



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INGENIERIA
CARRERA ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES

Diseño e implementación de un método de control y monitoreo de la temperatura en paneles solares mediante la integración de un sistema Scada para mejorar su eficiencia.

Trabajo de Titulación para optar al título de Ingeniero en Electrónica y Telecomunicaciones

Autor:

Carrillo Flores, Yessenia Carrillo

Portilla Melo, Pablo Fernando

Tutor:

MgSc. José Luis Jinez Tapia

Riobamba, Ecuador. 2025

DERECHOS DE AUTORÍA

Nosotros, **Yessenia Lizbeth Carrillo Flores**, con cédula de ciudadanía **1805386677** y **Pablo Fernando Portilla Melo**, con cédula de ciudadanía **1753100344** autores del trabajo de investigación titulado: **Diseño e implementación de un método de control y monitoreo de la temperatura en paneles solares mediante la integración de un sistema SCADA para mejorar su eficiencia**, certifico que la producción, ideas, opiniones, criterios, contenidos y conclusiones expuestas son de nuestra exclusiva responsabilidad.

Asimismo, cedo a la Universidad Nacional de Chimborazo, en forma no exclusiva, los derechos para su uso, comunicación pública, distribución, divulgación y/o reproducción total o parcial, por medio físico o digital; en esta cesión se entiende que el cesionario no podrá obtener beneficios económicos. La posible reclamación de terceros respecto de los derechos de autor (a) de la obra referida, será de mi entera responsabilidad; librando a la Universidad Nacional de Chimborazo de posibles obligaciones.

En Riobamba, 13 de octubre del 2025.



Yessenia Lizbeth Carrillo Flores

C.I: 1805386677



Pablo Fernando Portilla Melo

C.I:1753100344

DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR

Quien suscribe, Mgs. José Luis Jinez Tapia, catedrático adscrito a la Facultad de Ingeniería por medio del presente documento certifico haber asesorado y revisado el desarrollo del trabajo de investigación **“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO DE CONTROL Y MONITOREO DE LA TEMPERATURA EN PANELES SOLARES MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR SU EFICIENCIA”**, bajo la autoría de **Yessenia Lizbeth Carrillo Flores y Pablo Fernando Portilla Melo**; por lo que se autoriza ejecutar los trámites legales para su sustentación.

En todo cuanto informo en honor a la verdad; en Riobamba, a los 13 días del mes de octubre del año 2025.



Mgs. José Luis Jinez Tapia
TUTOR

CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL

Quienes suscribimos, catedráticos designados miembros del tribunal de grado para la evaluación del trabajo de investigación Diseño e implementación de un método de control y monitoreo de la temperatura en paneles solares mediante la integración de un sistema Scada para mejorar su eficiencia, presentado por Yessenia Lizbeth Carrillo Flores, con cédula de identidad número 1805386677 y Pablo Fernando Portilla Melo, con cedula de identidad número 1753100344, bajo la tutoría de José Luis Jinez Tapia Mg; certificamos que recomendamos la APROBACIÓN de este con fines de titulación. Previamente se ha evaluado el trabajo de investigación y escuchada la sustentación por parte de su autor; no teniendo más nada que observar.

De conformidad a la normativa aplicable firmamos, en Riobamba 13 de octubre del 2025.

Presidente del Tribunal de Grado
Ph.D. Leonardo Fabian Renteria
Bustamante

Firma



Miembro del Tribunal de Grado
Dr. Ciro Diego Radicelli Garcia

Firma



Miembro del Tribunal de Grado
Dr. Manuel Antonio Meneses Freire

Firma



CERTIFICACIÓN

Que, **CARRILLO FLORES YESSENIA LIZBETH** con CC:**1805386677**, estudiante de la Carrera **ELECTRONICA Y TELECOMUNICACIONES**, Facultad de **INGENIERIA**; ha trabajado bajo mi tutoría el trabajo de investigación titulado" **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÉTODO DE CONTROL Y MONITOREO DE LA TEMPERATURA EN PANELES SOLARES MEDIANTE LA INTEGRACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA MEJORAR SU EFICIENCIA**", cumple con el 6 %, de acuerdo al reporte del sistema Anti plagio **COMPILATIO**, porcentaje aceptado de acuerdo a la reglamentación institucional, por consiguiente autorizo continuar con el proceso.

Riobamba, 15 de julio de 2025



Escrito electrónicamente por
**JOSE LUIS JINEZ
TAPIA**
Validar únicamente con Foru@EC

Ing. José Luis Jinez Tapia MsC
TUTOR TRABAJO DE INVESTIGACION

DEDICATORIA

Este trabajo de tesis quiero dedicarlo, con todo mi corazón, a las personas que han sido mi sostén, mi impulso y mi compañía a lo largo de este desafiante pero gratificante camino.

A mi madre, quien ha sido mi ejemplo de fortaleza y dedicación. Gracias por estar siempre pendiente de mí, por cada palabra de aliento, cada gesto de cariño y por enseñarme a no rendirme jamás, incluso en los momentos más difíciles.

A mi hermana Noemí, por ser ese apoyo incondicional que nunca me ha fallado, por tu confianza en mí y por recordarme siempre que soy capaz de lograr todo lo que me proponga. También extendiendo mi agradecimiento a mis demás hermanas, por su compañía, comprensión y amor incondicional.

A mi novio, por estar presente en cada paso del proceso, por animarme cuando sentía que no podía más, por tu paciencia y por ser una fuente constante de motivación y ternura.

A mis tías, por creer en mí y por brindarme palabras de aliento cuando más las necesitaba.

A mi primo, por su apoyo sincero y por estar siempre dispuesto a escucharme. Y, por supuesto, a mis amigos y amigas, quienes con su cercanía, comprensión y buena energía me han ayudado a seguir adelante, incluso cuando el camino parecía más cuesta arriba.

A todos ustedes, gracias por caminar conmigo, por sostenerme y por ser parte de este logro. Esta meta alcanzada también es suya.

Con cariño y gratitud infinita.

DEDICATORIA

A lo largo del camino recorrido en esta tediosa y complicada carrera, hubo momentos de alegría exorbitante, de aprendizaje constante, pero también de dificultad, dolor, depresión y pérdida. Por ello, deseo dedicar este trabajo de titulación, con profundo respeto y sentimiento, a personas que han sido fundamentales en mi vida y en la construcción de este logro.

En primer lugar, a la memoria de mis abuelos, cuyo amor y ejemplo me acompañaron durante todo este proceso y ahora los llevo tatuados en mi piel por toda la vida. Su partida representó un momento de inmenso dolor; sin embargo, su recuerdo se convirtió en una fuente silenciosa de fortaleza. Ellos me enseñaron con su vida el valor del esfuerzo, la humildad y la responsabilidad. Este logro lleva en su esencia todo aquello que me transmitieron, y sé que, donde estén, comparten conmigo esta meta alcanzada. A mi madre, por ser el pilar más firme en mi existencia. Por su sacrificio constante, su inmenso amor y su fe incondicional en mí, incluso cuando las circunstancias se tornaban realmente difíciles. Su ejemplo de lucha y perseverancia me enseñó que no hay obstáculo imposible cuando se tiene convicción. Gracias por estar presente en cada buena o mala decisión.

A mi padre, por su apoyo constante y aunque la distancia siempre estuvo presente entre nosotros, brindarme a su manera las herramientas necesarias para crecer como persona. Su confianza y sus consejos han dejado una marca importante en mi desarrollo. Gracias por caminar conmigo a mi lado con paciencia y por motivarme a alcanzar mis metas. A mi tía Triz, que, con dedicación, ternura indescriptible y su compañía fue fundamental no solo en lo emocional, sino también en lo académico y personal. Su apoyo constante, sus palabras de aliento y su firme creencia en mis capacidades fueron determinantes para que hoy este sueño se convierta en realidad.

En poniéndome a escribir la verdad me faltarían hojas para dedicar palabras a todas esas personas que estuvieron presentes en este tiempo, además que esto no es solo el cierre de una etapa académica sino es también un homenaje a la memoria, al amor y al acompañamiento incondicional que me han sostenido hasta aquí. Gracias por ser parte de mi historia y por dejar en mí una huella imborrable. Todo lo alcanzado y lo que alcanzaré es también fruto de ustedes.

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi más profundo agradecimiento a todas las personas que hicieron posible la culminación de este proyecto de tesis, no solo con su apoyo técnico, sino con su compañía, aliento y comprensión en cada etapa del proceso.

A mi familia, a mi novio, a mis amigas y amigos, gracias por su apoyo incondicional, por estar siempre presentes en los momentos difíciles y por motivarme a seguir adelante cuando las fuerzas flaqueaban. Su cariño y confianza en mí han sido fundamentales para alcanzar esta meta.

A mi tutor, el Ingeniero José Jinez, por su constante apoyo, por estar siempre disponible y por orientarme con paciencia y compromiso durante el desarrollo de este trabajo. Su guía ha sido esencial para avanzar con seguridad y claridad.

Al Doctor Antonio Meneses, quien con su experiencia y disposición me brindó una valiosa orientación en este arduo camino académico. Gracias por sus consejos y por ayudarme a mejorar cada detalle del proyecto.

Y, por supuesto, a mi compañero de tesis Pablo Portillo. A pesar de las discusiones propias del proceso, valoro enormemente el compromiso, el esfuerzo y la dedicación que aportaste desde el inicio hasta el final. Gracias por ser parte activa y constante de este logro compartido.

A todos ustedes, gracias por creer en mí y acompañarme en esta importante etapa de mi vida.

AGRADECIMIENTO

Con la culminación de este trabajo de titulación, deseo expresar mi más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que, de una u otra forma, contribuyeron a que este exigente, pero enriquecedor proceso académico y personal llegue a buen término. A mi familia, por su respaldo incondicional a lo largo de todo este camino. A mis abuelos, por el legado de principios, esfuerzo y amor que dejaron en mí y que continúan guiando mis pasos. A mi madre, por su fuerza incansable y por ser mi pilar emocional en los momentos más complejos. A mi padre, por su guía a la distancia y por brindarme, a su manera, las herramientas para crecer. A mi tía Triz, por su presencia constante, su cariño maternal y su apoyo que trascendió todo obstáculo.

A los docentes y autoridades de la carrera de Ingeniería Electrónica y Telecomunicaciones, por su compromiso con la formación de profesional y por transmitir los conocimientos técnicos.

A todas las personas que, con una palabra de aliento, un gesto desinteresado o simplemente su presencia, me motivaron a continuar cuando el cansancio, la duda o la tristeza amenazaban con vencerme. A cada uno de ustedes: mi gratitud es sincera y eterna.

Como bien enseña el reggae, más que una música, una filosofía de vida: “el amor y la conexión con la vida misma son la fuerza que nos mantiene en pie, incluso en los tiempos difíciles.” Esta tesis también es un homenaje a esa forma de ver el mundo con esperanza, resistencia y alegría, incluso en medio del caos.

ÍNDICE GENERAL

DERECHOS DE AUTORIA	
DICTAMEN FAVORABLE DEL PROFESOR TUTOR	
CERTIFICADO DE LOS MIEMBROS DEL TRIBUNAL	
CARTIFICADO DE ANTIPLAGIO	
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTO	
INDICE GENERAL	
INDICE DE TABLAS	
INIDICE DE FIGURAS	
ABSTRACT	
CAPÍTULO I.....	18
1. INTRODUCCION.....	18
CAPÍTULO II.....	20
2. MARCO TEÓRICO	20
2.1 Energía renovable	20
2.2 Energía Eléctrica.....	20
2.3 Voltaje	20
2.4 Corriente	21
2.5 Potencia	21
2.6 Radiación.....	22
2.7 Unidad de la radiación solar	22
2.8 Iluminación.....	22
2.9 Flujo luminoso.....	22
2.10 Intensidad luminosa.....	23
2.11 Energía fotovoltaica.....	23
2.12 Sistema Fotovoltaico	23
2.13 Sistema fotovoltaico de conexión a red.....	23
2.14 Módulos fotovoltaicos	24
2.15 Celda fotovoltaica.....	24
2.16 Temperatura de la celda.....	25
2.17 Impacto de la temperatura en las variables de un panel solar	25
2.18 Sistemas de enfriamiento.....	26
2.19 Sistema SCADA.....	26
2.20 Componentes del sistema SCADA.....	27
2.21 LabVIEW.....	27
2.22 Altium Designer	28
2.23 MPLAB X IDE.....	28

2.24	Ubidots	29
CAPÍTULO III		30
3.	METODOLOGIA.....	30
3.2	Diseño de la Investigación.....	31
3.3	Técnica de recolección de datos	32
3.4	Población de estudio y tamaño de muestra.....	32
3.5	Hipótesis	33
3.6	Operación de variables	33
3.7	Método de análisis	34
3.8	Procesamiento de datos	34
3.9	Etapa inicial del proyecto diseño y sus componentes	34
3.10	Diseño del circuito del sistema.....	37
3.11	Selección de la plataforma web	49
CAPÍTULO IV		51
4.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	51
4.1	Implementación del prototipo.....	51
4.1.1	Ensamblaje de la placa principal	51
4.1.2	Placa principal ensamblada	52
4.1.3	Caja de alojamiento y distribución de conexiones	52
4.1.4	Encapsulado del circuito central.....	53
4.1.5	Sensor de Irradiancia y UV	54
4.1.6	Montaje de los sensores de temperatura	55
4.1.7	Ubicación de los sensores de corriente JDK-10-QD	55
4.1.8	Implementación del sistema de enfriamiento	56
4.1.9	Sistema electrónico montado y operativo.....	56
4.1.10	Aplicación final en LabVIEW	57
4.2	Visualización de datos	57
4.3	Pruebas y validación	58
4.4	Resultados estadísticos	58
4.4.1	Recolección de datos	58
4.4.2	Prueba de Normalidad	59
4.4.3	Planteamiento de las Hipótesis	59
4.4.3	Prueba no paramétrica de Wilcoxon.....	59
CAPÍTULO V		61
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	61
5.1	Conclusiones.....	61

5.2	Recomendaciones	61
6.	BIBLIOGRAFÍA	62
7.	ANEXOS	64

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Descripción de los componentes de una célula fotovoltaica [31]	25
Tabla 2.	Selección de las variables	33
Tabla 3.	Características del sensor termómetro infrarrojo RS845.....	35
Tabla 4.	Características de la Electroválvula.....	35
Tabla 5.	Características del sensor SM9568M	37
Tabla 6.	Análisis de Hipótesis con la prueba de normalidad de Lilliefors	59
Tabla 7.	Prueba no paramétrica de Wilcoxon.....	59

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Definición de voltaje [14].....	21
Figura 2.	Sistema fotovoltaico [25]	23
Figura 3.	Panel solar [29].....	24
Figura 4.	Estructura interna de una célula fotovoltaica [31].....	24
Figura 5.	Sistema SCADA [Autor]	27
Figura 6.	Sistema SCADA [38]	28
Figura 7.	Altium Designer [39].....	28
Figura 8.	MPLAB X IDE [41]	28
Figura 9.	Ubidots [43].....	29
Figura 10.	Diseño de la investigación.....	32
Figura 11.	Sensor de termómetro infrarrojo RS485 [52]	34
Figura 12.	Electroválvula [53]	35
Figura 13.	Sensor JDK-10-QD [55].....	36
Figura 14.	Sensor SM9568M [57]	37
Figura 15.	Sensor de irradiancia CWT-SI.....	37
Figura 16.	Fuente del circuito	38
Figura 17.	Conversores	39
Figura 18.	Microcontrolador-Mediciones	40
Figura 19.	Microcontrolador-Comunicación	41
Figura 20.	Módulo de internet	41
Figura 21.	Compuertas Lógicas	42
Figura 22.	Electroválvula.....	43
Figura 23.	Diseño funcional del sistema (Diagrama de bloque LabVIEW)	44
Figura 24.	señales de sensores	44
Figura 25.	Grafica sistema de enfriamiento	45
Figura 26.	Representación gráfica de los valores de sensores	45
Figura 27.	Tabla de datos.....	46
Figura 28.	Configuración de red y parámetros de control de la electroválvula	47
Figura 29.	Código de programación	47
Figura 30.	Código se programación.....	48
Figura 31.	Código de lectura de datos	49

Figura 32.	Graficas ubidots 	49
Figura 33.	Tabla de datos extraído de Ubidots	50
Figura 34.	Diseño del circuito- ALTIUM Designer	51
Figura 35.	Circuito impreso, con los componentes electrónicos colocados	52
Figura 36.	Vista del circuito central montado en caja impresa en 3D	53
Figura 37.	Caja de material endodérmico	54
Figura 38.	Soporte y ubicación de los sensores de UV e irradiancia.....	55
Figura 39.	Ubicación de sensores de temperatura	55
Figura 40.	Sensor de corriente JDK-10-QD	56
Figura 41.	Sistema de enfriamiento	56
Figura 42.	Ubicación del sistema.....	57
Figura 43.	Aplicación final del proyecto	57
Figura 44.	Visualización de datos obtenidos de la plataforma de LabVIEW	58

RESUMEN

Actualmente, muchas empresas han optado por implementar sistemas fotovoltaicos debido al ahorro significativo en el pago de energía eléctrica y al suministro constante de energía renovable. Por ello, su adopción resulta esencial para la producción sostenible de electricidad, aprovechando la energía solar como recurso limpio. Estos sistemas reducen la emisión de gases contaminantes y contribuyen a los esfuerzos globales contra el cambio climático. Además, representan una inversión a largo plazo que disminuye los costos energéticos, fomenta la independencia energética y beneficia tanto al entorno como a la economía de los usuarios.

