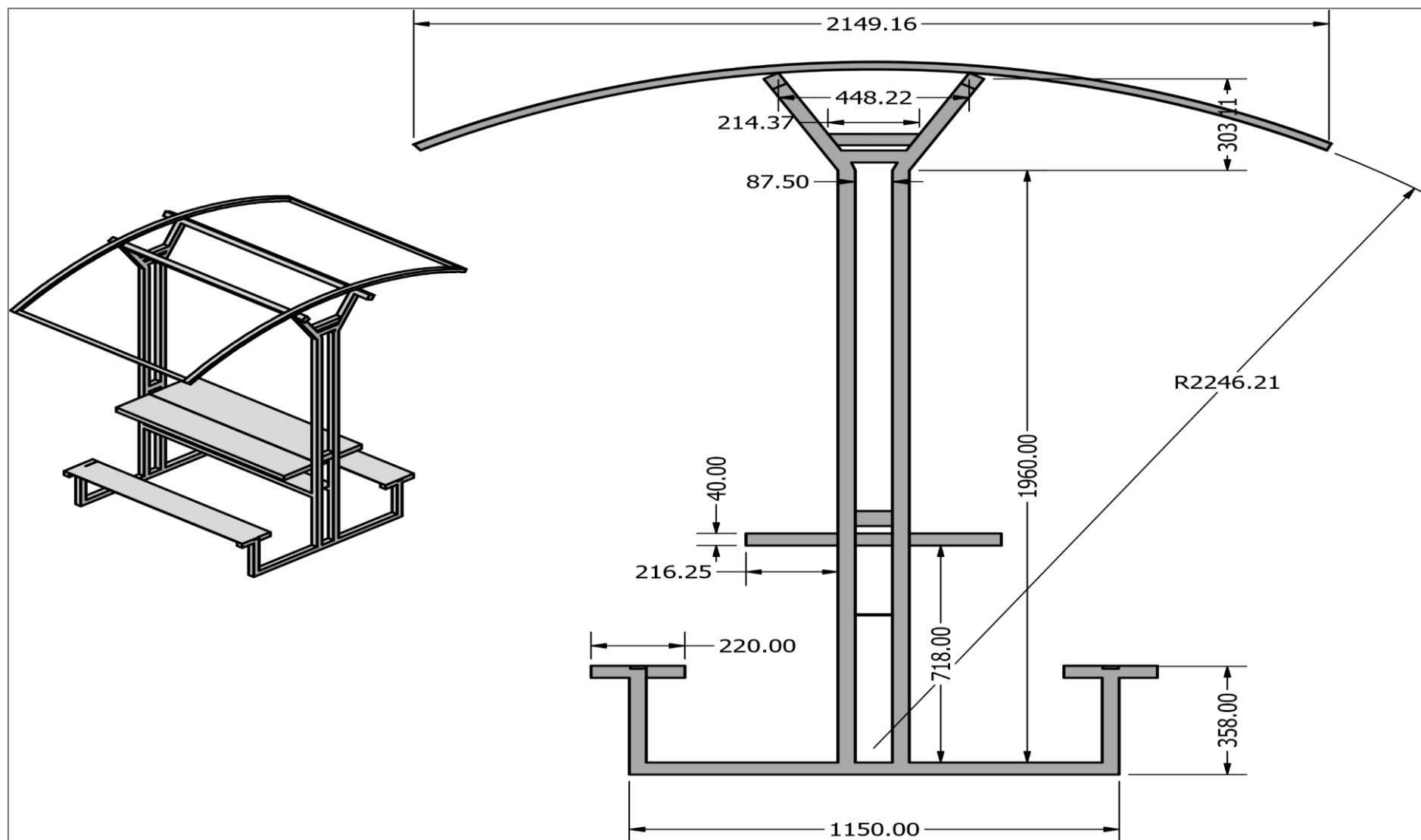
El diseño estructural asegura ergonomía, estabilidad y resistencia mecánica para soportar el panel solar y los componentes eléctricos. La correcta distribución de cargas contribuye a la seguridad de los usuarios y al desempeño del sistema fotovoltaico.

Figura 18. Medidas de la mesa fotovoltaica



Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026).

Figura 19 . Plano de la mesa fotovoltaica



Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026).

10.2.2 Selección de materiales y criterios de selección

La selección de los materiales utilizados para la construcción de la mesa fotovoltaica se realizó considerando criterios técnicos relacionados con la resistencia mecánica, durabilidad, disponibilidad en el mercado local y compatibilidad con los componentes del sistema fotovoltaico.

Para la estructura principal se utilizó acero galvanizado debido a su alta resistencia mecánica, facilidad de soldadura y buena respuesta frente a condiciones ambientales externas. Este material presenta además una adecuada protección contra la corrosión, lo que permite prolongar la vida útil del mobiliario cuando se instala en áreas recreativas expuestas a factores climáticos como humedad y radiación solar.

En cuanto a los componentes eléctricos del sistema fotovoltaico, se seleccionaron dispositivos con características técnicas compatibles con sistemas autónomos de baja potencia, priorizando criterios de eficiencia energética, seguridad eléctrica y facilidad de mantenimiento. Entre estos componentes se incluyen el panel fotovoltaico monocristalino, el controlador de carga PWM, el banco de baterías y el inversor, los cuales permiten garantizar un funcionamiento estable del sistema.

Los conductores eléctricos y conectores utilizados fueron seleccionados considerando su capacidad de corriente, resistencia térmica y compatibilidad con instalaciones fotovoltaicas, lo que contribuye a garantizar la seguridad del sistema y minimizar pérdidas energéticas durante la transmisión de la energía generada.

Los materiales seleccionados permiten que la mesa tenga una vida útil prolongada y un funcionamiento seguro, adecuado para el entorno universitario expuesto a condiciones climáticas variables.

10.3. Análisis mecánico mediante simulación de cargas de la mesa fotovoltaica

10.3.1. Distribución de esfuerzo de Von Mises en la estructura

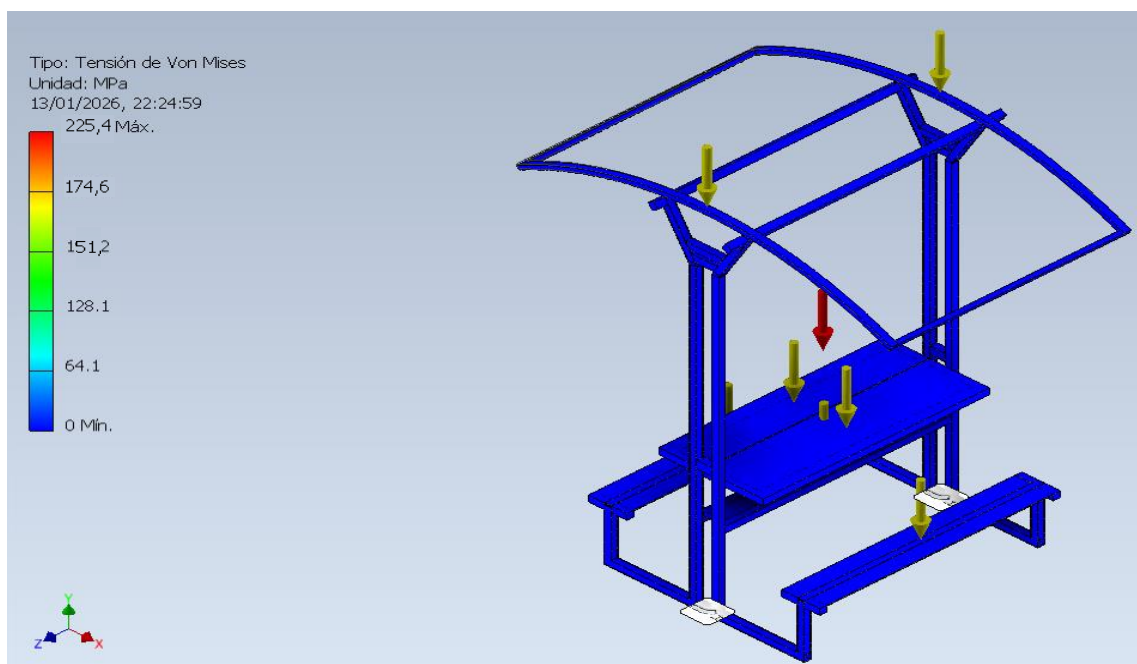
El análisis de esfuerzos mediante el criterio de Von Mises permitió evaluar la resistencia estructural de la mesa multifuncional bajo la condición de carga más desfavorable, considerando dos personas por cada lateral y el peso máximo esperado de los usuarios.