Esta tesis se enfoca en el diseño de un método de control de temperatura para un sistema fotovoltaico, con el fin de optimizar su eficiencia energética y prolongar su vida útil. Dado que el sobrecalentamiento afecta el rendimiento de los paneles, se implementaron técnicas de enfriamiento que previenen daños, mejoran el funcionamiento y reducen costos de mantenimiento y reemplazo. Además, se propone un modelo aplicable a futuras investigaciones, promoviendo nuevas tecnologías de control térmico en paneles solares y dispositivos similares.

Durante el desarrollo del proyecto se realizaron análisis estadísticos y mediciones en tiempo real. Se efectuaron pruebas bajo alta irradiancia en dos grupos: uno con sistema de enfriamiento y otro sin él. Los datos obtenidos mostraron resultados favorables. Asimismo, se implementó exitosamente un sistema SCADA, lo que demuestra la importancia de integrar tecnologías avanzadas para mejorar el rendimiento y la eficiencia del sistema.

Palabras clave: Irradiancia, consumo eléctrico, sistema fotovoltaico, SCADA.

ABSTRACT

Currently, many companies have chosen to implement photovoltaic systems due to the significant savings on electricity bills and the constant supply of renewable energy. Therefore, their adoption is crucial for the sustainable production of electricity by harnessing solar energy as a clean energy source. These systems help reduce greenhouse gas emissions and contribute to global efforts to combat climate change. Additionally, they represent a long-term investment that reduces energy costs, promotes energy independence, and benefits both the environment and the users' financial well-being. This study focuses on the design of a temperature control method for photovoltaic systems, aiming to optimize their energy efficiency and extend their useful life. Since overheating affects panel performance, cooling techniques were implemented to prevent damage, improve functionality, and reduce maintenance and replacement costs. The proposed model also serves as a foundation for future research, encouraging the development of new thermal control technologies in solar panels and similar devices. Throughout the project, statistical analyses and real-time measurements were conducted. Tests were performed under high irradiance on two groups: one with a cooling system and another without it. The data collected showed favorable results. Additionally, a SCADA-controlled cooling system was successfully implemented, demonstrating the importance of integrating advanced technologies to enhance system performance and efficiency.

Keywords: Irradiance, electrical consumption, photovoltaic system, SCADA.



Reviewed by:
Jenny Alexandra Freire Rivera, M.Ed.
ENGLISH PROFESSOR
ID No.: 0604235036

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCION

Con el transcurso de los años, la búsqueda de nuevas fuentes de energía dio paso a la exploración de diferentes recursos para la obtención de energía, destacándose entre ellos la energía hidroeléctrica, eólica, biomasa y solar [1]. Durante mucho tiempo, la energía hidroeléctrica ha sido una de las opciones renovables más utilizadas, sobre todo por su capacidad de generar electricidad en grandes cantidades desde fuentes naturales como ríos y presas, a finales del siglo XIX se construyeron las primeras centrales hidroeléctricas en Europa y América del Norte [2]. Por otra parte, durante siglos los molinos se usaron para moler cereales o sacar agua del suelo. Ya en el siglo XIX, esta tecnología evolucionó con la creación de turbinas (energía eólica) capaces de generar electricidad [3]. Así mismo la biomasa también representa una fuente importante de energía, ya que permite aprovechar materiales orgánicos (desechos agrícolas, forestales o de la industria alimentaria) para generar energía mediante procesos como la combustión o la digestión anaeróbica, en el año 1839 el físico francés Alexandre Edmond descubrió el efecto fotovoltaico, un fenómeno que explica como ciertos materiales pueden producir electricidad al recibir luz solar. Mas adelante a mediados del siglo XX se descubrió que se puede generar electricidad con la invención de las células fotovoltaicas [4]. Finalmente, en la década de 1950 se fabricaron las primeras células solares comerciales, con la finalidad de reemplazar el suministro de energía eléctrica de la red y también que permitan cuidar el medio ambiente [5].

Las fuentes de energía alternativa juegan un papel clave en la lucha contra el calentamiento global, un fenómeno que está provocando serios impactos en el medio ambiente y en la vida en el planeta. Entre las consecuencias más notorias del calentamiento global se encuentra el cambio climático, un proceso que está alterando los patrones climáticos habituales en distintas regiones del mundo. Esto ha dado lugar a un aumento tanto en la frecuencia como en la intensidad de fenómenos meteorológicos externos, como olas de calor más prolongadas, sequías intensas, inundaciones repentinas y tormentas que con el paso del tiempo se vuelven cada vez más fuertes y destructivas [6]. También, el cambio climático tiene un fuerte impacto en la biodiversidad ya que modifica los hábitats naturales y altera las condiciones ambientales necesarias para la vida. Estos cambios pueden provocar que muchas especies de plantas y animales se vean obligadas a migrar, disminuyan en número o incluso lleguen a extinguirse, lo cual afecta directamente el equilibrio de los ecosistemas y la diversidad biológica del planeta [7]. Por esta razón, la humanidad se ha visto en la necesidad de promover e implementar proyectos destinados a la generación de energía eléctrica mediante fuentes renovables entre las que se incluyen la solar, eólica, hidráulica y la obtenida a partir de la biomasa [8].

Gracias a los avances tecnológicos, hoy en día es posible aprovechar de forma más eficiente las fuentes de energía renovable. De todas ellas, el sol sobresale como la más importante ya que su energía puede ser aprovechada de diferentes maneras, principalmente a través de paneles solares fotovoltaicos que convierten la luz solar directamente en electricidad [9].

Fabián David Linares Rojo de la institución universitaria Re acreditada en Alta Calidad de la ciudad de Medellín Colombia realizo un estudio de las diferentes tecnologías de enfriamiento que se pueden aplicar en los paneles solares fotovoltaicos, por ejemplo, enfriamiento con agua, aire, nano fluidos, tubos de calor y materiales de cambio de fase o PCM (Phase Change Material) [10]. Así mismo Diego Wladimir Herrera de la Universidad Nacional de Chimborazo de Riobamba Ecuador llevó a cabo un trabajo de tesis que propone

el diseño e implementación de un sistema de monitoreo basado en IoT, orientado al análisis de parámetros térmicos y de la calidad de la energía en una planta de generación fotovoltaica en la Facultad de Ingeniería [11].

Este trabajo de titulación se centra en el control de temperatura de un conjunto de paneles solares utilizando un sistema de enfriamiento. Para lograr este propósito, es necesario monitorear los datos recolectados mediante sensores integrados en un sistema SCADA, con el fin de optimizar la eficiencia de los paneles solares.

CAPÍTULO II.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Energía renovable

La energía renovable es un tipo de energía que proviene de fuentes naturales inagotables que se regeneran de forma continua. Algunas de estas fuentes son la energía solar, eólica, hidroeléctrica, geotérmica y la producida a partir de la biomasa. A diferencia de los combustibles fósiles, que son limitados y contribuyen a la emisión de gases de efecto invernadero, las fuentes de energía renovable son sostenibles a largo plazo y tienen un impacto ambiental menor [12].

Las energías renovables, al provenir de fuentes naturales que se regeneran constantemente, son sostenible por su propia naturaleza. Además, no producen emisiones de gases de efecto invernadero, lo que la convierte en una solución clave para hacer frente al cambio climático. A diferencia de los combustibles fósiles, que dependen de recursos finitos y contribuyen significativamente la huella de carbono, las fuentes de energía renovable ofrecen una solución a largo plazo con un impacto ambiental mucho menor. Aunque enfrentan retos como la intermitencia, los costos y la infraestructura necesaria, su capacidad para reducir la dependencia de fuentes de energías contaminantes y su potencial para producir energía limpia las hacen una opción mucho más prometedora para el futuro.

2.2 Energía Eléctrica

La corriente eléctrica se produce como resultado del movimiento de electrones a lo largo de un conductor. Gracias a este proceso, es posible hacer funcionar una gran variedad de dispositivos y sistemas que forman parte de la vida cotidiana. Asimismo, de la electricidad se puede decir que es el producto de la interacción dinámica y el movimiento de cargas eléctricas con polaridades opuestas, lo que origina distintos fenómenos físicos. La energía producida por estas cargas puede presentarse de diversas maneras: como fuerza física, luz en el campo óptico, movimiento en el ámbito mecánico, e incluso como calor en el entorno térmico [13].

Las fuentes de energía se clasifican en dos categorías principales: renovables y no renovables. Entre las renovables se encuentran las centrales hidroeléctricas, que generan electricidad aprovechando la fuerza del agua en movimiento; la energía eólica, que utiliza el viento como recurso; y la biomasa, que produce energía a partir de la combustión de materiales orgánicos como residuos agrícolas y forestales. Por su parte, las fuentes no renovables incluyen las centrales térmicas, que obtienen energía mediante la utilización de combustibles fósiles como el petróleo, el carbón y el gas natural [13].

2.3 Voltaje

También conocida como tensión eléctrica, es la cantidad de energía eléctrica potencial que está disponible por cada unidad de carga en un punto fijo de un circuito. Esta magnitud se mide en voltios (V) y es importante para entender cómo se transmite la energía dentro de un circuito eléctricos. Dicho de otra forma, se puede decir que es la diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos específicos, tal como se muestra la Figura 1 [14].

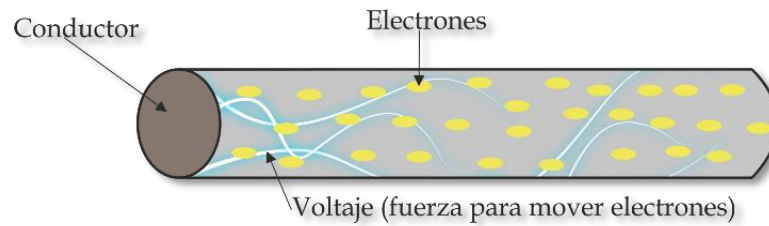


Figura 1. Definición de voltaje [14]

Según la ley de Ohm escrita por Georg Simón Ohm, donde el voltaje eléctrico es el producto de la intensidad de corriente por la resistencia [15].

$$V = I * R \quad (1)$$

Donde:

V: Voltaje [V]

I: Intensidad de corriente [I]

R: Resistencia [Ω]

2.4 Corriente

La corriente eléctrica se produce cuando las cargas eléctricas se mueven de forma continua a través de un conductor, debido a una diferencia de potencial entre dos puntos del circuito. Este flujo de corriente se mide en amperios (A), puede manifestarse de dos maneras. En un circuito de corriente continua (DC), los electrones se desplazan de manera constante siguiendo un solo sentido. En cambio, en la corriente alterna (AC), el sentido del flujo de electrones se mueve en varias direcciones. El flujo de corriente eléctrica es importante para el funcionamiento de dispositivos eléctricos y sistemas, ya que es el medio por el cual la energía se transporta y se distribuye dentro de un circuito, permitiendo que cada componente opere de forma adecuada y más que todo funcione correctamente [16].

Según la ley de Ohm escrita por Georg Simon Ohm, donde la intensidad de corriente es igual a la división del voltaje para la resistencia [17], como se muestra en la Ecuación 2.

$$I = \frac{V}{R} \quad (2)$$

Donde:

I: Intensidad de corriente [I]

V: Voltaje [V]

R: Resistencia [Ω]

2.5 Potencia

La potencia eléctrica es la cantidad de energía que se gasta o se usa en un cierto tiempo. Se mide en vatios (W). En pocas palabras, cuando se sube el voltaje o la corriente en un circuito, normalmente también aumenta la cantidad de energía que se usa o se produce [16].

La potencia está definida por la Ecuación 4:

$$P = V * I \quad (4)$$

Donde:

P: Potencia eléctrica (W)

V: Voltaje (V)

I: Corriente (I)

2.6 Radiación

La radiación corresponde a una manifestación de energía que se propaga mediante ondas electromagnéticas, ya sea en el vacío o a través de ciertos materiales. El ejemplo más claro y cotidiano es la luz del sol, aunque también se encuentra este tipo de energía en aparatos comunes como las microondas o las radios de autos, que emiten radiación en diferentes frecuencias, la radiación se clasifica en:

- Radiación solar: Es básicamente toda la energía que el sol emite en forma de ondas. Estas ondas viajan por el espacio hasta llegar a la Tierra. Es la misma energía que se siente en el aire libre en un día soleado y que también usan los paneles solares para funcionar. Esta energía solar llega a la superficie terrestre se mide mediante un parámetro conocido como irradiación [18].
- Radiación directa: Es la energía que proviene de manera directa del Sol y se desplaza en línea recta hasta alcanzar la superficie terrestre. En su camino no cambia ni se desvía, simplemente sigue su trayectoria hasta alcanzar la superficie [19].
- Radiación difusa: Parte de la radiación solar que llega a la Tierra no lo hace de forma directa, sino que se dispersa en muchas direcciones por cosas como las nubes, el vapor de agua y otros gases que hay en la atmósfera. Aun así, una parte de esa energía logra alcanzar la superficie [20].
- Radiación reflejada: Corresponde a una fracción de la energía solar que, al incidir sobre la superficie terrestre, es devuelta al espacio en lugar de ser absorbida. En otras palabras, no es absorbida por la superficie, simplemente pasa y se refleja [21]. Este tipo de clasificaciones permite comprender como se comporta la energía solar al interactuar con la atmósfera terrestre

2.7 Unidad de la radiación solar

Para estudiar un modelo solar se consideran dos unidades las cuales son:

- Watios Pico (Wp): Es la cantidad máxima de energía que puede generar un sistema solar en condiciones ideales. Básicamente, indica cuánta potencia puede alcanzar el panel cuando recibe la mayor cantidad de radiación solar, como en un día soleado al mediodía.
- Hora solar Pico (HSP): Se trata de toda la energía que el sol entrega y que se logra captar a lo largo de día. Es como una suma total de lo que se ha absorbido desde que sale el sol hasta que se oculta [22].