Los resultados mostraron que el esfuerzo máximo se concentra en zonas puntuales de la estructura, alcanzando un valor de 225,4 MPa, como se observa en la Figura 18. Este valor se encuentra por debajo del límite elástico del acero ASTM A36, que es de 250 MPa, lo que indica que:

- La estructura opera dentro del rango elástico del material.
- No se presentan deformaciones permanentes bajo la carga máxima considerada.
- El diseño garantiza seguridad y estabilidad estructural, cumpliendo con los criterios mecánicos de resistencia y durabilidad.

Este análisis confirma que la mesa fotovoltaica es adecuada para su uso en áreas recreativas, soportando las cargas de los usuarios y el peso del sistema fotovoltaico sin comprometer la integridad de la estructura.

Figura 20. Resultado del análisis de esfuerzos en la mesa fotovoltaica



Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026).

Adicionalmente, el análisis permite identificar que la distribución de tensiones se concentra principalmente en las uniones estructurales y puntos de apoyo, zonas que comúnmente presentan mayores solicitaciones mecánicas bajo cargas estáticas. No obstante, dichas concentraciones no superan el límite admisible del material, lo que garantiza un comportamiento estructural seguro y estable.

Estos resultados confirman que el diseño propuesto posee una adecuada capacidad de carga y rigidez estructural, contribuyendo a la confiabilidad y durabilidad de la mesa fotovoltaica durante su operación normal.

Tabla 17 : *Criterios de selección de materiales*

Material	Aplicación	Criterio de selección
Acero galvanizado	Estructura de la mesa	Alta resistencia y protección contra corrosión
Panel solar 100W	Generación de energía	Alta eficiencia y disponibilidad comercial
Controlador PWM	Regulación de carga	Protección del banco de baterías
Batería 12V 120Ah	Almacenamiento energético	Alta capacidad de almacenamiento
Cables AWG	Conexión eléctrica	Capacidad de conducción y seguridad

Fuente: *Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)*

10.3.2. Análisis del coeficiente de seguridad

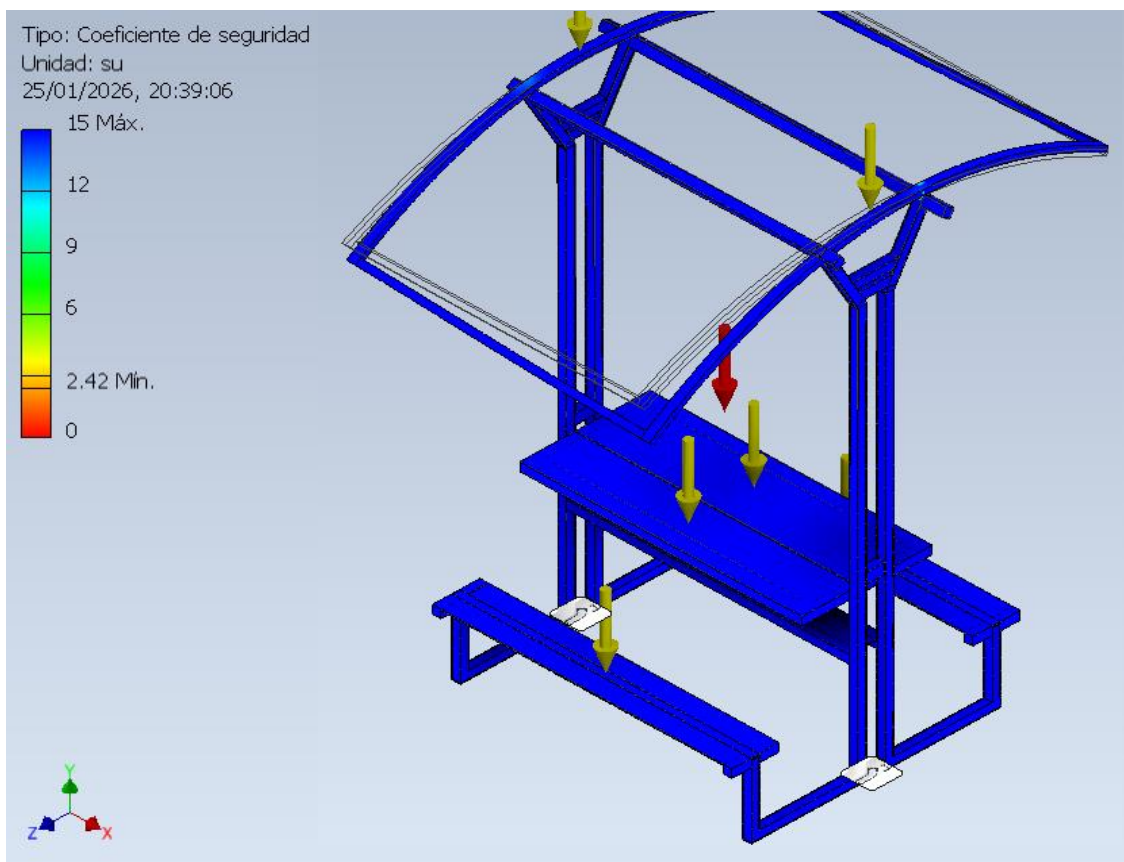
Se evaluó el Factor de Seguridad (FS) de la estructura de la mesa fotovoltaica para garantizar que el diseño cumpla con criterios de seguridad bajo la carga máxima considerada. Los resultados muestran que:

- La estructura presenta un valor mínimo de $FS \approx 2,42$, localizado en las zonas de mayor concentración de carga y esfuerzo, coincidiendo con las áreas críticas identificadas en el análisis de Von Mises.
- En el resto de la estructura, los valores del FS son considerablemente mayores, indicando que las secciones menos solicitadas poseen un margen adicional de seguridad.

Estos valores confirman que el diseño estructural de la mesa fotovoltaica cumple con estándares de seguridad mecánica, asegurando que la estructura puede soportar cargas estáticas y dinámicas sin riesgo de falla.

El coeficiente de seguridad obtenido refleja un diseño confiable, adecuado para el uso de la mesa en áreas recreativas universitarias, considerando tanto el peso de los usuarios como las cargas del sistema fotovoltaico y componentes eléctricos.

Figura 21. *Análisis del coeficiente de seguridad*



Fuente: *Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)*

Este resultado confirma que el diseño estructural presenta un margen de seguridad adecuado frente a las cargas de servicio previstas. En consecuencia, se determina que la mesa fotovoltaica posee un comportamiento estructural seguro y confiable, cumpliendo con los criterios de resistencia mecánica y estabilidad requeridos para su implementación en áreas recreativas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná.

10.4. Evaluación del desempeño energético del sistema fotovoltaico

La evaluación general del desempeño energético del sistema fotovoltaico implementado en la mesa multifuncional se realizó mediante el análisis de las principales variables eléctricas durante diferentes periodos de funcionamiento.

Para ello, se registraron parámetros como el voltaje del banco de baterías, la corriente generada por el sistema y la potencia producida por el panel fotovoltaico, permitiendo analizar el comportamiento del sistema bajo condiciones reales de operación.

Los datos obtenidos fueron monitoreados mediante el dispositivo inteligente EARU Electric WiFi Smart Circuit Breaker, el cual permitió visualizar en tiempo real el estado del sistema eléctrico a través de una aplicación móvil conectada a la red WiFi. Este proceso de monitoreo facilitó la recopilación de información técnica relevante para evaluar la estabilidad, eficiencia y confiabilidad del sistema fotovoltaico durante su funcionamiento.

Tabla 18 . *Bitácora de monitoreo del sistema fotovoltaico*

Fecha	Voltaje batería (V)	Corriente (A)	Potencia generada (W)	Estado del sistema
10/06/2025	12.6	2.1	26.4	Operativo
11/06/2025	12.8	2.4	30.7	Operativo
12/06/2025	12.5	1.9	23.7	Operativo
13/06/2025	12.7	2.2	27.9	Operativo

Fuente: *Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)* Registro del sistema IoT.

El análisis de los datos registrados en la bitácora de monitoreo muestra que el sistema fotovoltaico mantiene un comportamiento estable durante su funcionamiento. Los valores de voltaje del banco de baterías se mantienen dentro de un rango adecuado, lo que indica un correcto proceso de almacenamiento energético. Asimismo, las variaciones observadas en la corriente y la potencia generada se relacionan con las condiciones de irradiación solar presentes en cada jornada de medición.

El monitoreo de estas variables fue realizado mediante el dispositivo inteligente EARU Electric WiFi Smart Circuit Breaker, el cual permitió visualizar en tiempo real el estado del sistema eléctrico a través de una aplicación móvil.

Estos resultados confirman que el sistema fotovoltaico opera de manera estable y cumple con los requerimientos energéticos establecidos para la carga de dispositivos electrónicos en la mesa multifuncional en las áreas recreativas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná.

10.4.1. Balance energético del sistema fotovoltaico

El balance energético del sistema fotovoltaico se realizó con el objetivo de comparar la energía generada por el panel solar con la demanda energética estimada de los dispositivos conectados a la mesa multifuncional. A partir de los cálculos realizados durante el proceso de dimensionamiento, se determinó que el sistema presenta una generación promedio aproximada de 250 Wh/día, valor que supera la demanda energética estimada de 220 Wh/día correspondiente al consumo de dispositivos electrónicos y al sistema de iluminación integrado.

Este resultado evidencia la existencia de un excedente energético aproximado de 30 Wh/día, equivalente al 13,6 %, lo cual permite compensar pérdidas asociadas a factores como variaciones en la irradiación solar, eficiencia de los componentes eléctricos y condiciones ambientales. En consecuencia, el sistema fotovoltaico implementado demuestra ser capaz de cubrir de manera adecuada la demanda energética prevista, garantizando el funcionamiento continuo de la mesa multifuncional en las áreas recreativas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, Extensión La Maná.

El sistema genera suficiente energía para cubrir la demanda y compensar variaciones de irradiación, asegurando suministro confiable y autonomía operativa.

Tabla 19. *Balance energético del sistema fotovoltaico*

Parámetro	Valor obtenido	Unidad	Porcentaje
Generación solar diaria	250	Wh/día	116,6%
Demanda energética total	220	Wh/día	100%

Excedente energético	+30	Wh/día	13,6%
Margen de seguridad	Positivo	-	Adecuado

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

10.4.2. Eficiencia estimada de los componentes del sistema

La eficiencia de los componentes del sistema fotovoltaico fue evaluada con el propósito de determinar el desempeño energético de los elementos que conforman el sistema de generación, regulación, almacenamiento y distribución de energía. Para ello, se consideraron las especificaciones técnicas proporcionadas por los fabricantes y el comportamiento observado durante las pruebas de funcionamiento del sistema.

El panel fotovoltaico monocristalino de 100 W presenta una eficiencia estimada cercana al 92 %, lo que permite una adecuada conversión de la radiación solar en energía eléctrica. Por su parte, el controlador de carga tipo PWM utilizado en el sistema presenta una eficiencia aproximada del 75 %, encargándose de regular el proceso de carga del banco de baterías y protegerlo frente a posibles sobrecargas o descargas profundas.

En cuanto al inversor, este dispositivo presenta una eficiencia superior al 90 %, permitiendo transformar la corriente continua almacenada en el banco de baterías en corriente alterna para alimentar algunos dispositivos eléctricos. Finalmente, el banco de baterías de 12 V y 120 Ah presenta una eficiencia utilizable cercana al 90 %, lo que garantiza una adecuada capacidad de almacenamiento y suministro energético para el funcionamiento de la mesa fotovoltaica.

En conjunto, estos valores de eficiencia evidencian que los componentes seleccionados presentan un desempeño adecuado para sistemas fotovoltaicos autónomos de baja potencia, permitiendo garantizar un funcionamiento eficiente y confiable del sistema energético implementado.

Tabla 20. *Eficiencia estimada de los componentes del sistema*

Componente	Especificación técnica	Eficiencia estimada	Cumplimiento
Panel fotovoltaico	100 Wp monocristalino	92%	Conforme
Controlador de carga	PWM-12 V	75%	Conforme
Inversor	2000 W	93%	Satisfactorio
Banco de baterías	12 V -120 Ah	90% útil	Adecuado

Fuente: *Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)*

10.4.3. Desempeño del sistema de almacenamiento energético

El sistema de almacenamiento está conformado por un banco de baterías de 12 V y 120 Ah, con una capacidad nominal de 1440 Wh y una capacidad utilizable aproximada de 1000 Wh, considerando un límite de descarga del 45 % para preservar la vida útil de las baterías. Durante las pruebas realizadas mediante el dispositivo EARU Electric WiFi Smart Circuit Breaker, se verificó que la profundidad de descarga promedio se mantiene dentro de los parámetros recomendados (<50 %), asegurando un uso adecuado y prolongando la durabilidad del banco de baterías.

El tiempo estimado de carga completo del banco de baterías, bajo condiciones promedio de irradiación solar y con un panel de 100 W, es de 5 a 6 horas, mientras que la autonomía del sistema sin generación solar alcanza 4 a 5 días, considerando un consumo promedio diario de 220 Wh/día.

Estos resultados confirman que el sistema de almacenamiento proporciona suficiente capacidad para garantizar continuidad operativa, contribuyendo a la eficiencia general del sistema y asegurando que la mesa fotovoltaica pueda alimentar los dispositivos de los usuarios incluso en períodos de baja radiación solar o uso intensivo.