2.8 Iluminación

La iluminación es, simplemente, el acto de dar luz a un espacio o a un objeto. También se puede entender como la cantidad de luz visible que emite una fuente, la cual está relacionada con cómo la percibe el ojo humano. Esta cantidad se mide en lúmenes (lm), que es la unidad usada para expresar cuánta luz se genera [23].

2.9 Flujo luminoso

El flujo luminoso representa la cantidad total de luz visible emitida por una fuente en todas las direcciones del espacio. Es la luz que realmente podemos ver con los ojos, y se mide en lúmenes (lm), que es la unidad que indica cuanta luz se está generando [23].

2.10 Intensidad luminosa

Es la cantidad de luz que se emite en una dirección específica, como cuando un rayo de sol o una lámpara apunta hacia un punto. Asimismo, puede interpretarse como la fuerza con la que una fuente luminosa proyecta luz en una dirección específica. Esta medida se expresa en candelas (cd) [23].

2.11 Energía fotovoltaica

La energía fotovoltaica es un tipo de energía renovable que se obtiene directamente del sol. La energía eléctrica puede obtenerse a partir de la luz solar gracias a materiales semiconductores que, al ser expuestos a la radiación solar, producen corriente eléctrica; este principio es la base de los sistemas fotovoltaicos [17].

2.12 Sistema Fotovoltaico

Los sistemas fotovoltaicos están conformados por componentes eléctricos que permiten transformar la energía solar en energía eléctrica utilizable. Lo que lo hace especial es que aprovecha una fuente renovable y que no se agota [24]. En la figura 2 se puede visualizar un sistema fotovoltaico.

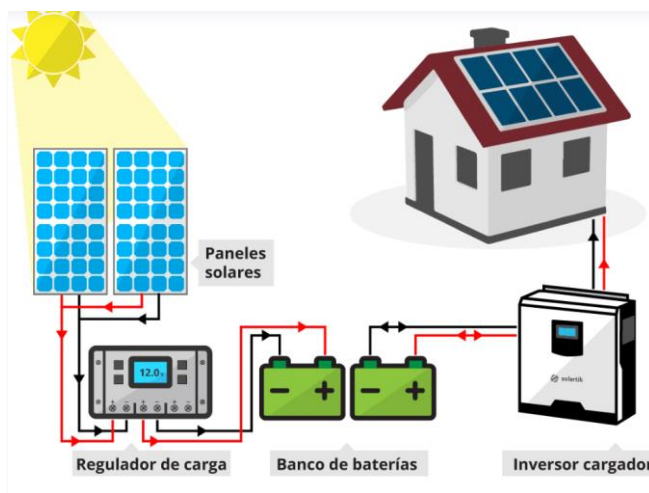


Figura 2. Sistema fotovoltaico [25]

Existen dos tipos de sistemas fotovoltaicos:

- Los sistemas conectados a la red: Estos sistemas se usan tanto en casas como en instalaciones industriales, ya que pueden integrarse fácilmente en diferentes tipos de redes eléctricas. Se pueden usar junto con la red eléctrica o de forma independiente, para cubrir las necesidades de energía [26].
- Los sistemas autónomos: Estos sistemas son un poco más complejos porque incluyen baterías. Gracias a eso, pueden seguir funcionando incluso cuando no hay sol. De esta manera, las personas que los usan pueden contar con energía en todo momento [26].

2.13 Sistema fotovoltaico de conexión a red

Se trata de un sistema fotovoltaico que opera de manera complementaria con la red eléctrica pública, aprovechando tanto la energía generada por los paneles solares como la que proviene de la red. Su función principal es producir energía eléctrica de buena calidad, en condiciones que permitan integrarla de forma segura y eficiente al sistema de distribución

convencional. Los sistemas fotovoltaicos conectados a la red (SFCR) integran varios componentes esenciales. Estos sistemas incorporan, entre otros elementos, paneles solares que convierten la radiación solar en energía eléctrica, un inversor que transforma dicha energía en un formato compatible con la red, y componentes de protección que aseguran su operación confiable. [27].

2.14 Módulos fotovoltaicos

Son equipos capaces de transformar la luz del sol en energía eléctrica, a través de un proceso conocido como efecto fotovoltaico. Estos módulos están formados principalmente por celdas solares, que son dispositivos semiconductores capaces de generar corriente eléctrica al recibir la luz solar, como se muestra en la Figura 3 [28].

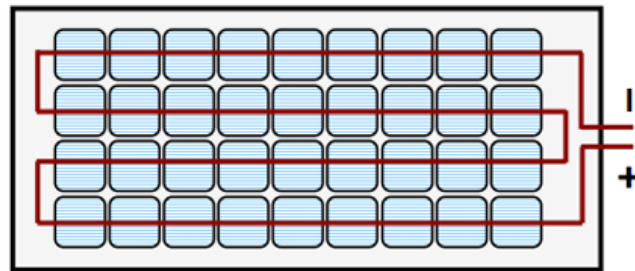


Figura 3. Panel solar [29]

Las celdas solares suelen fabricarse con silicio, un material semiconductor ampliamente utilizado en la industria fotovoltaica. Al recibir la luz solar, los fotones transmiten su energía a los electrones del material semiconductor, provocando su movimiento y generando una corriente eléctrica. Esta corriente es capturada y transformada en electricidad que puede ser utilizada. [30].

Los módulos fotovoltaicos se conforman al interconectar varias celdas solares dentro de un mismo panel. Los paneles suelen estar equipados con una capa protectora, habitualmente de vidrio, que protege las células solares y les permite resistir diversos factores ambientales. Además, disponen de conexiones eléctricas que facilitan su integración en sistemas solares de diferentes tamaños, desde instalaciones residenciales hasta plantas de generación a gran escala.

2.15 Celda fotovoltaica

La celda fotovoltaica, también llamada célula solar, es el elemento básico que conforma los módulos o paneles solares. Su función principal es transformar directamente la energía de la luz solar en electricidad a través del efecto fotovoltaico. En la Figura 4 se muestra la gráfica de la estructura de una célula fotovoltaica [26].

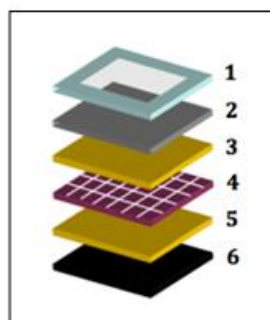


Figura 4. Estructura interna de una célula fotovoltaica [31]

En la Tabla 1 se describe detalladamente cada componente de una célula fotovoltaica, ya que esta información permite entender cómo interactúan los distintos elementos para transformar la energía solar en energía eléctrica.

Tabla 1. Descripción de los componentes de una célula fotovoltaica [31]

COMPONENTES		DESCRIPCIÓN
1	Estructura de aluminio anodizado.	Proporciona rigidez mecánica
2	Glass Vidrio templado.	Permite la entrada de luz solar y protege las células contra impactos mecánicos (granizo, contacto manual, etc.)
3 y 5	Material de encapsulación	Película translúcida que no refleja la radiación solar. EVA también garantiza el aislamiento eléctrico entre las celdas
4	Células fotovoltaicas	Representan el elemento que convierte la luz solar en corriente eléctrica
6	Aislante eléctrico	Protege la parte posterior del módulo y también evita la entrada de agua y gases

2.16 Temperatura de la celda

La temperatura de una celda fotovoltaica o de un panel solar influye directamente en su rendimiento. Por este motivo, el sistema fotovoltaico debería operar idealmente dentro de un rango de 25 a 30 grados Celsius (77 a 86 grados Fahrenheit). En general cuando la temperatura supera los límites recomendados, se reduce la eficiencia del panel en la conversión de la energía solar en electricidad. No obstante, es importante tener en cuenta que los paneles solares pueden alcanzar temperaturas superiores a la del ambiente, especialmente en días soleados o con alta radiación solar. Por esta razón, los fabricantes suelen indicar el coeficiente de temperatura de sus productos, el cual describe cómo varía el rendimiento del panel con los cambios de temperatura.

Este coeficiente indica como se modifica la eficiencia del panel con cada grado de variación en la temperatura. En regiones cálidas, puede ser necesario incorporar sistemas de enfriamiento o métodos de instalación que favorezcan la circulación de aire o agua, con el fin de evitar que los paneles solares alcancen temperaturas que afecten su rendimiento [32].

2.17 Impacto de la temperatura en las variables de un panel solar

- **Voltaje:** A medida que la temperatura se eleva, el voltaje generado por el panel tiende a reducirse. Los paneles solares poseen un coeficiente de temperatura, el cual determina la variación del voltaje en función de los cambios térmicos.
A medida que la temperatura del panel aumenta, el voltaje en circuito abierto (V_{oc}) se reduce, lo cual puede afectar negativamente el desempeño del panel y la eficiencia general del sistema.
- **Corriente:** El aumento de la temperatura provoca un leve incremento en la corriente generada por los paneles solares. Este efecto ocurre porque un mayor calor genera más electrones libres, lo que mejora la conducción eléctrica. Sin embargo, el incremento en la corriente es mínimo en comparación con la notable reducción del

voltaje. En conjunto, la leve ganancia en corriente no compensa la pérdida de voltaje, lo que provoca una disminución general en el rendimiento del panel.

- **Potencia:** La potencia generada por los paneles se incrementa con la temperatura, ya que un mayor número de electrones libres facilita la conducción de corriente.
- **Radiación solar:** La radiación solar no se ve directamente influenciada por la temperatura del panel. Hace referencia a la energía solar incidente sobre la superficie del panel, la cual suele medirse en vatios por metro cuadrado (W/m^2). Si bien la radiación solar influye directamente en la generación de corriente, un incremento en la irradiación da lugar a una mayor corriente eléctrica y, en consecuencia, a un posible aumento de la potencia. Este comportamiento persiste siempre que el voltaje no se vea considerablemente reducido por un aumento excesivo de la temperatura.

2.18 Sistemas de enfriamiento

Los sistemas de enfriamiento asociados directamente con los paneles solares son los sistemas de enfriamiento pasivos, activos, por fase de cambio de material (PCM) y por agua [33].

- Los sistemas de enfriamiento pasivos aprovechan fenómenos naturales como la convección y la radiación para disipar el calor de los paneles solares. Entre las estrategias empleadas se encuentran la colocación de paneles solares con separación entre ellos para facilitar la circulación del aire, así como el uso de recubrimientos reflectantes que minimizan la absorción térmica.
- El sistema de enfriamiento activo utiliza dispositivos mecánicos, como ventiladores, para enfriar los paneles solares [34]. Por ejemplo, se pueden instalar ventiladores que soplen aire fresco sobre los paneles para disipar el calor.
- Los sistemas de enfriamiento por fase de cambio de materia estos sistemas utilizan materiales con capacidades de almacenamiento de calor para absorber y liberar calor durante cambios de fase los PCM pueden instalarse detrás de los paneles solares para absorber el exceso de calor durante el día y liberarlo durante la noche, ayudando así a mantener una temperatura más constante en los paneles.
- Por último, el sistema de enfriamiento por agua en este sistema se involucra el uso de agua para enfriar los paneles solares, consiste en rociar el líquido directamente en las placas controlando de manera inmediata la temperatura [35].

2.19 Sistema SCADA

Un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) es una plataforma utilizada principalmente para diseñar software destinado al control y supervisión de procesos a través de computadoras. Tiene la capacidad de monitorizar una gran variedad de parámetros como por ejemplo la temperatura, el nivel de líquido o la presión entre otros. Estos datos se obtienen con la ayuda de sensores y transmisores conectados a una red de comunicaciones, que puede ser cableada o inalámbrica [36].

Implementar un sistema SCADA resulta altamente beneficioso debido a su capacidad para supervisar múltiples parámetros en tiempo real, lo que mejora la eficiencia operativa y reduce costos.

Con un sistema SCADA, se puede:

- Monitorizar el rendimiento: Seguir la producción de energía en tiempo real, permitiendo detectar cualquier discrepancia o bajo rendimiento en los componentes del sistema [37].
- Supervisar el estado operativo: Controlar el estado operativo de los inversores, baterías, almacenamiento y otros dispositivos relacionados con el sistema.

- Gestionar la eficiencia: Analizar datos como la radiación solar, la temperatura, presión y otros parámetros para optimizar el rendimiento y la eficiencia del sistema.
- Detectar fallos y realizar mantenimiento: Identificar problemas potenciales o fallos en el sistema en tiempo real, lo que permite tomar medidas correctivas de manera rápida.

2.20 Componentes del sistema SCADA



Figura 5. Sistema SCADA [Autor]

- Sensores y actuadores: Se refiere a todos los dispositivos conectados a los equipos para su monitoreo y control. Incluye sensores que producen señales eléctricas, ya sean analógicas o digitales. Sensores que recogen datos (temperatura, presión, etc.) actuadores ejecutan acciones (ventiladores, válvulas, alarmas, etc.)
- Estación remota (RTU): Su propósito esencial es recoger la información proveniente de los dispositivos de campo y transmitirla hacia la estación central.
- Unidad Terminal Maestra (MTU): Opera como el núcleo del sistema SCADA, conformada por servidores y computadoras que gestionan el procesamiento de datos. Facilita la comunicación con las estaciones remotas, permitiendo la recopilación, almacenamiento de datos y la interacción con otros sistemas.
- Red de comunicación: canal por donde fluye la información entre los componentes del sistema.
- Interfaz Hombre-Máquina (HMI): Es el software o interfaz gráfica que se ejecuta en una computadora o dispositivo móvil, permitiendo al operador gestionar los datos del proceso e interactuar con la instrumentación de campo a través de alarmas y notificaciones, en este caso, LabVIEW es utilizado como software HMI.
- SCADA Control Center: Sistema central donde se almacenan, procesan y analizan los datos recolectados, incluye bases de datos, análisis histórico y monitoreo en tiempo real.
- Microcontrolador: Es el dispositivo encargado de procesar las señales recibidas de los sensores y enviar las señales de control a los actuadores, puede actuar como un controlador local o como una interfaz hacia el sistema SCADA.

2.21 LabVIEW

Es una herramienta de desarrollo gráfico, diseñada para tareas como la adquisición de datos, control de instrumentos y automatización de procesos, en lugar de emplear programación se construye diagramas de bloques lo que reduce el proceso de desarrollo [38].

Es una plataforma Se trata de un entorno gráfico diseñado especialmente para crear aplicaciones orientadas a la recopilación de datos y al control de procesos. Su interfaz facilita

diseñar flujos de trabajo mediante diagramas de bloques, lo que simplifica considerablemente la programación.

LabVIEW se utiliza para generar reportes detallados de las temperaturas y otros parámetros registrados por los sensores. Estos reportes serán exportados a un archivo de Excel, facilitando un análisis más detallado y la documentación del rendimiento del sistema.



Figura 6. Sistema SCADA [38]

2.22 Altium Designer

Es una herramienta avanzada para desarrollar circuitos electrónicos y placas de circuito impreso (PCB). Su versatilidad lo hace una herramienta clave en la industria, ya que permite elaborar esquemas eléctricos, modificar y optimizar PCB, además de realizar simulaciones de circuitos para evaluar su funcionamiento [39].



Figura 7. Altium Designer [39]

2.23 MPLAB X IDE

Es un entorno de desarrollo bastante práctico que hace mucho más sencillo trabajar con microcontroladores de la familia PIC. Su interfaz es intuitiva y permite escribir, compilar y cargar el código sin mayores complicaciones [40]. Esta herramienta ayuda a identificar errores rápidamente, lo cual ahorra tiempo y evita contratiempos durante el desarrollo. Además, permite organizar bien las partes del proyecto, lo que resulta muy útil cuando se manejan varios módulos o funciones. Por todo esto, se vuelve una opción accesible y funcional tanto para quienes están aprendiendo como para quienes ya tienen experiencia en programación.



Figura 8. MPLAB X IDE [41]

2.24 Ubidots

La plataforma en la nube permite visualizar y gestionar información proveniente de sensores en tiempo real, lo que resulta muy útil para el monitoreo constante de sistemas electrónicos [42]. A través de una interfaz gráfica accesible desde cualquier navegador web, es posible observar cómo se comportan las distintas variables al instante. Esta facilidad de acceso no solo permite estar al tanto del funcionamiento del sistema desde cualquier lugar, sino que también ayuda a detectar cambios o problemas de manera rápida. Además, al conservar un registro de los datos, se puede analizar el comportamiento de las variables a lo largo del tiempo para tomar mejores decisiones.



Figura 9. Ubidots [43]

CAPÍTULO III.

3. METODOLOGIA

La metodología expone el enfoque general y los métodos utilizados para desarrollar la investigación, garantizando que los objetivos establecidos se logren de forma ordenada y exacta. Su propósito fundamental es describir el proceso seguido para la recopilación, análisis e interpretación de los datos, proporcionando calidad y solidez científica al estudio. Al establecer el tipo de investigación, los enfoques empleados y las herramientas utilizadas, la metodología asegura que los resultados obtenidos sean válidos, verificables y alineados con los objetivos del proyecto [44].

3.1 Tipo de Investigación

El proyecto titulado "Diseñar e implementar un método de control y monitoreo de la temperatura en paneles solares mediante la integración de un sistema SCADA para mejorar su eficiencia" se centra en investigar y evaluar las variaciones de datos a través de diversas pruebas. Esto implica que la investigación abarque diferentes tipos de métodos como son: bibliográfica, experimental, descriptiva y de campo.

3.1.1 Investigación Bibliográfica

Se recopiló información valiosa de una amplia variedad de fuentes, como libros, artículos académicos, revistas especializadas, recursos en línea y bases de datos científicas provenientes de repositorios tanto nacionales como internacionales [45]. Estas fuentes fueron minuciosamente seleccionadas por su relevancia directa con el tema de investigación y desempeñan un papel esencial en el desarrollo del proyecto. Permitiendo acceder a los avances recientes y a los conocimientos previos que fundamentan el trabajo en esta área de estudio.

3.1.2 Investigación Experimental

La investigación experimental se distingue por su método de manipulación y gestión de variables, este tipo de investigación se centra en identificar relaciones causales entre distintas variables, creando un entorno controlado que permita intervenir de manera directa en el tema estudiado [46]. Los investigadores diseñan y ejecutan experimentos donde se manipula una variable independiente para observar cómo afecta a una o más variables dependientes, de esta manera, la investigación experimental permite obtener conclusiones claras sobre las causas y efectos. En este caso, se implementa un sistema SCADA que permite realizar diversas pruebas, observar los cambios en las variables, con el propósito de recopilar y evaluar la efectividad del sistema.

3.1.3 Investigación Descriptiva

La investigación descriptiva se centra en examinar, documentar y analizar las características o atributos de un fenómeno, sin intervenir en las variables que lo afectan. El propósito principal de esta investigación es ofrecer una descripción completa y exacta de un problema o situación particular, lo que facilita la comprensión de sus elementos claves [47]. A través de esta metodología, se proporciona una perspectiva detallada y comprensible del tema de investigación, utilizando herramientas como encuestas, entrevistas o el análisis de datos secundarios [48]. En este caso se describe con detalle el comportamiento de las variables y las modificaciones que experimentan al realizarse una comparación entre ellas.

3.1.4 Investigación de Campo

La investigación de campo se distingue por su enfoque práctico, ya que se realiza de manera directa en el entorno donde se manifiesta el fenómeno objeto de estudio [49]. En lugar de basarse únicamente en fuentes secundarias o datos ya existentes, este enfoque de investigación se centra en obtener información directa a través de métodos como observaciones, entrevistas, encuestas o experimentos realizados en el entorno natural donde se desarrolla el fenómeno [50]. Su objetivo es obtener datos reales y contextuales, lo que permite una comprensión más profunda y precisa del fenómeno investigado. En el caso del proyecto propuesto se utiliza esta investigación, ya que se implementa un sistema de enfriamiento monitoreado por un control SACADA en el laboratorio de física, lugar donde se encuentran los paneles solares.

3.2 Diseño de la Investigación

El desarrollo e integración de un mecanismo de enfriamiento para los paneles solares tiene como objetivo optimizar su rendimiento.

A continuación, se describen algunos elementos fundamentales de este procedimiento:

ETAPA 1: En esta etapa se define las variables clave que se van a medir y controlar en el sistema de paneles solares.

- Voltaje: Medición del voltaje en salida de array conformado por los ocho paneles solares, un parámetro esencial para determinar la energía generada.
- Corriente: Medición de la corriente del array de paneles solares, que junto con el voltaje permite calcular la potencia.
- Potencia: Derivada de la combinación de voltaje y corriente, se calcula la potencia generada por cada panel.
- Irradiancia: Medición de la irradiancia solar que incide sobre los paneles esencial para calcular su eficiencia y desempeño.
- Temperatura: Calor que se acumula en la superficie del panel
- Eficiencia: Nivel de conversión de la energía solar recibida en electricidad utilizable por parte del panel.

ETAPA 2: Selección de sensores, se selecciona sensores que se utilizan para medir las variables identificadas en la etapa anterior, ocho sensores de temperatura, dos sensores de corriente, dos de voltaje, un sensor de radiación (UV) y un sensor de irradiancia.

ETAPA 3: Selección de microcontroladores para la gestión de la comunicación y el procesamiento de las mediciones de los sensores. Se emplean dos microcontroladores uno destinado a la medición de todas las variables relevantes y el otro a la comunicación, es decir envía los datos correspondientes para su análisis.

ETAPA 4: Definición del esquema electrónico, diseño de la placa de adquisición de datos de los sensores.

ETAPA 5: Se implementa un sistema de enfriamiento que permita mantener a los paneles solares dentro de una histéresis de temperatura, garantizando su correcto funcionamiento. El sistema pone en marcha el rociado de agua sobre los paneles solares cuando los sensores de temperatura registran valores superiores al umbral establecido previamente. De esta manera, se logra reducir la temperatura de los paneles, lo que contribuye a mejorar su eficiencia.

ETAPA 5: LabVIEW se emplea para desarrollar un sistema SCADA que permite el monitoreo y control del array de paneles solares. Este sistema supervisa en tiempo real

variables como voltaje, corriente, potencia, temperatura, radiación UV, irradiancia y eficiencia. Además, incorpora un mecanismo de control del enfriamiento que puede operar de manera automática y manual.

En el modo automático, el sistema inicia el rociado de agua cuando los sensores registran que la temperatura ha sobrepasado el umbral de histéresis configurado. En el modo manual, el operador puede activar el enfriamiento a través de la SCADA.

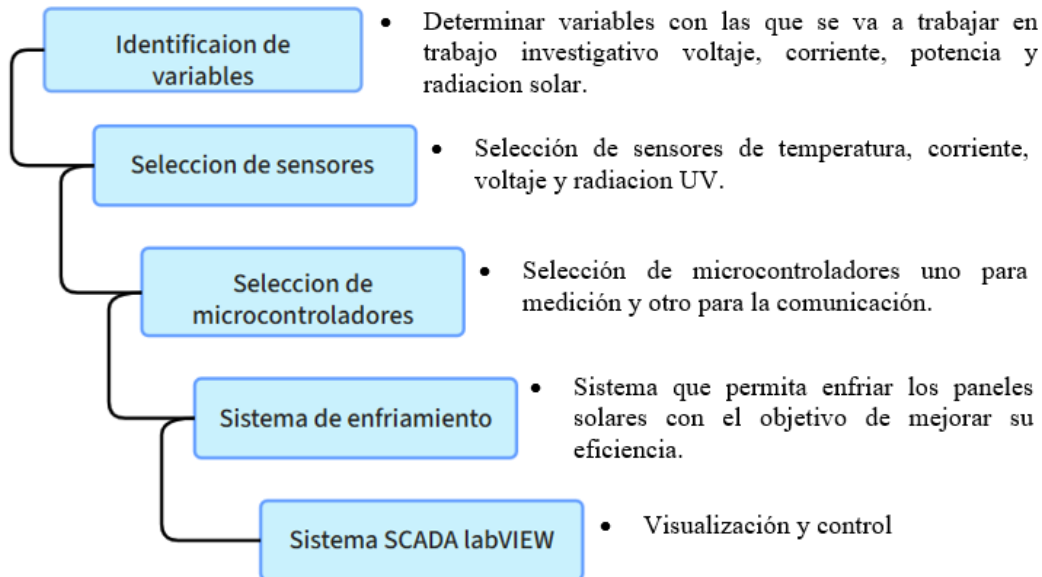


Figura 10. Diseño de la investigación

3.3 Técnica de recolección de datos

3.3.1 Observación

En el ámbito de este estudio, la técnica a utilizar es la observación, ya que facilita el análisis detallado de los cambios en las variables en tiempo real [51]. Esta metodología permite registrar de manera sistemática los comportamientos, interacciones o eventos tal como suceden, sin influir en su desarrollo. El enfoque principal es monitorear las variaciones de temperatura en los paneles solares.

3.4 Población de estudio y tamaño de muestra

3.4.1 Población

El objetivo de este proyecto es analizar el desempeño de dieciséis paneles fotovoltaicos bajo diferentes condiciones de temperatura y factores atmosféricos. La población de estudio está compuesta por los datos obtenidos de los paneles solares como son temperatura, irradiancia, corriente, voltaje, potencia y eficiencia.

El primer grupo (ocho paneles) se conecta a un sistema SCADA con enfriamiento activo, mientras que el segundo grupo (ocho paneles) se mantiene únicamente en monitoreo sin este método de enfriamiento. De este modo, se compara la eficiencia de ambos grupos y se analiza la variación del rendimiento entre los que cuentan con sistema enfriamiento y los que no.

3.4.2 Muestra

Para determinar el número mínimo de paneles solares necesarios para este estudio, se utilizó la fórmula estadística de tamaño de muestra para poblaciones infinitas, ya que no se conoce con exactitud el tamaño total de la población.

$$n = \frac{Z^2 * p * q}{E^2}$$

Donde:

- n = Tamaño de la muestra
- $z= 1.96$: Valor z deseado (valor correspondiente al 95% de nivel de confianza)
- $p= 0.5$: Proporción estimada del atributo en la población (generalmente 0.5 si no tienes información previa)
- $q=1-p$: Proporción complementaria ($1-0.5=0.5$ probabilidad de fracaso)
- $E= 0.05$: Margen de error aceptado (5%)

Sustituyendo los valores:

$$n = \frac{(1.96)^2 * 0.5 * (0.5)}{(0.05)^2}$$

$$n = \frac{0.9604}{0.0025} = 384.16$$

Calculando esto, obtenemos el tamaño de la muestra necesario para este estudio:

$n \approx 384.16$

Una vez que se aplicó la fórmula de la muestra nos dio como resultado que se necesita como mínimo 385 datos aproximadamente (redondeando al entero más cercano), en este caso se cumple con el tamaño de muestra mínima requerida, lo que garantiza la validez estadística del análisis con un 95% de confianza y un 5% de margen de error.

3.5 Hipótesis

La integración de un sistema de enfriamiento automatizado, supervisado mediante tecnología SCADA, en instalaciones fotovoltaicas permite optimizar la eficiencia energética de los paneles solares, al mantener sus condiciones térmicas dentro de parámetros adecuados y disminuir las pérdidas de rendimiento provocadas por el exceso de temperatura.

3.6 Operación de variables

Tabla 2. Selección de las variables

TIPO DE VARIABLE	NOMBRE DE LA VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	INDICADORES	INSTRUMENTO
Independiente	Implementación del sistema de enfriamiento SCADA	Presencia o ausencia del sistema de enfriamiento mediante SCADA	Sistema activo (1), sistema inactivo (0)	Control en software LabVIEW+ electroválvula

Dependiente	Eficiencia energética de los paneles solares	Relacion entre la energía eléctrica generada y la energía solar recibida	Voltaje (V), Corriente (A), potencia (W)	Sensores, cálculos en LabVIEW, tabla de datos.
--------------------	--	--	--	--

3.7 Método de análisis

3.7.1 Análisis cuantitativo comparativo

El análisis de los datos recolectados se realizó mediante un enfoque cuantitativo comparativo, utilizando herramientas básicas de estadística descriptiva. Los sensores conectados al sistema SCADA registraron en tiempo real variables como temperatura, voltaje, corriente, irradiancia, UV y eficiencia, cuyos valores se organizaron en tablas.

Para cada grupo de paneles (con y sin sistema de enfriamiento), se calcularon medidas como promedios, máximos y mínimos, con el fin de comparar el comportamiento térmico y eléctrico. Los resultados obtenidos facilitaron la evaluación de posibles variaciones en la eficiencia energética, proporcionando respaldo al análisis de la hipótesis formulada.

3.8 Procesamiento de datos

Para garantizar la funcionalidad del sistema fotovoltaico y el correcto control térmico mediante el prototipo desarrollado, se llevó a cabo un proceso estructurado que abarca desde la identificación de parámetros ambientales hasta la obtención y análisis de datos en tiempo real. Este proceso permitió generar una base de datos técnica, obtenida a partir del monitoreo continuo mediante sensores conectados al sistema SCADA, lo cual facilitó la evaluación de las condiciones térmicas y eléctricas de los paneles solares.

3.9 Etapa inicial del proyecto diseño y sus componentes

3.9.1 Sensor de Termómetro Infrarrojos

Se emplean sensores infrarrojos (termómetros en línea RS485) con el propósito de monitorear la temperatura de los paneles solares. Cada panel solar costa de un sensor conectado que mide la temperatura en un rango de 0-100 °C. La medición sin contacto permite una respuesta rápida y precisa sin afectar el rendimiento del panel.



Figura 11. Sensor de termómetro infrarrojo RS485 [52]

Tabla 3. Características del sensor termómetro infrarrojo RS845

Datos	Valor
Temperatura	Temperatura ambiente 0-60°C.
Rango de temperatura	Rango de temperatura 0-100°C, 500°C, 1200°C
Temperatura de almacenamiento	Temperatura de almacenamiento -20-80°C.
Tiempo de respuesta	200ms (95%).
Dimensión	Longitud total 117 mm.
Material	Acero inoxidable
Resolución de salida	1°C

3.9.2 Electroválvula

La electroválvula operará de manera automática, abriéndose o cerrándose según las mediciones de temperatura obtenidas por los sensores de temperatura instalados en cada panel. Este mecanismo contribuirá a mantener los paneles dentro de un rango térmico adecuado, optimizando su rendimiento.



Figura 12. Electroválvula [53]

Tabla 4. Características de la Electroválvula

Datos	Valor
Tamaño	1 pulgada NPT
Material	Cuerpo latón o acero
Voltaje	Voltaje de operación 24V DC, 120V AC.
Presión	Presión de Operación hasta 150PSI.
Temperatura	Temperatura de operación -40°C a 82°C.
Ambiente	Es apta para control de aire, agua, gas inerte y otros fluidos no corrosivos.
Aplicaciones	Aplicaciones comunes pueden ser sistema de riego, control de agua en sistemas de refrigeración, automatización en procesos industriales.