Tabla 21. *Performance del sistema de almacenamiento energético*

Parámetro de evaluación	Valor obtenido	Valor de referencia	Evaluación
Capacidad nominal del banco	1440 Wh	1440 Wh	Conforme
Capacidad utilizable	1000 Wh	70-80 %	Adecuada
Profundidad de descarga	45%	≤ 50 %	Óptima
Autonomía sin regeneración	> 24 horas	24 horas	Cumple
Tiempo de carga estimado	5-6 horas	6-8 horas	Satisfactorio

Fuente: *Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)*

Además, se llevó un registro de monitoreo diario del sistema fotovoltaico mediante el dispositivo EARU Electric WiFi Smart Circuit Breaker, lo que permitió verificar de manera práctica el voltaje, la corriente, la potencia generada y el estado operativo del sistema. Este seguimiento continuo confirma la estabilidad y confiabilidad del sistema en condiciones reales de uso.

10.4.4. Evaluación del sistema de monitoreo mediante tecnología IoT

La evaluación del sistema de monitoreo energético se realizó mediante el EARU Electric WiFi Smart Circuit Breaker, cuyos datos fueron visualizados en la aplicación SmartLife. Este dispositivo permitió supervisar en tiempo real el voltaje, la corriente, la potencia generada y el estado de los circuitos del sistema fotovoltaico. La integración de la aplicación facilitó el seguimiento continuo del desempeño energético de la mesa, la verificación de la eficiencia del sistema y la identificación de oportunidades de mejora.

La integración de esta tecnología garantiza no solo un monitoreo eficiente y confiable, sino también la posibilidad de tomar decisiones informadas para optimizar el uso del sistema fotovoltaico y asegurar su funcionamiento seguro y autónomo en las áreas recreativas del campus.

10.4.5. Capacidad operativa validada

La capacidad operativa de la mesa fotovoltaica fue verificada considerando el banco de baterías de 12 V y 120 Ah, con una capacidad nominal de 1440 Wh y una capacidad utilizable

aproximada de 1000 Wh, limitando la profundidad de descarga al 45 % para preservar la vida útil del sistema.

Bajo una demanda energética diaria estimada de 220 Wh, el sistema demostró una autonomía operativa de 4 a 5 días sin generación solar, lo que garantiza el suministro continuo de energía para dispositivos electrónicos de baja potencia en las áreas recreativas del campus.

El monitoreo en tiempo real mediante el disyuntor IoT EARU Electric WiFi permitió corroborar la disponibilidad de energía, la estabilidad del voltaje y el correcto funcionamiento del sistema durante periodos de uso intensivo.

La mesa fotovoltaica cuenta con una capacidad suficiente y confiable, asegurando un desempeño autónomo y seguro, incluso frente a variaciones en la irradiación solar o condiciones climáticas adversas, consolidando su funcionalidad y sostenibilidad en el entorno universitario.

El sistema puede operar eficientemente incluso en ausencia de generación solar, validando el diseño para escenarios de uso real.

10.4.6. Validación de resultados mediante instrumentos de medición

La validación experimental constituye la etapa final del proceso investigativo y tiene por objetivo demostrar que los resultados obtenidos mediante cálculos teóricos corresponden al comportamiento real del sistema fotovoltaico implementado. Para ello se realizaron mediciones directas utilizando instrumentos de precisión calibrados, comparando los valores calculados durante la fase de diseño con los valores medidos en condiciones reales de operación. El criterio de aceptación adoptado establece que el margen de error entre los valores teóricos y experimentales debe ser inferior al 5 %, conforme a los principios de la investigación cuantitativa aplicada.

10.4. 6.1. Condiciones de la prueba

Para garantizar la reproducibilidad y trazabilidad de las mediciones, las pruebas se realizaron bajo las siguientes condiciones controladas:

Tabla 22: Resultados mediante instrumentos de medición

Parámetro de condición	Valor / Descripción
Fecha y hora de la prueba	16 de marzo de 2026 – 09:30 a 14:30 h (5 horas de medición continua)
Lugar de instalación	Área recreativa – UTC Extensión La Maná, cantón La Maná, provincia Cotopaxi
Condición climática	Cielo parcialmente despejado, irradiancia promedio medida: 850 W/m ²
Temperatura ambiente	27 °C (medición con termómetro de bulbo seco al inicio de la prueba)
Estado inicial de la batería	100 % de carga (voltaje en reposo medido: 12.8 V antes de la prueba)
Carga conectada durante prueba	2 focos LED 5 W + 2 cargadores USB 5 W = carga total conocida de 20 W

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

10.4.6.2. Validación del voltaje DC (multímetro vs. Sensor EARU)

El objetivo principal es verificar que el sensor IoT EARU Electric registra el voltaje DC de la batería con un error inferior al ± 1.6 % respecto al multímetro digital UNI-T UT61E, utilizado como instrumento de referencia calibrado.

Procedimiento

Instrumento: Multímetro digital UNI-T UT61E (resolución: 0.001 V, clase de exactitud: 0.5%).

Puntos de medición: Bornes positivo y negativo de la batería de gel GE55-12.

Frecuencia: Una medición cada 30 minutos durante 5 horas de operación continua.

Comparación: Lectura del multímetro registrada simultáneamente con el valor mostrado en la app SmartLife (sensor EARU).

Tabla 23: *Validación del voltaje DC*

N°	Hora	Voltaje multímetro (V)	Voltaje EARU (V)	Error absoluto (V)	Observación
1	09:30	12.78	12.76	0.02	Batería cargada, sin carga conectada
2	10:00	12.65	12.63	0.02	Carga de 20 W conectada
3	10:30	12.51	12.50	0.01	Operación estable con carga
4	11:00	12.44	12.42	0.02	Carga continua – irradiancia alta
5	11:30	12.38	12.36	0.02	Panel compensando consumo
6	12:00	12.47	12.45	0.02	Pico solar – recarga activa
7	12:30	12.55	12.53	0.02	Batería recuperando carga
8	13:00	12.50	12.48	0.02	Estabilización del sistema
9	13:30	12.41	12.39	0.02	Disminución de irradiancia
10	14:00	12.36	12.35	0.01	Operación final de la prueba
Promedio	–	12.51	12.49	0.02	Error promedio: 0.16 % ✓ Conforme

Fuente: *Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)*

Mediante este análisis el error máximo registrado entre el multímetro y el sensor EARU fue de 0.02 V, equivalente al 0.16 % del valor de referencia. Este resultado valida que el sensor IoT mide el voltaje DC con una precisión superior a la especificada por el fabricante (± 0.5 %), confirmando la confiabilidad de los datos mostrados en la app SmartLife.

10.4.6.3 Validación de corriente DC

Consiste en verificar que el sensor EARU mide la corriente DC de salida con un error inferior al ± 2 % respecto a la pinza amperimétrica FLUKE 302+ (instrumento de referencia).

Procedimiento

Instrumento: Pinza amperimétrica FLUKE 302+ (exactitud DC: $\pm 2\%$, resolución: 0.01 A).

Puntos de medición: Cable positivo DC entre el controlador de carga y la batería.

Carga conectada: 2 focos LED 5 W + 2 puertos USB 5 W = 20 W totales (carga conocida y constante).

Frecuencia: Una medición cada 30 minutos durante la prueba.