3.9.3 Sensor de corriente JDK-10-QD

Es un equipo diseñado para medir la corriente alterna (AC), funciona detectando el campo magnético generado al circular la corriente por un conductor, que se inserta en el orificio central del sensor. [54].

Estos dispositivos se emplean con frecuencia en aplicaciones industriales y comerciales debido a su alta precisión, confiabilidad y la posibilidad de enviar datos de forma eficiente a largas distancias.



Figura 13. Sensor JDK-10-QD [55]

Tabla 5. Características del sensor JDK-10-QD

Datos	Valor
Distancia máxima	1,200
Corriente	AC 0-5A, 0-50A, 0-200 ^a , o mas
Frecuencia de medición AC	50/60 Hz
Voltaje	5V, 12V, o 24V DC.
Protocolo	MODBUS RTU
Tamaño	70x50x30 mm
Temperatura de operación	-20°C a 70°C

3.9.4 Sensor ultravioleta SM9568M

El sensor ultravioleta de acero inoxidable está diseñado para medir la intensidad de la radiación UV en entornos específicos, como sistemas industriales y aplicaciones ambientales. Su tecnología permite detectar niveles de radiación ultravioleta con precisión y enviar los datos a través de protocolos como RS485, facilitando su integración con sistemas de monitoreo y control [56].

Está diseñado para operar de manera eficiente en condiciones ambientales extremas, manteniendo su funcionamiento.



Figura 14. Sensor SM9568M [57]

Tabla 6. Características del sensor SM9568M

Datos	Valor
Temperatura de funcionamiento	-40 ~ 80°C
Rango de medición	0~4000uW/cm2
Rango de longitud de onda	240-370nm
Fuerza	DC12~24v 1ª
Temperatura de funcionamiento	-30~85°C

3.9.5 Sensor irradiancia CWT-SI

Es un transductor diseñado para medir la irradiancia solar (la potencia de la radiación solar que incide sobre una superficie) y convertirla en una señal eléctrica proporcional. Generalmente empleando un fotodiodo de silicio o una célula fotovoltaica como referencia, este equipo permite medir de forma continua la intensidad luminosa, expresada en vatios por metro cuadrado W/m^2 [58].



Figura 15. Sensor de irradiancia CWT-SI

3.10 Diseño del circuito del sistema

El proyecto consiste en el diseño de un circuito integrado que incluye conversores de TTL a RS485, una fuente de alimentación de 12 V, un regulador de voltaje de 12 V a 5 V, compuertas lógicas, microcontroladores, modulo wifi y relés. Estos componentes trabajan de manera conjunta para lograr un objetivo específico.

3.10.1 Fuente

Este circuito actúa como una fuente regulada de 12V a 5V DC, diseñada para alimentar dispositivos que requieren una tensión estable. La fuente de entrada se conecta mediante el terminal “VIN” a una tensión de 24V.

Para proteger el circuito contra una posible polaridad inversa, se ha colocado un diodo 1N5822 (D1) en serie con la entrada. A continuación del diodo, un capacitor de 2200 μ F (C1) ayuda a mantener el voltaje constante y reducir el ruido. El componente principal es un regulador de voltaje encargado de transformar la entrada en una salida estable, (U1, identificado como “A5VDC”), es decir convierte la tensión de entrada en una salida regulada de 5V (VCC). Este regulador dispone de tres pines: VIN (entrada de voltaje), GND (tierra) y VCC (salida de voltaje regulado) tal como se muestra la Figura 16.

Para mejorar la estabilidad en la salida, se añade un segundo capacitor de 2200 μ F (C2) para garantizar la estabilidad de la tensión entregada. Además, se ha añadido un diodo LED (D4, color verde) como indicador de funcionamiento, acompañado de una resistencia limitadora de 1 k Ω (R2) para controlar la corriente que atraviesa el LED.

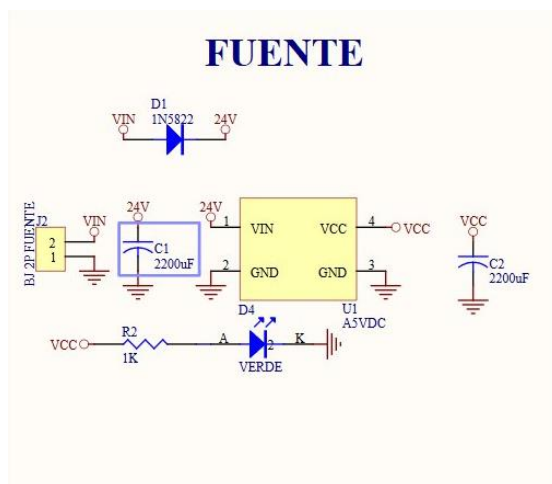


Figura 16. Fuente del circuito

3.10.2 Conversores RS232

Los conversores RS232 se utilizan para adaptar la comunicación entre dispositivos que manejan distintos niveles de voltaje. Este tipo de conversores asegura que la transmisión de datos sea estable y evita daños en los circuitos al igualar las señales eléctricas. Además, facilitan el desarrollo de sistemas donde se requiere intercambio de información entre tecnologías de diferentes generaciones.

El circuito conversor RS232 implementado en este proyecto permite la comunicación entre dispositivos que utilizan distintos niveles de señal, concretamente entre el estándar RS-232 y niveles TTL.

Para realizar esta conversión, se utiliza el circuito integrado DS232A, correspondiente en forma funcional al MAX232, que opera como un transceptor bidireccional de señales. Su propósito es adaptar de manera eficiente y estable los niveles de voltaje de la interfaz RS-232 (aproximadamente ± 12 V) a niveles compatibles con lógica TTL (entre 0V y 5V), y viceversa.

El funcionamiento del MX232 requiere de un conjunto de capacitores de desacoplo, en este caso cinco unidades de 0.1 μ F, que permiten al circuito generar internamente los voltajes necesarios para su operación.

Con el fin de simplificar la interconexión del sistema, se emplean conectores MOLEX (J11 y J12), que permiten el flujo bidireccional de señales.

Las entradas R1IN y R2IN reciben señales en formato RS-232, las cuales son convertidas a niveles TTL en las salidas T1OUT y T2OUT.

Por otro lado, las señales TTL generadas por el microcontrolador se envían a los pines T1IN y T2IN, donde son transformadas nuevamente a señales RS-232 y transmitidas a través de las salidas R1OUT y R2OUT.

Este circuito opera con una alimentación estándar de +5V. En el diseño actual se utilizan cuatro conversores RS-232, aprovechando que cada MAX232 incorpora dos conversores seriales. De esta forma se dispone de un total de ocho canales de comunicación, lo que permite monitorizar de forma eficiente los ocho paneles solares integrados en el sistema. Esta configuración asegura una transmisión de datos robusta y confiable entre los sensores de temperatura y la plataforma de monitoreo, como se puede apreciar en la Figura 17.

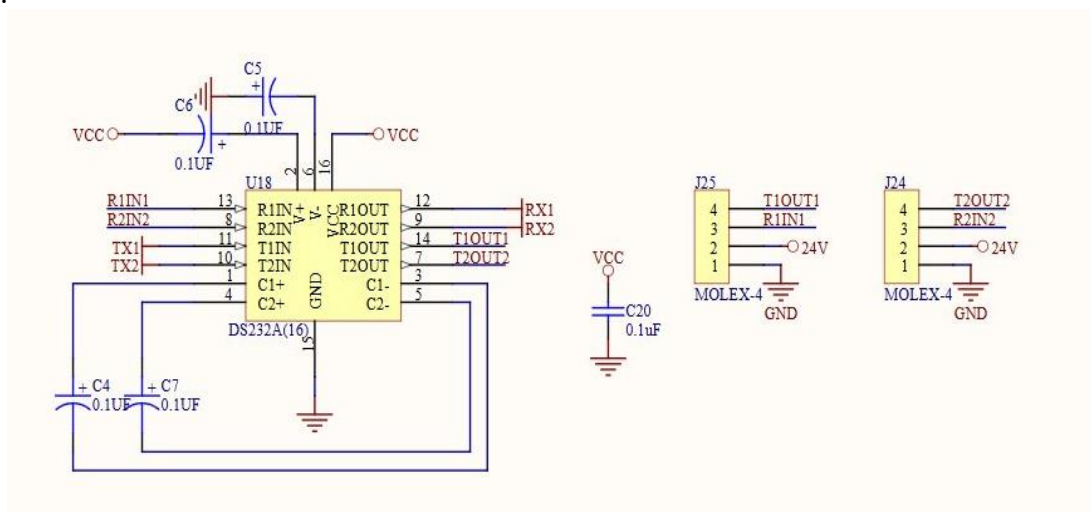


Figura 17. Conversores

3.10.3 Microcontroladores

Este circuito incorpora dos microcontroladores PIC18F47K42; uno de ellos se destinado a la adquisición de mediciones, mientras que el otro se encarga exclusivamente de las funciones de comunicación.

Microcontrolador para mediciones

El propósito del microcontrolador es realizar mediciones de los sensores analógicos
Conexiones:

- Sensores: Las señales SEN4 y SEN5 están destinadas a la conexión de todos los sensores.
- Entradas analógicas: Utiliza varias entradas analógicas (AN10, AN12) para medir señales.
- Indicadores LED: Los pines RB4, RB5, y RB6 están conectados a LED1, LED2, y LED3 respectivamente, indicando diferentes estados o mediciones.
- Puertos de comunicación: RX (RC7) y TX (RC6) pueden usarse para la comunicación UART, para enviar datos de medición a otro dispositivo.
- Programación y depuración: Conector ICSP (J13) para la programación y depuración del microcontrolador tal como se muestra en la Figura 18.

3.10.5 Compuestas lógicas

La Figura 21 muestra el circuito de compuertas lógicas empleado en este diseño, el cual hace uso del circuito integrado 4066. Este componente integra cuatro interruptores bilaterales que son controlados de forma electrónica. En este caso, se emplean dos de estos conmutadores para gestionar de manera controlada las señales de transmisión y recepción. Cada conmutador consta de tres pines principales: uno de control (pines 13 y 12), que habilita o desactiva el paso de señal, una entrada (pines 1 y 11), y una salida correspondiente (pines 2 y 10).

El circuito opera con una alimentación de 5V conectada al pin 14 (VCC), y con la referencia de tierra en el pin 7 (GND). Las señales de entrada RX1 y TX1 corresponden a los canales de recepción y transmisión, respectivamente, mientras que las salidas RXA y TXA representan las señales resultantes tras el paso por los conmutadores.

El control lógico del circuito se centraliza en la señal SEN1, que se conecta a los pines de control de ambos conmutadores (pin 12 para U2B y pin 13 para U2A). De este modo, SEN1 sincroniza la activación de las rutas de transmisión y recepción: cuando SEN1 está en nivel alto, ambos conmutadores se cierran y permiten el paso de las señales RX1, RXA y TX1, TXA. Por el contrario, cuando SEN1 se encuentra en nivel bajo, los conmutadores se abren y las señales quedan bloqueadas tal como se muestra en la Figura 22.

Con esta configuración, el circuito permite controlar de forma simple y sincronizada el flujo de datos en ambas direcciones, asegurando que las trayectorias de transmisión y recepción estén habilitadas o deshabilitadas de manera conjunta. Esta funcionalidad resulta especialmente útil para gestionar el intercambio de datos en sistemas donde se requiere controlar dinámicamente las comunicaciones.

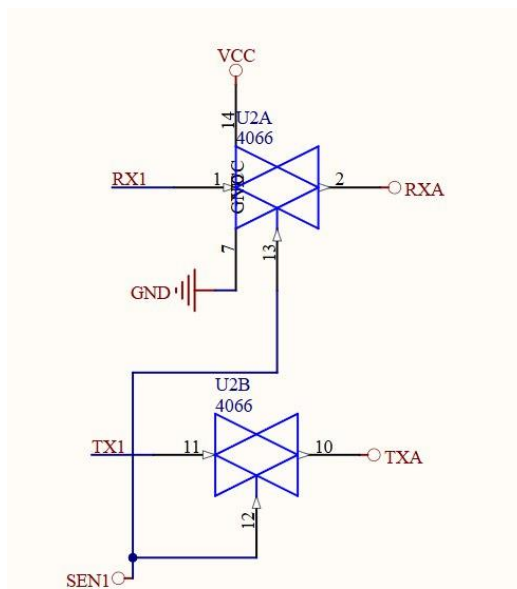


Figura 21. Compuertas Lógicas

3.10.6 Electroválvulas

El circuito de control para el sistema de enfriamiento de los paneles solares permite gestionar de manera automática y manual el flujo de agua, asegurando que este se active únicamente cuando es necesario. Su funcionamiento se basa en la integración de un sensor de temperatura infrarrojo, que detecta el aumento de temperatura en los paneles. Cuando se

supera un umbral predefinido, el sistema activa el enfriamiento para optimizar el rendimiento térmico de las células fotovoltaicas.

El diseño del circuito incorpora dos relés de 24V, cada uno accionado por un transistor 2N3904, que permiten controlar las electroválvulas responsables del paso de agua. El control se realiza mediante una lógica de histéresis que garantiza un funcionamiento estable y evita activaciones repetitivas.

Cuando la temperatura del panel llega a un valor alto, el sistema envía una señal que pone en funcionamiento el transistor Q1. Al conducir, este transistor energiza el relé K1, cerrando el circuito y permitiendo que la electroválvula se abra, facilitando así el flujo de agua para el enfriamiento. Para proteger el circuito de posibles picos de voltaje durante la desactivación del relé, se incorpora un diodo de protección 1N4007 (D3). Además, un LED de color verde (D2) se ilumina para indicar visualmente que la electroválvula se encuentra abierta.

Por otro lado, cuando la temperatura desciende nuevamente por debajo del umbral establecido, se genera una señal que activa el transistor Q3. Este transistor, a su vez, acciona el relé K2, interrumpiendo el suministro de corriente a la electroválvula, lo que provoca su cierre. Al igual que en la etapa de apertura, se emplea un diodo 1N4007 (D6) para proteger el relé, y un LED de color azul (D5) se enciende para indicar que la electroválvula está cerrada.

Este sistema de control asegura un funcionamiento eficiente y seguro del mecanismo de enfriamiento, contribuyendo a mantener la temperatura de los paneles solares en rangos óptimos para maximizar su eficiencia energética.

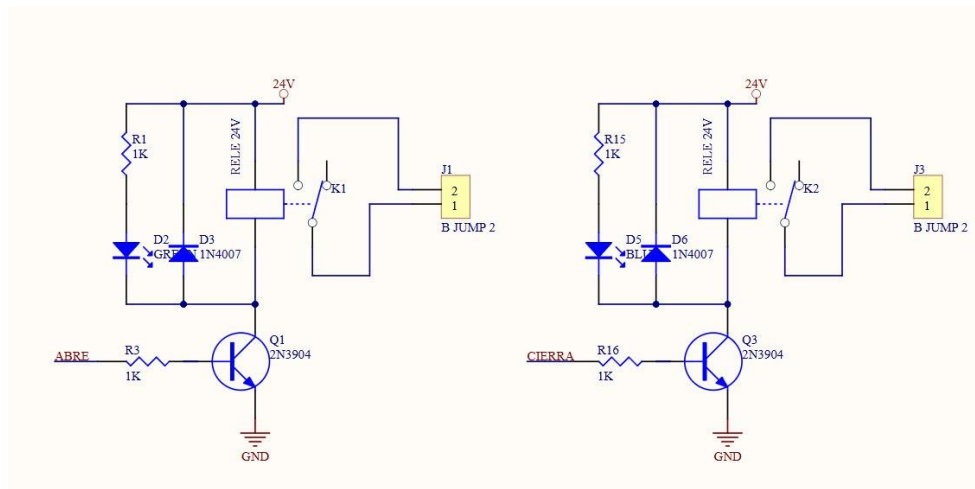


Figura 22. Electroválvula

3.10.7 Diseño de la interfaz gráfica en LabVIEW

Para llevar a cabo el sistema de control y monitoreo de este proyecto, se optó por utilizar LabVIEW, un entorno gráfico de programación que emplea diagramas de bloques. Este software posee un entorno que ayuda a simplificar el desarrollo de la programación necesaria para el sistema, logrando una unión fluida entre los componentes físicos y el software. Gracias a esta herramienta, fue posible capturar, analizar, mostrar y almacenar los datos en tiempo real de forma eficiente.

LabVIEW fue elegido por su compatibilidad con protocolos industriales y su capacidad para conectarse con plataformas en la nube como Ubidots, lo que posibilitó la supervisión remota de las variables críticas.

- **Ventana 1:**

En la Figura 25 se observa la segunda ventana de la interfaz gráfica presenta una visualización esquemática del sistema de enfriamiento, donde se muestra el momento exacto en el que se activa la electroválvula encargada de rociar agua sobre los paneles solares. Además, se incluyen indicadores numéricos que muestran en tiempo real los valores adquiridos por los sensores, tales como los niveles de radiación ultravioleta (UV), corriente generada por los paneles, valores individuales de cada panel solar, y la irradiancia. Esta disposición permite al usuario supervisar de manera precisa y eficiente el comportamiento térmico y eléctrico del sistema.

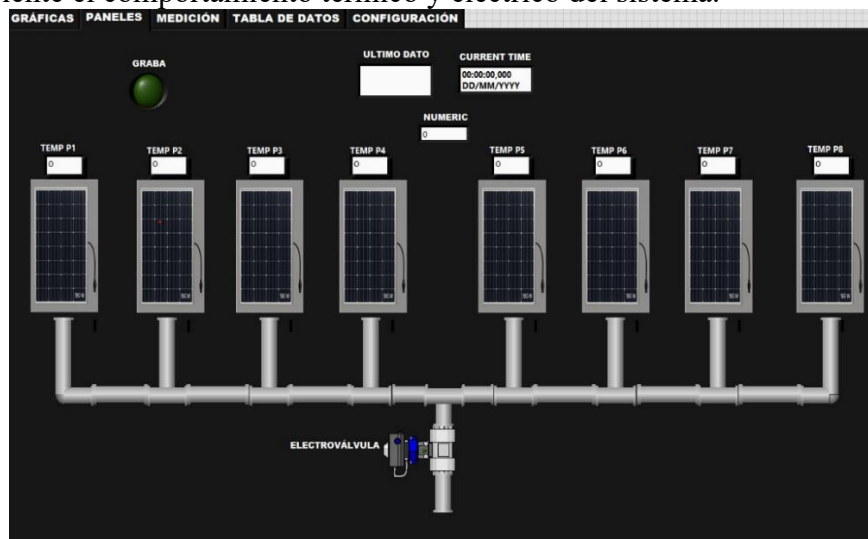


Figura 25. Gráfica sistema de enfriamiento

- **Ventana 3:**

En la tercera ventana, correspondiente a la Figura 26, se visualizan los datos adquiridos por los sensores de corriente, radiación ultravioleta (UV) e irradiancia. Cada uno de estos sensores está representado con su respectiva gráfica, la cual permite observar de forma dinámica el valor actual de la variable medida. Esta representación gráfica facilita la interpretación rápida del comportamiento de cada parámetro en tiempo real, proporcionando así una herramienta útil para el monitoreo continuo del sistema.

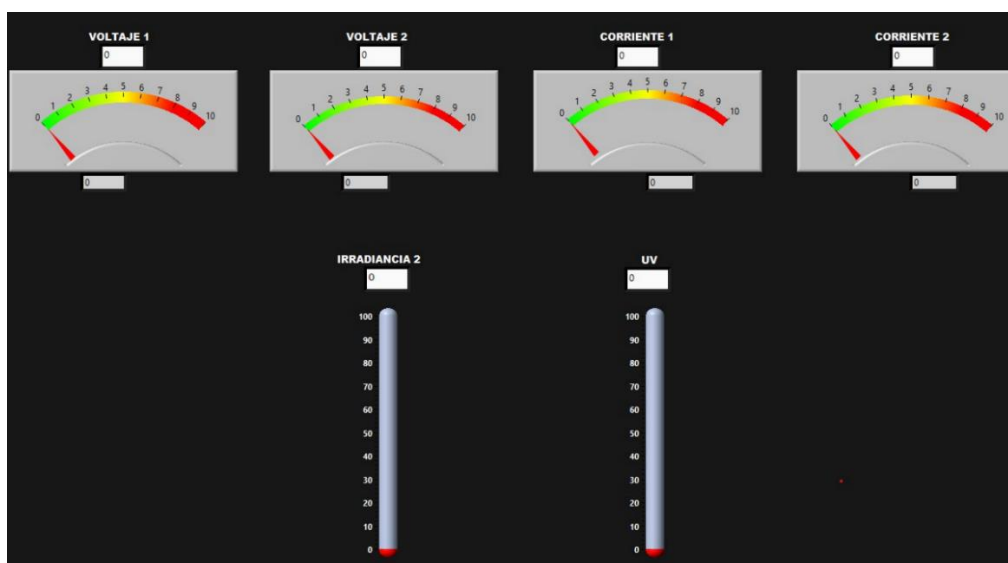


Figura 26. Representación gráfica de los valores de sensores.

Ventana 4:

En la cuarta ventana de la interfaz del sistema SCADA se despliega una tabla de datos diseñada para mostrar y almacenar en tiempo real las lecturas provenientes de los distintos sensores y dispositivos de medición integrados en el sistema. Esta tabla contiene, en primer lugar, los valores registrados por los ocho sensores de temperatura, cada uno de los cuales está asociado individualmente a un panel solar del arreglo fotovoltaico, lo que permite llevar un control preciso del comportamiento térmico de cada unidad.

Además de los datos de temperatura, la tabla incluye las mediciones eléctricas de voltaje y corriente generadas por los paneles, parámetros fundamentales para el análisis del rendimiento energético. También se muestran las lecturas de radiación ultravioleta (UV), y los valores de irradiancia solar que complementan el análisis para el cálculo de la eficiencia del sistema.

Finalmente, la tabla muestra el cálculo dinámico de la eficiencia del sistema fotovoltaico, derivado de la relación entre la potencia eléctrica generada y la potencia solar incidente. Esta funcionalidad permite evaluar en tiempo real el desempeño energético de los paneles, facilitando la toma de decisiones oportunas respecto al mantenimiento la optimización operativa del sistema tal como se muestra en la Figura 27.

[illegible]

Figura 27. Tabla de datos

- **Ventana 5:**

En la Figura 28 se presenta la quinta ventana del sistema, en la que se configura el rango de temperatura limite así mis se configura el tiempo de envío de datos hacia la plataforma Ubidots. Además, esta interfaz permite controlar manualmente la apertura de la válvula. Un elemento clave mostrado en esta ventana es la dirección IP, la cual se define como estática, ya que será la referencia fija a la que el sistema deberá conectarse para su correcto funcionamiento.

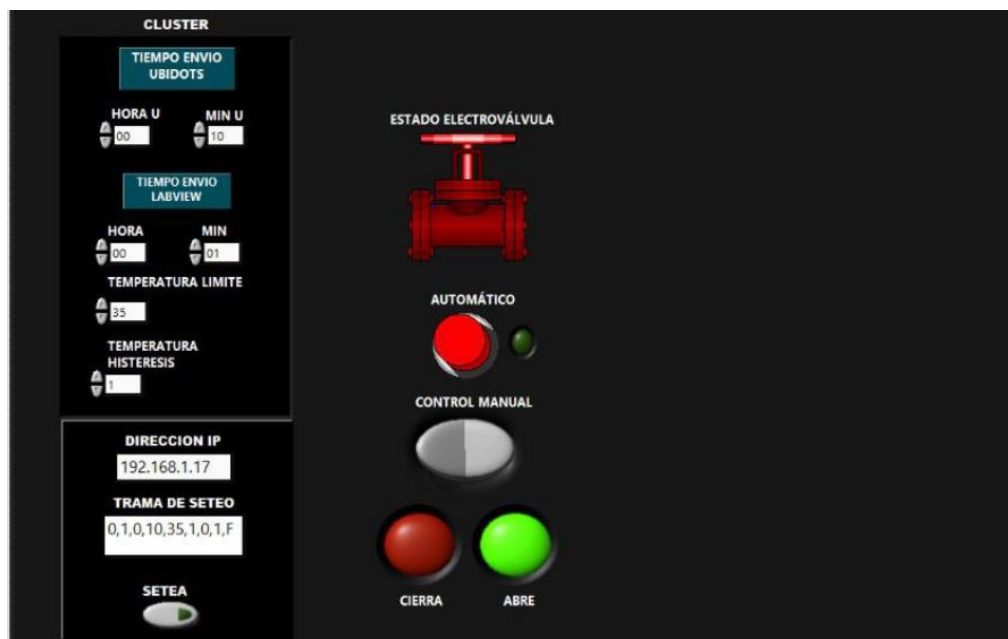


Figura 28. Configuración de red y parámetros de control de la electroválvula

3.10.8 Arquitectura distribuida para adquisición y transmisión de datos

Mediciones (Mestro)

El microcontrolador maestro, lee sensores (temperatura, corriente, UV, voltaje e irradiancia), prepara los datos y los envía por SPI al esclavo. Como se observa en la Figura 29 la transmisión se lleva a cabo bit a bit, utilizando una función personalizada llamada `spi(int data)` que convierte los datos a nivel binario y los transfiere de forma secuencial.

La función `unsigned int comodin = 0;` guarda el dato en forma int y son copiados a una variable auxiliar que será de gran ayuda para extraer los bits de forma individual.

```
// Función SPI (envía dato bit a bit)
void spi(int data) {
    char cont = 1;
    unsigned int comodin = 0;
    unsigned int comodin2 = 0;

    comodin2 = data; // Guarda el dato a enviar
```

Figura 29. Código de programación

Envío de datos (esclavo)

En la Figura 30 se muestra el código correspondiente al esclavo y que tiene como función principal la recopilación de datos de sensores y su posterior transmisión a una plataforma externa, en este caso Ubidots, mediante el protocolo UART. Este proceso se lleva a cabo dentro de una función específica llamada `enviarIoT1`, la cual organiza los datos y los envía en formato de texto estructurado. En este primer bloque se agrupan los datos de temperatura en una sola cadena, la cual incluye los valores `t1`, `t2`, ..., hasta `t8`, que representan las lecturas de distintos sensores térmicos conectados al sistema.

Una vez construida la cadena, se prepara un segundo mensaje que incluye la clave de autenticación (`X-Auth-Token`) necesaria para comunicarse con la plataforma en línea. El mensaje se estructura bajo el formato que espera Ubidots: se define un nombre de dispositivo ("Paneles").

Esta información completa se transmite a través del puerto UART mediante la función `UART1_Write_Text`.

El microcontrolador esclavo actúa como intermediario entre los sensores físicos y el servicio en la nube, formateando los datos recibidos y asegurando su envío confiable mediante una conexión serial.

```
// Función para enviar datos por UART a Ubidots
void enviarIoT1(void) {
    sprintf(variables,
        "t1:%.2f,t2:%.2f,t3:%.2f,t4:%.2f,t5:%.2f,t6:%.2f,t7:%.2f,t8:%.2f",
        temperatura[1], temperatura[2], temperatura[3], temperatura[4],
        temperatura[5], temperatura[6], temperatura[7], temperatura[8]);

    sprintf(strUbidots, "Paneles|POST|%s|sensores=>%s|end", X_Auth-Token, variables);
    UART1_Write_Text(strUbidots);
    __delay_ms(500);

    sprintf(variables,
        "v1:%.1f,v2:%.1f,c1:%.2f,c2:%.2f,uv:%.2f",
        voltaje[1], voltaje[2], corriente[1], corriente[2], uv);

    sprintf(strUbidots, "Paneles|POST|%s|sensores=>%s|end", X_Auth-Token, variables);
    UART1_Write_Text(strUbidots);
}
```

Figura 30. Código de programación

En la Figura 32 se observa el fragmento de código encargado de la lectura de datos por UART, es decir, del proceso mediante el cual el microcontrolador recibe información a través del puerto de comunicación serial.

1. **Verificación de datos disponibles:**

Primero, el microcontrolador verifica si existen datos nuevos disponibles en la UART utilizando la función, `Uart2_Data_Ready()` si el resultado es positivo (igual a 1), significa que se ha recibido un nuevo byte y se procede a leerlo.

2. **Lectura del dato recibido:**

El dato recibido se lee mediante la función `UART2_Read()`, que obtiene el carácter recibido en formato ASCII.

3. **Conversión de ASCII a número entero:**

Posteriormente, cada carácter recibido, que representa un dígito en formato ASCII, es convertido a su correspondiente valor numérico entero. Esta conversión se realiza restando el valor 48 al código ASCII del carácter recibido, ya que el código ASCII del dígito '0' es 48, el de '1' es 49, y así sucesivamente.

4. **Formación del número completo:**

Finalmente, los dígitos convertidos se combinan para formar un número entero completo, el cual es almacenado en el arreglo `temperatura[sensor]`, representando la lectura correspondiente al sensor.


```

if(Uart2_Data_Ready()==1)
{
    inicio= UART2_Read(); // Leer primer caracter
    if(inicio=='*')        // Si es '*', empieza la recepción de datos
    {
        while((posx<=6)&&(espera_rx<=1000))
        {
            __delay_ms(1);
            if(Uart2_Data_Ready()==1)
            {
                numeros[posx]= UART2_Read(); // Leer caracter
                numeros[posx]=numeros[posx]-48; // Convertir ASCII a número
                posx++;
                espera_r=0;
            }
        }
        temperatura[sensor]=numeros[2]*1000+numeros[3]*100+numeros[4]*10+numeros[5];
        salir=1;
    }
}

```

Figura 31. Código de lectura de datos

3.11 Selección de la plataforma web

Una vez que el prototipo está en marcha, es esencial contar con una plataforma que permita visualizar los datos en tiempo real. Por eso, se utilizó una interfaz en la nube que almacena y muestra la información de forma remota.

La implementación de esta funcionalidad requiere establecer una comunicación adecuada entre el sistema físico y la plataforma digital, lo cual implica configurar la conexión a internet del dispositivo, definir los puertos de comunicación y aplicar los protocolos de transmisión de datos apropiados para asegurar una transferencia continua, segura y estable.

Tras evaluar distintas opciones disponibles, se seleccionó Ubidots como plataforma de visualización gráfica, debido a su facilidad de integración, su interfaz intuitiva y su capacidad para mostrar datos en tiempo real mediante paneles personalizables. Esta herramienta permite representar de forma gráfica las variables registradas, como temperatura, voltaje o eficiencia, tal como se muestra en la Figura 32.