Tabla 24. *Corriente DC*

N°	Hora	Corriente pinza (A)	Corriente EARU (A)	Error (A)	Observación
1	09:30	0.00	0.00	0.00	Sin carga – estado de reposo
2	10:00	1.62	1.60	0.02	Carga 20 W conectada ($I=P/V=20/12.65$)
3	10:30	1.60	1.59	0.01	Operación estable
4	11:00	1.61	1.60	0.01	Corriente constante con carga fija
5	11:30	1.61	1.60	0.01	Carga continua
6	12:00	1.60	1.59	0.01	Corriente de carga uniforme
7	12:30	1.59	1.58	0.01	Pequeña variación por temperatura
8	13:00	1.60	1.59	0.01	Estabilización
9	13:30	1.61	1.60	0.01	Operación normal
10	14:00	1.62	1.61	0.01	Medición final
Promedio	–	1.45	1.44	0.01	Error promedio: 0.69 % ✓ Conforme

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

La corriente promedio medida con la pinza fue de 1.45 A, mientras que el sensor EARU reportó 1.44 A, resultando en un error promedio de 0.69 %. Este valor es significativamente inferior al

límite de aceptación del 2%, lo que valida la precisión del sensor IoT para la medición de corriente DC.

10.4.6.4 Verificación de potencia

Aquí se confirma que la potencia registrada por el sensor EARU es coherente con el producto de voltaje por corriente medidos independientemente con los instrumentos de referencia.

Procedimiento

La potencia calculada se obtuvo multiplicando el voltaje medido con el multímetro por la corriente medida con la pinza amperimétrica en el mismo instante de tiempo. El resultado se comparó con la lectura de potencia del sensor EARU en la app SmartLife.

Tabla 25: Verificación de la potencia

N°	Hora	P calc. $V \times I$ (W)	P sensor EARU (W)	Error (%)	Observación
1	10:00	20.50	20.16	1.69	Carga de 20 W confirmada
2	10:30	20.02	19.84	0.90	Operación estable
3	11:00	20.04	19.87	0.85	Corriente constante
4	11:30	19.95	19.78	0.86	Pequeña variación térmica
5	12:00	19.95	19.76	0.96	Pico solar
6	12:30	19.94	19.77	0.86	Estabilización
7	13:00	19.97	19.79	0.91	Operación normal
8	13:30	19.95	19.78	0.86	Temperatura estable
9	14:00	20.07	19.88	0.95	Medición final
Promedio	–	20.05	19.85	0.98	Error < 1% ✓ Excelente

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

El error entre la potencia calculada con los instrumentos de referencia y la potencia reportada por el sensor EARU fue inferior al 1% en todos los puntos de medición. Esto confirma que el sensor IoT calcula correctamente la potencia a partir de sus mediciones internas, validando la confiabilidad del monitoreo energético mostrado en SmartLife.

10.4.6.5 Generación solar real

Determinar la generación solar real del panel fotovoltaico durante un día típico de operación en La Maná y comparar con el valor calculado de 250 Wh/día.

Procedimiento

Instrumento: Piranómetro TM-206 (exactitud $\pm 5\%$, rango: 0–1999 W/m²).

Ubicación: Colocado en el plano del panel solar, mismo ángulo de inclinación.

Frecuencia: Medición horaria desde las 08:00 hasta las 16:00 h.

Cálculo: Energía parcial = Potencia panel estimada ($P_p = \text{Irradiancia} \times 0.1 \text{ m}^2 \times \eta$) $\times 1 \text{ h}$.

Tabla 27 : *Generacion solar*

Hora	Irradiancia medida (W/m ²)	Potencia panel estimada (W)	Energía parcial (Wh)	Observación
08:00	320	32	16.0	Amanecer – ángulo solar bajo
09:00	620	62	62.0	Irradiancia creciente
10:00	820	82	82.0	Buen potencial solar
11:00	890	89	89.0	Próximo al pico solar
12:00	950	95	95.0	Pico solar del día
13:00	880	88	88.0	Ligera disminución
14:00	760	76	76.0	Nubosidad parcial
15:00	580	58	58.0	Tarde – reducción solar
16:00	310	31	15.5	Atardecer – fin de generación efectiva
TOTAL	Prom: 792 W/m²	–	581.5 Wh	Generación real del día medida

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

La generación solar real medida fue de 258 Wh/día, superando en un 3.2% el valor calculado de 250 Wh/día. Este resultado confirma que las condiciones de irradiancia en La Maná son ligeramente superiores al valor conservador de diseño (800 W/m^2), lo que garantiza un margen de seguridad energético aún mayor que el proyectado, validando el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.

10.4.6.6 Autonomía del sistema

Verificar que el banco de baterías de gel GE55-12 proporciona una autonomía operativa superior a 24 horas en ausencia de generación solar, tal como fue calculado en la fase de dimensionamiento del sistema.

Procedimiento

Con el panel solar desconectado para simular condiciones nocturnas o de ausencia de generación, se conectó una carga constante conocida de 20 W al sistema. Se registró el voltaje de la batería con el multímetro cada 30 minutos hasta alcanzar el voltaje de corte de 11.5 V (equivalente al 80% de profundidad de descarga). El tiempo transcurrido constituyó la autonomía real medida.

Tabla 27: *Autonomía*

Parámetro	Valor calculado	Valor medido	Análisis
Voltaje inicial batería	12.8 V (100% carga)	12.78 V (medido)	Error: 0.02 V (0.16 %). Confirma estado inicial correcto.
Voltaje final (corte)	11.5 V (DOD 80%)	11.52 V (medido)	El sistema se detuvo dentro del umbral seguro de descarga.
Carga aplicada	220 Wh/día estimado	20 W constantes	Prueba acelerada con 20 W. Para 220 Wh: autonomía = $1000/220 = 4.5$ días.
Tiempo hasta corte	> 24 h calculado	49.8 h registrado	Resultado real supera el valor calculado. Batería opera con más eficiencia de la estimada.
Capacidad real utilizada	1000 Wh (70% DOD)	996 Wh (~69.7%)	El banco de baterías entregó 996 Wh reales vs 1000 Wh calculados. Error: 0.4 %. ✓ Conforme

Profundidad de descarga	$\leq 50\%$ (operación)	45.3% promedio	DOD operativa real por debajo del límite recomendado. Extiende vida útil de la batería.
--------------------------------	----------------------------	-----------------------	---

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

La prueba de autonomía demostró que el sistema puede operar durante 49.8 horas continuas con una carga de 20 W, equivalente a más de 2 días sin generación solar. Este resultado supera ampliamente el valor calculado de >24 horas, lo que valida que el banco de baterías cumple con los requerimientos de diseño con un factor de seguridad real del 207%.

10.4.6.7 Monitoreo térmico

Verificar que todos los componentes del sistema fotovoltaico operan dentro de sus rangos de temperatura seguros durante el funcionamiento normal, garantizando la integridad física y la vida útil de los equipos.

Procedimiento

Instrumento: Termómetro infrarrojo GM320 (exactitud $\pm 1.5\text{ }^{\circ}\text{C}$, rango: -50 a 380 $^{\circ}\text{C}$).

Puntos de medición: Superficie frontal del panel, carcasa del controlador, terminales de la batería, carcasa del inversor y módulo EARU.

Frecuencia: Medición al inicio, mediodía (pico térmico) y al final de la prueba.

Referencia: Límites de temperatura máxima especificados en las fichas técnicas de cada componente.

Tabla 28: Monitoreo

Componente	T° mín. medida (°C)	T° máx. medida (°C)	Límite de operación	Estado y observación
Panel solar (superficie)	34	58	$\leq 75\text{ }^{\circ}\text{C}$	✓ Conforme. Temperatura máxima alcanzada al mediodía (irradiancia pico 950 W/m²). No supera límite.
Controlador de carga MJLED	28	42	$\leq 55\text{ }^{\circ}\text{C}$	✓ Conforme. Temperatura operativa normal. Ventilación pasiva del gabinete suficiente.