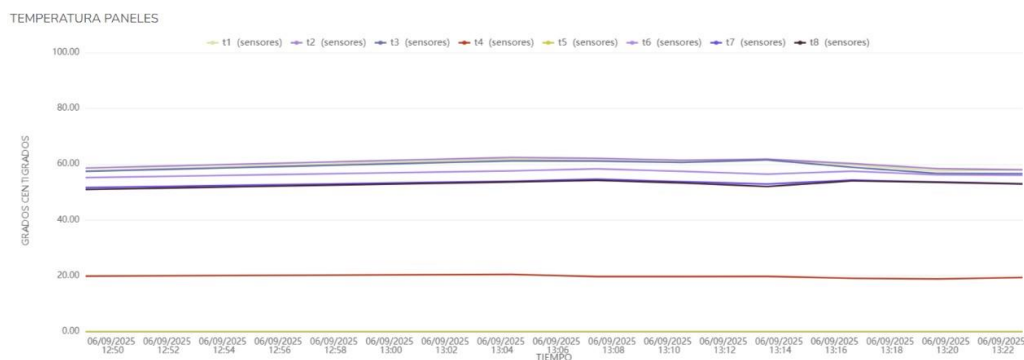


Figura 32. Graficas ubidots|

Además, la plataforma web utilizada ofrece la funcionalidad de exportar los datos registrados en formato Excel (.xlsx), lo que permite obtener un archivo con el historial completo de cada variable monitoreada. Esta opción resulta especialmente útil para el análisis posterior, ya que presenta los valores organizados de forma estructurada, por fecha y hora, lo cual facilita su interpretación, comparación y tratamiento estadístico. El archivo

generado contiene columnas correspondientes a cada parámetro (como temperatura, voltaje, corriente, eficiencia y UV) tal como se muestra en la Figura 33.

c1	c2	efic1	efic2	irradiancia	irradiancia_med	pot1	pot2
0.59	0.46				99.0		
		28.26	21.21	97.16		281.96	211.66
0.73	0.48				105.0		
		32.6	21.01	101.43		339.59	218.81
0.72	0.5				117.0		
		32.27	21.02	105.7		350.32	228.19
1.57	1.2				480.0		

Figura 33. Tabla de datos extraído de Ubidots

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Implementación del prototipo

Una vez finalizada la etapa de diseño individual de los componentes que conforman el sistema, se da inicio a una nueva fase centrada en la integración de cada una de estas partes. En este punto, el objetivo principal es ensamblar todos los elementos previamente desarrollados, asegurando que no solo funcionen de manera adecuada por separado, sino que también operen de forma conjunta como un sistema unificado.

Durante esta etapa, se realiza una verificación exhaustiva del correcto desempeño de cada módulo o componente, prestando especial atención a la compatibilidad entre ellos y al cumplimiento de los parámetros definidos en los requerimientos iniciales. Esta revisión minuciosa permite identificar y corregir posibles fallos de integración o inconsistencias en el funcionamiento general del sistema.

Es fundamental comprender que esta fase representa un punto clave dentro del desarrollo del proyecto, ya que de este paso dependerá que el sistema cumpla con los objetivos planteados y funcione de forma estable y confiable. Si no se integra bien cada componente, podrían surgir fallos que afecten el rendimiento general del sistema, por eso es tan importante cuidar cada detalle y hacer revisiones constantes durante todo el proceso. En esta etapa también se realizan pruebas para ver cómo responde el sistema en diferentes situaciones reales. Es ahí donde se ajustan errores, se mejora la comunicación entre los elementos y se asegura que todo esté bien sincronizado. Esta parte del trabajo permite garantizar que, al final, el sistema no solo funcione bien, sino que también esté listo para enfrentar posibles cambios o mejoras a futuro.

4.1.1 Ensamblaje de la placa principal

El diseño del circuito se llevó a cabo utilizando el software ALTIUM Designer, una herramienta especializada que permite la creación precisa y eficiente de esquemas electrónicos y placas de circuitos impreso (PCB).

Esta plataforma no solo optimiza el proceso de diseño, sino que también asegura la integridad funcional del circuito antes de su fabricación.

En la Figura 34 se presenta el diseño final de la placa, elaborado conforme a los criterios de distribución, conexión y rendimiento eléctrico.

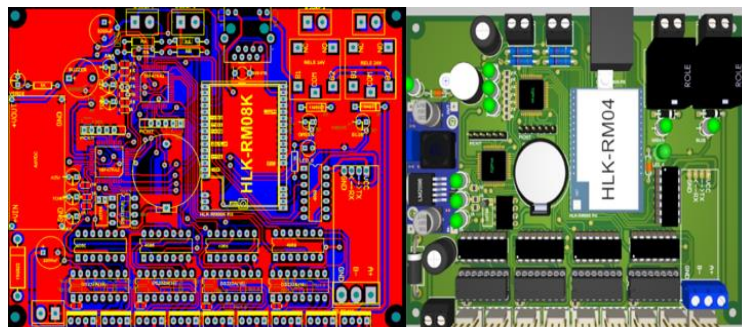


Figura 34. Diseño del circuito- ALTIUM Designer

4.1.2 Placa principal ensamblada

En la Figura 35 se aprecia la tarjeta de circuito impreso (PCB) totalmente ensamblada, correspondiente al módulo principal del sistema de monitoreo. En ella se distinguen varios componentes electrónicos dispuestos de manera estratégica para asegurar un desempeño seguro y óptimo. Esta distribución permite un flujo adecuado de señales y una mejor organización del cableado. Además, se tuvo en cuenta el espacio disponible y la ventilación para evitar sobrecalentamientos. El diseño también facilita futuras reparaciones o reemplazos de componentes en caso de fallos. Cada parte fue ubicada cuidadosamente para garantizar un funcionamiento estable y confiable del sistema en condiciones reales de operación.

En la parte superior se encuentran conectores tipo bornera, utilizados para la conexión segura de señales externas, de los sensores.

También se ha incorporado resistencias y condensadores electrolíticos y cerámicos que cumplen funciones de filtrado, estabilización y protección de señales eléctricas. Además, se integran LEDs indicadores de distintos colores, que permiten la verificación visual del estado del sistema, facilitando tareas de diagnóstico y monitoreo en tiempo real.

La organización y distribución de los componentes se planificaron meticulosamente con el fin de mejorar la disipación del calor, reducir las interferencias electromagnéticas y simplificar tanto el proceso de montaje como las tareas de mantenimiento del sistema.

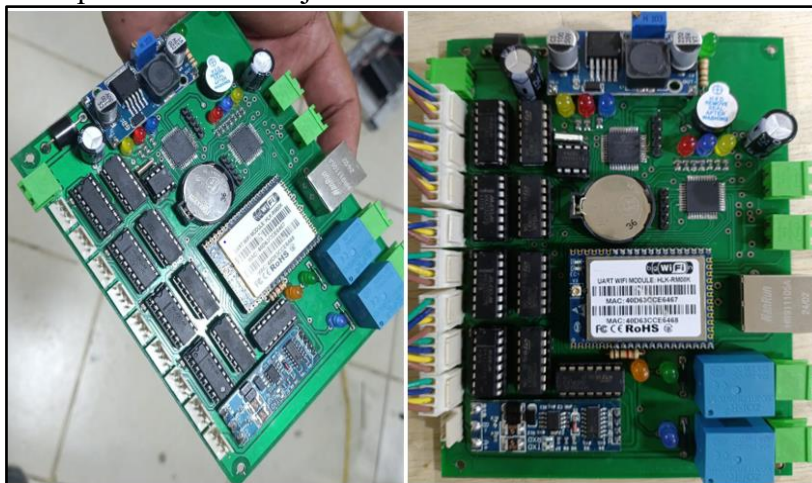


Figura 35. Circuito impreso, con los componentes electrónicos colocados

4.1.3 Caja de alojamiento y distribución de conexiones

En la Figura 36 se muestra el circuito central del sistema, el cual ha sido cuidadosamente instalado dentro de una caja protectora que fue previamente diseñada y fabricada mediante impresión 3D. Esta carcasa personalizada fue elaborada con dimensiones específicas, pensadas para alojar de manera segura todos los componentes electrónicos y facilitar su montaje. Además, su diseño permite una buena ventilación interna, evitando el sobrecalentamiento durante el funcionamiento del sistema. Se procuró que la estructura sea lo suficientemente resistente para proteger el circuito ante posibles golpes o movimientos bruscos. También se consideró la facilidad de acceso a los conectores y puntos de prueba, en caso de que se requieran ajustes o mantenimientos. Esta protección no solo mejora la durabilidad del sistema, sino que también aporta una presentación más ordenada y profesional del conjunto.

Dentro de la estructura impresa, se han incorporado conectores de salida estratégicamente ubicados, los cuales permiten la conexión ordenada y firme de los sensores. Los conectores empleados permiten establecer una conexión segura entre el circuito principal y los sensores externos. Al mismo tiempo, aportan robustez mecánica y ofrecen protección contra vibraciones y manipulaciones accidentales.

El uso de una caja impresa en 3D aporta una solución versátil y adaptable, permitiendo optimizar el espacio interno y ofrecer un soporte adecuado para los elementos electrónicos, mejorando así la durabilidad y el rendimiento global del sistema.



Figura 36. Vista del circuito central montado en caja impresa en 3D

4.1.4 Encapsulado del circuito central

En la Figura 37 se observa el gabinete de protección que será utilizado para alojar el circuito de control del sistema. Se trata de una caja de material endodérmico, seleccionada por sus propiedades aislantes y su alta resistencia a condiciones ambientales adversas. Este tipo de encapsulado resulta ideal para su instalación en exteriores, como en la terraza de la Universidad Nacional de Chimborazo, ya que proporciona una protección efectiva contra la humedad, la lluvia, el polvo y la acción del viento.

El interior del gabinete cuenta con un acabado metálico recubierto con pintura antioxidante, lo que garantiza durabilidad y resistencia en condiciones adversas. En su interior se ha instalado el circuito electrónico, el cual ha sido alojado dentro de una caja auxiliar de menor tamaño, fabricada previamente mediante impresión 3D con medidas personalizadas.

Esta caja dispone de una tapa también impresa, sobre la cual se ha incorporado la identificación visual con los nombres LabVIEW y Ubidots, correspondientes a las plataformas de control y visualización utilizadas. Además, los puertos de entrada han sido rotulados de forma clara y ordenada, permitiendo una conexión precisa de los sensores de temperatura y facilitando así una instalación rápida, segura y eficiente.

Esta disposición no solo facilita el montaje, sino que también garantiza una mayor durabilidad y resistencia mecánica del conjunto.



Figura 37. Caja de material endodérmico

4.1.5 Sensor de Irradiancia y UV

Con el propósito de determinar la ubicación más adecuada para los sensores, se ha desarrollado una base especializada utilizando software de diseño tridimensional, la cual posteriormente fue fabricada mediante tecnología de impresión 3D, lo que permitió una construcción precisa y adaptable a las dimensiones del sistema. Esta estructura ha sido concebida para alojar de forma firme y segura los sensores encargados de medir la irradiancia y la radiación solar global en el espectro ultravioleta (UV), componentes esenciales para el monitoreo ambiental del sistema fotovoltaico.

Tras un análisis técnico de la orientación e inclinación de los paneles solares, se determinó que la zona superior de los mismos constituye el punto más favorable para la instalación de estos sensores. Esta ubicación permite que los dispositivos capten directamente la radiación solar incidente sin interferencias externas, asegurando así lecturas precisas y representativas de las condiciones reales a las que están expuestos los paneles. Además, esta posición estratégica contribuye a la mejora en la calidad de los datos obtenidos, los cuales son fundamentales para evaluar el rendimiento térmico y energético del sistema.

Por otro lado, la elección de esta ubicación también responde a criterios prácticos de mantenimiento y operatividad, ya que facilita el acceso a los sensores para tareas de inspección, limpieza o reemplazo, y minimiza el riesgo de sombras u obstáculos que puedan alterar los valores registrados. El diseño detallado del soporte y su ubicación final sobre el sistema se presentan en la Figura 38, donde se puede observar su integración con la estructura general del conjunto.



Figura 38. Soporte y ubicación de los sensores de UV e irradiancia

4.1.6 Montaje de los sensores de temperatura

Para la instalación de los sensores de temperatura se han diseñado y fabricado bases personalizadas mediante impresión 3D. Estas bases permitirán fijar cada sensor en la parte trasera de los paneles solares tal como se muestra la Figura 39. La elección de esta ubicación no es casual: la parte trasera del panel es el lugar más adecuado para obtener una medición precisa de la temperatura de funcionamiento de las células fotovoltaicas, parámetro que influye directamente en la eficiencia del sistema. En contraste, la parte frontal del panel, al estar expuesta de forma directa a la radiación solar, tiende a mostrar temperaturas distorsionadas que no reflejan el valor exacto del comportamiento térmico interno del panel.



Figura 39. Ubicación de sensores de temperatura

4.1.7 Ubicación de los sensores de corriente JDK-10-QD

Los dos sensores de corriente JDK-10-QD emplean el protocolo de comunicación RS485 y se encuentran conectados en paralelo con el sensor de irradiancia como se observa en la Figura 40. La programación en el microcontrolador se ha configurado de manera secuencial, permitiendo que las lecturas de los sensores se realicen una tras otra en un orden predefinido. Como resultado, el último valor registrado en cada ciclo de lectura corresponde a la medición de la irradiancia.



Figura 40. Sensor de corriente JDK-10-QD

4.1.8 Implementación del sistema de enfriamiento

En la Figura 41 se presenta el sistema de enfriamiento diseñado para optimizar el rendimiento térmico de los paneles solares.

Para su implementación se ha utilizado un tubo de PVC como conducto principal, seleccionado por su resistencia a la intemperie y facilidad de perforación. A lo largo del tubo se han realizado cuatro orificios por panel solar, en los cuales se han instalado nebulizadores de precisión.

Estos dispositivos permiten la pulverización controlada del agua, generando una fina niebla sobre la superficie de los paneles. Este método de enfriamiento por rocío contribuye a reducir la temperatura superficial sin generar un choque térmico que pueda afectar la integridad de las celdas fotovoltaicas.



Figura 41. Sistema de enfriamiento

4.1.9 Sistema electrónico montado y operativo

La Figura 42 muestra la ubicación del sistema en el sitio de instalación. La caja, fabricada con material aislante, se ha colocado estratégicamente debajo de los paneles solares para proteger sus componentes de la lluvia y otras condiciones ambientales. En su interior se encuentra el circuito central, el cual está debidamente instalado y conectado a la red eléctrica. Además, se observa que todos los sensores están correctamente integrados al sistema y operando en condiciones normales, garantizando así un funcionamiento confiable.

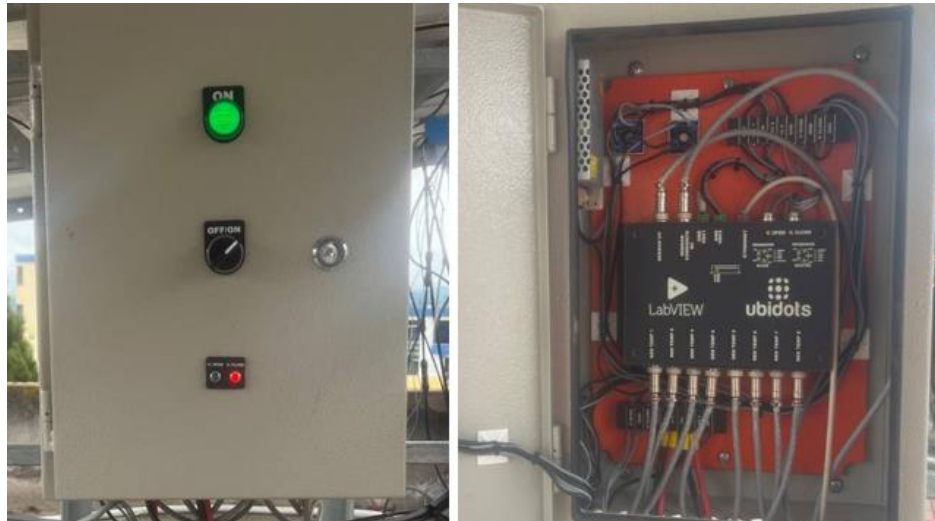


Figura 42. Ubicación del sistema

4.1.10 Aplicación final en LabVIEW

En la Figura 43 se puede apreciar el resultado final de la implementación del proyecto, donde se muestra claramente la plataforma que será utilizada para el monitoreo y control del sistema. Esta interfaz ha sido desarrollada con el objetivo de ofrecer una visualización amigable y eficiente de los datos recopilados por los sensores, permitiendo al usuario realizar un seguimiento en tiempo real del comportamiento del sistema. Además, facilita la toma de decisiones oportunas en función de los valores obtenidos, lo que contribuye a optimizar el rendimiento de los paneles solares y garantizar un funcionamiento más seguro y confiable.