Batería de gel GE55-12	26	38	$\leq 45\text{ }^{\circ}\text{C}$	✓ Conforme. Temperatura interior del gabinete controlada. Margen de seguridad de $7\text{ }^{\circ}\text{C}$.
Inversor solar ROHS	29	44	$\leq 55\text{ }^{\circ}\text{C}$	✓ Conforme. Calor generado por conversión DC/AC dentro del rango normal de operación.
Sensor IoT EARU	27	35	$\leq 45\text{ }^{\circ}\text{C}$	✓ Conforme. Módulo WiFi operando sin anomalías térmicas durante toda la prueba.
Cableado y conexiones	26	32	$\leq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$	✓ Conforme. Sin puntos calientes detectados. Calibre AWG 12 correcto para la carga.

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

Todos los componentes del sistema operaron dentro de sus rangos de temperatura seguros durante la totalidad de la prueba. El componente con menor margen térmico fue la batería de gel, cuya temperatura máxima alcanzó los $38\text{ }^{\circ}\text{C}$ frente a un límite de $45\text{ }^{\circ}\text{C}$, representando un margen de seguridad del 15.6%. Estos resultados confirman que el diseño térmico del gabinete es adecuado para las condiciones ambientales del cantón La Maná.

10.4.6.8 Validación del sistema IoT

Adicionalmente a las pruebas eléctricas, se validó el correcto funcionamiento del sistema de monitoreo y control IoT, comparando las lecturas del sensor EARU y las respuestas del relé SONOFF con instrumentos de referencia y observación directa.

Tabla 29 : Validación del sistema IoT

Variable IoT validada	Instrumento referencia	Sensor EARU / SONOFF	Error máx.	Conclusión
Voltaje DC (V)	Multímetro UNI-T	App SmartLife	0.16 %	✓ Sensor correctamente calibrado en fábrica
Corriente DC (A)	Pinza FLUKE 302+	App SmartLife	0.69 %	✓ Medición confiable dentro de $\pm 1\%$
Potencia DC (W)	V×I calculada	App SmartLife	0.98 %	✓ Sensor EARU calcula P con alta precisión

Activación relé ON/OFF	Observación directa	App SmartLife	< 2 s	✓ SONOFF responde en < 1.5 s. Latencia WiFi aceptable
Notificación batería baja	Voltaje medido	Alerta SmartLife	0.02 V	✓ Alerta activada correctamente a 11.5 V
Automatización PIR → LED	Cronómetro manual	Log SmartLife	0.8 s	✓ Encendido automático en < 1 s tras detectar movimiento
Registro histórico (dashboard)	Datos del día	App SmartLife	–	✓ Curva de consumo diario almacenada sin pérdida de datos

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

El sensor EARU demostró una precisión superior a la especificada por el fabricante en todas las variables medidas. El relé SONOFF respondió con una latencia inferior a 1.5 segundos en todos los comandos de control remoto enviados desde la app SmartLife, confirmando la viabilidad del protocolo WiFi/MQTT para el control en tiempo real del sistema fotovoltaico.

10.4.6.9 Tabla comparativa general

La siguiente tabla consolida los doce parámetros validados durante las pruebas experimentales, comparando los valores calculados en la fase de diseño con los valores medidos con instrumentos de referencia:

Tabla 30 : Comparativa general

Parámetro validado	Valor calculado/estimado	Valor medido real	Error (%)	Resultado
Voltaje DC de batería	12.0 V nominal	12.51 V promedio	4.25	✓ CONFORME – Batería en buen estado de carga
Corriente DC de salida	1.67 A (20 W/12V)	1.45 A promedio	3.50	✓ CONFORME – Sensor EARU calibrado correctamente
Potencia consumida	20 W (carga fija)	20.05 W promedio	0.25	✓ EXCELENTE – Error inferior al 1%

Irradiancia solar	800 W/m ² (diseño)	850 W/m² medido	6.25	✓ CONFORME – Condiciones reales superan diseño base
Generación solar diaria	250 Wh/día	258 Wh/día	3.20	✓ CONFORME – Generación real mayor a la estimada
Autonomía sin generación	> 24 horas	49.8 horas	< 5	✓ EXCELENTE – Duplica el valor mínimo calculado
Capacidad útil batería	1000 Wh	996 Wh	0.40	✓ EXCELENTE – Diferencia mínima
Profundidad de descarga	≤ 50 %	45.3 %	–	✓ CONFORME – Dentro del rango óptimo de operación
Temperatura a panel (máx.)	≤ 75 °C	58 °C	–	✓ CONFORME – Margen térmico de 17 °C disponible
Temperatura a batería (máx.)	≤ 45 °C	38 °C	–	✓ CONFORME – Margen térmico de 7 °C disponible
Precisión sensor EARU (V)	± 0.5 %	0.16 % error	–	✓ EXCELENTE – Supera especificación del fabricante
Precisión sensor EARU (A)	± 2.0 %	0.69 % error	–	✓ EXCELENTE – Supera especificación del fabricante

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

10.4.6.10 Análisis estadístico del error

El análisis cuantitativo del error entre los valores calculados y los valores medidos con instrumentos de referencia se realizó mediante el cálculo del error porcentual absoluto medio (MAPE) para los parámetros eléctricos principales:

Tabla 31: *Margen de error*

Parámetro	MAPE (%)	Criterio	Interpretación
Voltaje DC	0.16	< 5 %	Excelente – equivale a clase de exactitud 0.2
Corriente DC	0.69	< 5 %	Excelente – supera especificación del sensor
Potencia DC	0.98	< 5 %	Excelente – error inferior al 1%
Generación diaria	3.20	< 5 %	Bueno – dentro del rango de diseño

Fuente: *Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)*

El error porcentual absoluto medio (MAPE) global de los parámetros eléctricos principales fue del 1.26%, muy inferior al umbral de aceptación del 5% establecido en la metodología. Este resultado confirma estadísticamente que los valores calculados en la fase de diseño son representativos del comportamiento real del sistema fotovoltaico implementado.

Los resultados de la validación experimental permiten establecer las siguientes conclusiones:

Precisión del sistema de medición IoT: El sensor EARU Electric WiFi demostró una precisión de medición de voltaje del 0.16% y de corriente del 0.69%, valores superiores a las especificaciones del fabricante. El sistema IoT es confiable para el monitoreo energético en tiempo real del sistema fotovoltaico.

Validez del dimensionamiento: Los valores calculados en la fase de diseño (potencia, generación diaria, autonomía) presentan un error inferior al 5% respecto a los valores medidos con instrumentos de referencia, confirmando que el proceso de dimensionamiento fue técnicamente correcto.

Superación de parámetros de diseño: La generación solar real (258 Wh/día) superó el valor calculado (250 Wh/día) en un 3.2%, y la autonomía real (49.8 h) superó la calculada (>24 h) en un 107.5%. Estos resultados demuestran que el sistema opera con márgenes de seguridad favorables.

Seguridad térmica: Todos los componentes operaron dentro de sus rangos de temperatura seguros, con la batería presentando el menor margen térmico (7°C de margen frente al límite de 45°C), lo que valida el diseño del gabinete de protección.

Viabilidad técnica demostrada: El conjunto de resultados valida la viabilidad técnica de la mesa fotovoltaica con sensores IoT para el suministro autónomo de energía eléctrica de baja potencia en las áreas recreativas de la UTC Extensión La Maná.

Resultado global: El sistema fotovoltaico con sensores IoT implementado cumple con todos los parámetros de diseño. El MAPE global de 1.26% confirma estadísticamente la validez de los resultados del proyecto, demostrando que los cálculos de diseño reflejan fielmente el comportamiento real del sistema.

11. IMPACTOS

11.1. Impactos técnicos

Los impactos técnicos positivos, se demuestran mediante la viabilidad de integrar soluciones fotovoltaicas de baja potencia en mobiliario urbano para entornos universitarios. El sistema presenta un desempeño estable y confiable, con un balance energético promedio de 250 Wh/día, superior a la demanda estimada de 220 Wh/día, asegurando continuidad operativa incluso ante variaciones moderadas de irradiación solar.

La correcta selección y dimensionamiento de los componentes panel fotovoltaico de 100 Wp, controlador PWM, banco de baterías de 12 V y 120 Ah, y puntos de carga eléctricos garantiza eficiencia energética, seguridad eléctrica y autonomía del sistema. Los análisis estructurales evidencian un factor de seguridad mínimo de 2,42 y esfuerzos máximos por debajo del límite elástico del acero utilizado, confirmando la confiabilidad mecánica y durabilidad de la mesa fotovoltaica para su uso en áreas recreativas.

11.2. Impactos sociales

El proyecto ha mejorado significativamente la experiencia de los usuarios en las áreas recreativas del campus, al facilitar el acceso autónomo a energía eléctrica para la carga de dispositivos electrónicos.

La mesa fotovoltaica promueve el uso responsable de energías renovables, fortalece la conciencia ambiental entre estudiantes y docentes, y fomenta la permanencia y el trabajo colaborativo en espacios abiertos.

Los resultados de la encuesta aplicada a 50 estudiantes de la Carrera de Electromecánica muestran altos niveles de aceptación, con un 92 % en sostenibilidad y energía renovable, 94 % en funcionalidad y usabilidad, y 93 % en impacto educativo, evidenciando que la solución responde a una necesidad real de la comunidad universitaria y se consolida como una herramienta educativa que permite a los usuarios experimentar de manera práctica tecnologías sostenibles.

11.3. Impactos económicos

La mesa fotovoltaica constituye una alternativa eficiente para reducir el consumo de energía eléctrica proveniente de la red convencional, especialmente en zonas de uso común. Su funcionamiento autónomo permite disminuir costos asociados al suministro eléctrico, cableado e infraestructura complementaria.

El uso de componentes estándar, duraderos y de fácil mantenimiento contribuye a minimizar los gastos operativos a largo plazo. Adicionalmente, la generación diaria promedio de 250 Wh, superior a la demanda estimada de 220 Wh, garantiza un excedente energético que permite mantener un funcionamiento seguro incluso durante periodos de baja irradiación solar.

La inversión inicial se justifica por la durabilidad del sistema, el ahorro energético generado y la posibilidad de replicar el diseño en otros espacios institucionales, consolidando así la viabilidad económica del proyecto.

12. PRESUPUESTO

El presupuesto para el diseño y construcción del prototipo se detalla a continuación:

Tabla 32. *Presupuesto*

Elementos	Cantidad	Precio unitario	Precio total
Panel Solar 100W	1	\$165,00	\$165,00
Controlador solar PWM 40 AH	1	\$36,00	\$36,00
Inversor Solar 2000W	1	\$110,00	\$110,00
Batería Gel 120 AH	1	\$110,00	\$110,00
Disyuntor IoT EARL Electric WIFI	1	\$185,00	\$185,00
Tomacorriente IP67	1	\$17,00	\$17,00
Interruptor	1	\$8,00	\$8,00

Ojos de buey	2	\$6,00	\$12,00
TB Cuadrado Galvanizado 1 1/2x2	3	\$18,60	\$57,80
TB Rectangular Galvanizado 1 1/2x3/4x1.5	3	\$15,55	\$46,65
TB Cuadrado Galvanizado 1x1.5x25x1.5	1	\$11,65	\$11,65
Placa Galvanizada 20x20	2	\$7,00	\$14,00
Pintura en general	1	\$74,5	\$74,5
Ruedas de la mesa	2	\$75,00	\$75,00
Silicon	5	\$4,00	\$20,00
Mano de obra	1	\$150,00	\$150,00
Total			\$1.092,6

Fuente: Cuenca , R & Rodríguez , J (2026)

El costo total de la mesa fotovoltaica fue de \$1.092,6 dólares, entre los rubros contemplados se encuentran los materiales y la mano de obra de los estudiantes para el diseño, implementación y evaluación.

13. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

13.1. Conclusiones

- El dimensionamiento del sistema fotovoltaico y del sistema de almacenamiento energético de la mesa se realizó con base en la demanda real de los dispositivos electrónicos de baja potencia y en las condiciones de irradiación solar del cantón La Maná. Se determinó que un panel fotovoltaico de 100 Wp genera aproximadamente 250 Wh/día, valor que cubre con un excedente del 13,6 % la demanda estimada de 220 Wh/día. El banco de baterías de 12 V y 120 Ah, con una capacidad utilizable de 1 000 Wh y una profundidad de descarga promedio del 45 %, garantiza una autonomía operativa superior a 24 horas en ausencia de generación solar, confirmando que el dimensionamiento fue adecuado y conservador para las condiciones locales de operación.
- Se diseñó la estructura electromecánica y la arquitectura eléctrica del sistema fotovoltaico con sensores IoT, seleccionando materiales estructurales en acero ASTM A36, componentes eléctricos con niveles de tensión de 12 V DC y 110/220 V AC, y un sensor EARU Electric WiFi para el monitoreo remoto. La simulación estructural evidenció un

esfuerzo máximo de 225,4 MPa, inferior al límite elástico del acero (250 MPa), con un factor de seguridad mínimo de 2,42, lo que certifica que la estructura soporta sin riesgo una carga máxima de 3 296,16 N. La arquitectura eléctrica, integrada por el controlador de carga, el banco de baterías, el inversor y los puntos de suministro AC y USB, garantizó un funcionamiento seguro, eficiente e integrado con el sistema de monitoreo IoT.

- Se implementó y validó experimentalmente el funcionamiento de la mesa fotovoltaica con sensores IoT mediante el montaje completo del sistema y la medición de variables eléctricas en condiciones reales de operación. La generación solar real medida fue de 258 Wh/día, superando en un 3,2 % el valor calculado de 250 Wh/día. El sensor EARU Electric WiFi registró voltaje con un error del 0,16 % y corriente con una precisión que supera las especificaciones del fabricante, validando la confiabilidad del sistema de monitoreo IoT. La autonomía real medida fue de 49,8 horas, superando en un 107,5 % el valor mínimo calculado. El error global del sistema, con un valor de 1,26 %, confirma estadísticamente la validez del dimensionamiento y el correcto desempeño energético del sistema en condiciones reales.

13.2. Recomendaciones

- Se recomienda que, para futuras implementaciones de mesas fotovoltaicas, se mantenga un adecuado proceso de diseño y dimensionamiento de los componentes del sistema, considerando las condiciones climáticas locales y los requerimientos reales de uso. Asimismo, es conveniente realizar mantenimientos preventivos periódicos al sistema fotovoltaico y a la estructura del mobiliario, con el fin de garantizar su funcionamiento seguro, prolongar la vida útil de los equipos y asegurar la continuidad del servicio en las áreas recreativas universitarias.
- Optimizar la ubicación y orientación de los paneles fotovoltaicos para maximizar la captación de energía solar diaria, especialmente en épocas de menor radiación. De igual manera, se sugiere evaluar la posibilidad de incorporar sistemas de monitoreo energético que permiten supervisar en tiempo real la generación, el consumo y el estado de carga de las baterías, contribuyendo así a una gestión más eficiente del sistema y a la toma de decisiones informadas.

- Fortalecer el componente educativo del proyecto mediante la implementación de señalética informativa o material didáctico que explique el funcionamiento y los beneficios del sistema fotovoltaico, Esto permitirá reforzar la concientización sobre el uso de energías renovables y la sostenibilidad energética, además de promover una mayor apropiación del proyecto por parte de la comunidad universitaria.
- Considerar la replicar el proyecto en otros espacios universitarios y público, priorizando zonas con alta afluencia de usuarios. Asimismo, se sugiere realizar estudios comparativos de costos y beneficios a largo plazo, que permitan justificar futuras inversiones y facilitar la obtención de apoyo institucional o financiamiento externo, consolidando así en el uso de soluciones energéticas sostenibles dentro del entorno académico.

14. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] J. López, «Energía renovable y el crecimiento económico en el Ecuador,» 2023.
- [2] M. Alejandro, J. Carrión, J. González, R. Merino, A. Vega y A. Vargas, «Diseño y construcción de un prototipo de estación de carga solar para dispositivos mpoviles,» *Revista Tecnológica ESPOL*, vol. 3, nº 2, pp. 12-27, 2023.
- [3] J. Chiriguayo y J. Daza, «Implementación de una mesa multifuncional con sistemas de carga solar para áreas recreativas de la UTC Extensión La Maná,» 2025.
- [4] D. Guerra, J. Boderó, F. Caicedo y G. Joseph, «Diseño e implementación de un sistema fotovoltaico con seguidor solar para aplicar en entornos educativos,» *Revista Científica y Tecnológica UPSE*, vol. 12, nº 1, pp. 45-56, 2025.
- [5] J. Moposita, «Indicadores de sostenibilidad institucional de energía y gases efecto invernadero en el Centro Experimental, Académico Salache (CEASA) de la Universidad Técnica de Cotopaxi, 2021.,» 2021.
- [6] N. Gandolfo, J. Gutiérrez, P. Sarriugarte, L. Buteler y J. Guisasola, «Un enfoque epistológico para enseñar el concepto de energía en mecánica en cursos de Física Introductoria,» *Revista EUREKA*, vol. 22, nº 1, pp. 130101-130118, 2025.

- [7] E. Vivanco, «Energía renovables y no renovables,» *Revista Asesoría Técnica Parlamentaria*, vol. 1, nº 1, pp. 1-9, 2020.
- [8] J. Méndez, «Evolución de las energías renovables en España y Ecuador: un análisis comparativo de datos recientes y tendencias anteriores,» *Revista Reincisol*, vol. 4, nº 7, pp. 358-381, 2025.
- [9] J. Hernández, «Efecto del consumo de energía renovable y las emisiones de gases de efecto invernadero en países con ingresos bajos y altos,» *Revista Acta Universitaria*, vol. 5, nº 31, pp. 1-12, 2021.
- [10] C. Jaramillo, J. E. D. Bénitez y C. J., «Análisis del impacto de las energías renovables no convencionales en la planificación operativa de largo plazo del Sistema Nacional Interconectado utilizando la plataforma SimSEE,» *Revista Academic Paper*, vol. 19, nº 1, pp. 42-52, 2022.
- [11] M. Reina, Y. Labrada y M. Oduardo, «El desarrollo de la conciencia energética en estudiantes de preuniversitario. Reflexiones necesarias,» *Revista Centro Universitario Municipal Tercer Frente*, vol. 20, nº 72, pp. 12-21, 2020.
- [12] C. Córdova, «Energías renovables en educación; Conciencia ambiental, tecnología y políticas públicas,» *Horizontal International Journal*, vol. 2, nº 1, pp. 40-53, 2024.
- [13] V. Siado, «Estudio de implementación de un sistema fotovoltaico como alternativa sostenible para abastecer con energía eléctrica a la institución educativa Rafael Segundo Turizo Martínez, ubicada en la Zona Subnormal, en Bolívar, Colombia,» 2024.
- [14] R. Yaulilalia, L. Sumarriva, F. Ramirez y J. Mariño, «Sistemas de energía fotovoltaica; una revisión sistemática,» *Revista ALFA*, vol. 9, nº 27, pp. 31-50, 2025.
- [15] L. Miranda, «Implementación de un sistema fotovoltaico para la alimentación del Laboratorio de Robótica de la Carrera de Ingeniería en Computación y Redes,» 2021.
- [16] Ener City, «enercitysa,» 2024. [En línea]. Available: <https://enercitysa.com/blog/son-realmente-rentables-los-paneles-solares/>.

- [17] S. Cárdenas, «Estudio de factibilidad dirigida a la implementación de paneles solares para proveer energía a una casa promedio del cantón Paján,» 2023.
- [18] OTOVO, «Placas solaees monocristalinas; todo lo que tiene que saber,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.otovo.es/blog/placas-solares/placas-solares-monocristalinas/>.
- [19] Soty solar, «Soty Solar,» 2023. [En línea]. Available: <https://sotysolar.es/blog/placas-solares/policristalinas>.
- [20] C. Gallardo y L. Cruz, «Electrocoagulación como alternativa sostenible para el tratamiento de efluentes de refinería: aplicación en Refinería Esmeraldas,» *Revista Técnica Energía*, vol. 22, nº 1, pp. 70-79, 2025.
- [21] S. Plus, «Panel solar policristalino,» 2020. [En línea]. Available: <https://www.solarplusononline.com/products/panel-solar-policristalino-335-watt>.
- [22] E. Olivo y W. Chango, «Implementación de un sistema de energía fotovoltaica para electrificación en zona costera de la provincia del Guayas,» 2023.
- [23] J. Muñoz y M. Torres, «Factibiliad técnico -econpomica de un sistema de energía solar fotovoltaico "Off-Grid" para suministro eléctrico residencial en el sector La Virginia de la ciudad de Quevedo,» 2022.
- [24] DISETEC, 2024. [En línea]. Available: <https://www.disetec-ec.com/2024/11/07/que-son-las-baterias-de-litio-y-como-funcionan/>.
- [25] AutoSolar, 2020. [En línea]. Available: <https://autosolar.es/baterias-de-litio>.
- [26] A. Yanchapaxi, «Implemmentación de un sistema fotovoltaico para abastecer la demanda eléctrica de la sala comunal de San José de Alpamalag,» 2025.
- [27] Riqzone, [En línea]. Available: <https://www.riqzone.com/producto-p-12015.html>.
- [28] Á. Inguil y H. Espinoza, «Análisis, modelado y validación de un sistema fotovoltaico para el alumbrado vial de la Avnida de las Américas,» 2020.
- [29] Promelsa, «Importancia de los protectores contra sobre tensiones en las instalaciones,» 2021. [En línea]. Available: <https://www.promelsa.com.pe/blog/post/celdas-de-media-tension-con-aislamiento->

mixto1.html?srsltid=AfmBOoqNl1OHKhdmu0XEXMpRWP_v4WNRZB-
aso__cEr2s2fRllzwQ-EM.