Figura 43. Aplicación final del proyecto

4.2 Visualización de datos

Para la recolección y monitoreo de las variables medidas por los sensores del sistema, LabVIEW permite adquirir los datos en tiempo real mediante comunicación serial.

La plataforma se conectó a los sensores utilizando el protocolo RS485, y se implementaron funciones para interpretar la información, recibida convertirla a formato numérico y representarla gráficamente en el panel frontal.

Para la visualización de datos en LabVIEW se ha colocado una tabla en la que se representan los datos recolectados en tiempo real, con una frecuencia de actualización de un minuto. Entre las variables registradas se incluyen las lecturas provenientes de los ocho sensores de temperatura, los valores de dos voltajes y dos corrientes, así como las mediciones obtenidas por el sensor de radiación ultravioleta (UV) y el sensor de irradiancia. Además, se muestra la potencia de entrada y salida del sistema, junto con el cálculo correspondiente de la eficiencia tal como se muestra en la Figura 44. Esta información es fundamental para el análisis del desempeño de los paneles solares y permite evaluar en todo momento el estado operativo del sistema de generación.

FECHA/HORA	TEMP 1	TEMP 2	TEMP 3	TEMP 4	TEMP 5	TEMP 6	TEMP 7	TEMP 8	VOLT 1	VOLT 2
07-06-2025/13:35:30	33.70	34.20	32.50	19.50	32.50	33.80	32.10	32.20	416.90	479.95
07-06-2025/13:35:52	33.70	34.20	33.00	19.70	32.20	33.50	32.10	32.20	412.32	470.85
07-06-2025/13:36:50	33.90	34.30	33.60	19.40	33.40	33.90	32.10	31.60	434.18	470.85
07-06-2025/13:37:52	27.90	27.60	30.40	18.40	31.50	27.10	26.90	24.50	427.57	475.67
07-06-2025/13:38:53	24.70	24.40	27.40	17.80	30.30	24.10	23.60	21.40	399.61	471.38
07-06-2025/13:39:54	23.10	22.80	25.80	17.80	28.50	23.10	22.00	20.50	390.46	479.42
07-06-2025/13:40:55	19.80	19.30	22.50	18.90	23.10	20.10	19.50	19.00	415.88	487.99
07-06-2025/13:41:57	18.40	17.80	20.60	15.60	19.80	18.60	17.30	17.60	399.10	483.70
07-06-2025/13:42:58	18.50	18.20	20.30	16.10	20.10	19.10	17.80	17.60	395.03	487.99

CORRIENTE 1	CORRIENTE 2	UV	IRRADIANCIA	POTENCIA SALIDA 1	POTENCIA SALIDA 2	EFICIENCIA 1	EFICIENCIA 2
2.60	2.45	42599.90	812,00	208,00	239,50	10,27	10,27
2.70	2.52	42151.48	805,00	206,00	235,00	2,49	2,49
2.02	2.46	40806.22	773,00	217,00	235,00	2,49	2,49
2.19	2.41	39653.14	754,00	213,50	237,50	2,73	2,73
2.30	2.24	37859.46	678,00	199,50	235,50	2,76	2,76
2.20	2.04	34272.10	618,00	195,00	239,50	2,87	2,87
2.09	1.97	32734.66	576,00	207,50	487,00	3,07	3,07
2.19	2.03	34272.10	595,00	199,50	241,50	3,51	3,51
2.30	2.09	36834.50	634,00	197,50	243,50	3,26	3,26

Figura 44. Visualización de datos obtenidos de la plataforma de LabVIEW

4.3 Pruebas y validación

Para comprobar que el proyecto funciona correctamente, se realizaron varias mediciones en las que se fue registrando la temperatura de cada panel solar. A partir de esos datos, fue posible calcular tanto la potencia como la eficiencia del sistema. En total, se obtuvieron 554 registros diarios. En la Figura 44 se puede ver una parte del proceso de recolección de estos datos.

4.4 Resultados estadísticos

4.4.1 Recolección de datos

Con el fin de llevar a cabo una recolección de datos eficiente y confiable, es fundamental realizar un monitoreo constante del estado de los sensores instalados estratégicamente debajo de cada panel solar. Este seguimiento permite verificar el correcto funcionamiento del sistema de medición y garantiza que los valores registrados correspondan a las condiciones reales de operación. Asimismo, es necesario revisar periódicamente la información generada y transmitida por estos sensores hacia las plataformas digitales utilizadas.

En este caso, se emplea la plataforma Unibots, la cual permite visualizar y almacenar datos en tiempo real, facilitando el acceso remoto desde cualquier ubicación geográfica con conexión a internet. Esta funcionalidad resulta especialmente útil para el análisis continuo del sistema sin necesidad de presencia física en el sitio.

Los datos generados por los sensores son procesados inicialmente en el entorno de programación LabVIEW, desde donde se estructuran y envían automáticamente hacia la plataforma web de Unibots. Esto permite una supervisión remota, ordenada y en tiempo real

de todas las variables involucradas en el funcionamiento del sistema solar, optimizando así tanto el análisis como la toma de decisiones.

4.4.2 Prueba de Normalidad

Para este proyecto, se realizó una prueba que fue de gran ayuda para entender cómo se comportan los datos recolectados, específicamente para saber si siguen una distribución normal. Esto es importante porque muchos análisis estadísticos funcionan mejor cuando los datos tienen esa característica. Si los datos cumplen con esta condición, se puede usar métodos paramétricos con mayor seguridad, lo que permite obtener resultados más claros y confiables. Sin embargo, cuando los datos no se ajustan a esta distribución, es mejor utilizar pruebas no paramétricas.

4.4.3 Planteamiento de las Hipótesis

Tabla 7. Análisis de Hipótesis con la prueba de normalidad de Lilliefors

Hipótesis	Estadístico	P-valor	Normalidad al 95% de confianza
H₀: Eficien_Eval1 se distribuye normalmente H₁: Eficien_Eval1 no se distribuye normalmente	D = 0.51892	p-value < 2.2e-16 menor a 0.05	Se rechaza H ₀ , Eficien_Eval1 no se distribuye normalmente
H₀: Eficien_Eval2 se distribuye normalmente H₁: Eficien_Eval2 no se distribuye normalmente	D = 0.52235	p-value < 2.2e-16 menor a 0.05	Se rechaza H ₀ , Eficien_Eval2 no se distribuye normalmente

Como se observa en la tabla 7, la prueba de normalidad de Lilliefors de las variables, Eficien_Eval1 y Eficien_Eval2, con el fin de comprobar si los datos siguen una distribución normal. La prueba se utilizó porque permite evaluar conjuntos de datos reales donde los parámetros como la media y la desviación estándar se estiman directamente de la muestra. En función de los resultados obtenidos, se decide que se rechaza la normalidad.

4.4.3 Prueba no paramétrica de Wilcoxon

Tabla 8. Prueba no paramétrica de Wilcoxon

Establecer la hipótesis nula y alternativa. H₀: La distribución de la variable Eficien_Eval1 es igual a la distribución de la variable Eficien_Eval2 H_a: La distribución de la variable Eficien_Eval1 es diferente a la distribución de la variable Eficien_Eval2	
Nivel de significancia	$\alpha = 0.05$
Estadístico	V = 1446
P-valor	< 2.2e-16 es menor a 0.05
Tomar la decisión Se rechaza la hipótesis nula, la distribución de la variable Eficien_Eval1 es diferente a la distribución de la variable Eficien_Eval2 al 95% de confianza	

En la tabla 8 se observa el análisis no paramétrico de Wilcoxon y se comprobó que si había una diferencia importante entre los conjuntos de datos llamados Eficien_Eval1 y Eficien_Eval2. Para eso, se realizó una prueba estadística que permitió comparar cómo se comportan ambas variables, es decir, si siguen un patrón parecido o si hay diferencias claras entre ellas.

Se trabajó con un nivel de confianza del 95%, lo que significa que los resultados tienen un buen nivel de certeza. Al hacer la prueba, se obtuvo un valor que indicaba una diferencia bastante marcada, y el p valor fue muy pequeño, tanto que es prácticamente imposible que ambas variables tengan distribuciones iguales.

Por eso, se concluye que Eficien_Eval1 y Eficien_Eval2 tienen una diferencia significativa. Este resultado es importante porque nos muestra que cada una tiene características distintas, por lo que la toma de decisión es que se rechaza la hipótesis nula ya que la distribución de la variable Eficien_Eval1 es diferente a la distribución de la variable Eficien_Eval2 al 95% de confianza.

4.5 Discusión

El análisis estadístico exhaustivo de los datos obtenidos permitió identificar un aumento considerable en la eficiencia operativa de los paneles solares. Este incremento se hace particularmente evidente durante jornadas caracterizadas por una alta exposición solar, donde la radiación es más intensa y constante. La relación directa entre las condiciones climáticas y el desempeño del sistema fotovoltaico demuestra que, en días despejados y con elevada luminosidad, los paneles logran un mayor aprovechamiento energético. Estos resultados no solo validan el buen funcionamiento del sistema bajo condiciones óptimas, sino que también resaltan la importancia de considerar variables ambientales al momento de evaluar la eficiencia de las instalaciones solares.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

- El presente trabajo logró diseñar e implementar un sistema de control y monitoreo de temperatura en paneles solares, mediante la integración de un sistema SCADA, cumpliendo de manera efectiva con los objetivos planteados. A través del uso de sensores, microcontroladores y plataformas como LabVIEW y Ubidots, se logró obtener información en tiempo real sobre variables como temperatura, irradiancia, voltaje, corriente y eficiencia, permitiendo tomar decisiones de control automático para la activación del sistema de enfriamiento.
- Los resultados obtenidos evidencian que, al mantener la temperatura de los paneles dentro de rangos óptimos, se reduce la pérdida de rendimiento asociada al sobrecalentamiento. Asimismo, la plataforma SCADA implementada permitió una visualización clara, precisa y continua del estado del sistema, lo cual facilita la supervisión y control de este sistema, tanto de manera automática como manual.
- Desde el punto de vista técnico, la combinación de sensores, microcontroladores, protocolos de comunicación y herramientas como LabVIEW y Ubidots hizo posible el desarrollo de un sistema sólido y funcional, capaz de recoger, procesar y enviar datos de forma eficiente. Este proyecto aporta al avance de tecnologías enfocadas en el uso de energías renovables, ofreciendo una propuesta práctica que puede aplicarse y adaptarse fácilmente a situaciones reales.

5.2 Recomendaciones

- Durante la implementación del sistema SCADA, se recomienda mantener una configuración clara y organizada de los sensores en el software LabVIEW, lo que facilita la supervisión de las variables en tiempo real y mejora la interpretación de datos.
- Es fundamental asegurarse de que los sensores de temperatura y corriente se encuentren correctamente calibrados de forma constante, ya que cualquier error en sus mediciones puede afectar directamente el comportamiento del sistema. Su precisión es clave para que el sistema de enfriamiento se active en el momento adecuado y funcione de manera eficiente, evitando posibles fallos o pérdidas de rendimiento en los paneles solares.
- Finalmente, durante la fase de montaje físico del sistema, es fundamental asegurar un correcto aislamiento y fijación de todas las conexiones eléctricas y estructurales, tanto en la caja de conexiones como en los sensores y la electroválvula. Un cableado mal protegido o una conexión inestable pueden generar fallos en el funcionamiento del sistema o, en el peor de los casos, provocar situaciones riesgosas. Por ello, es importante utilizar materiales adecuados, fijaciones firmes y una correcta distribución del cableado para garantizar un funcionamiento seguro y confiable a lo largo del tiempo, especialmente en condiciones de operación continua.

6. BIBLIOGRAFÍA

- [1] M. Nuñez, «International Journal of Management Science & Operation Research,» de *Estudio de percepción sobre energía limpia y auto sostenible*, 2018, pp. 11-15.
- [2] P. Alvarado, «Energías renovables, el camino hacia la sostenibilidad energética,» 2023.
- [3] j. Smith y A. Johnson , de *Wind Energy: Principles and Applications*, Nueva York, 2021, pp. 150-152.
- [4] L. Davis y R. Thompson, de *Solar Energy: Fundamentals and Technologies*, Londres, Reino Unido: Academic Press, 2022, pp. 75-78.
- [5] P. Martinez y S. Gupta, de *Photovoltaic Cell Design and Manufacturing*, Berlin, Alemania, 2021, pp. 112-115.
- [6] T. Green y K. Foster, de *Alternative Energy Sources and Climate Change Mitigation*, Cambridg, Reino Unido, 2023, pp. 205-208.
- [7] M. Johnson y A. Richards, de *Climate Change and Biodiversity: Impacts on Habitats and Ecosystems*, Oxford, Reino Unido, 2022, pp. 152-156.
- [8] L. Garcia y J. Thompson, de *Renewable Energy Projects: Wind, Hydroelectric, Biomass, and Solar Power*, Nueva York, 2021, pp. 180-183.
- [9] R. Miller y L. Zhang, de *Advances in Solar Energy: Photovoltaic Technologies and Applications*, San Francisco , 2022, pp. 95-98.
- [10] F. Linares, «Efecto de la temperatura en paneles solares fotovoltaicos y tecnologías de refrigeración para el mejoramiento de la eficiencia,» Medellin , 2022.
- [11] J. L. Jinez Tapia y D. W. Herrera Pazmiño, *Diseño de un sistema IoT para el análisis de parámetros térmicos y calidad de la energía en la planta de Generación Fotovoltaica de la Facultad de Ingeniería*, Riobamba, 2023.
- [12] J. Twidell y T. Weir, "Renewable Energy Resources", 2020.
- [13] J. Grainger y W. Stevenson, "Power System Analysis". McGraw-Hill Education., 2020, pp. 113-133.
- [14] Análisis de circuitos en ingeniería, 2019.
- [15] T. Henry, Matemáticas eléctricas y cálculos de caída de voltaje, Estados Unidos , 2020.
- [16] C. K. Alexander y S. Matthew N.O, Fundamentals of Electric Circuits, McGraw-Hill Education, 2021.
- [17] M. Boxwell, Solar Electricity Handbook, Greenstream Publishing, 2023.
- [18] R. Rosas, La radiación solar., Mexico: Terracota, 2022.
- [19] C. Borroto y J. Lopez, Cambio climático, San Gregorio de Portoviejo, 2024.
- [20] M. Osses y R. Rondanelli, Energía solar, Chile, 2020.
- [21] H. E, E. Hall y A. Giaccia, Radiobiology for the Radiologist, Lippincott Williams & Wilkins., 2018.
- [22] J. Duffie y W. A. Beckman , Solar Engineering of Thermal Processes. Wiley., 2019.
- [23] D. Brown y J. Wilson, de *Lighting Engineering: Luminous Flux and Intensity Concepts*, Londres, Reino Unido, 2021, pp. 45-48.
- [24] G. Martin, Instalaciones solares fotovoltaicas, Barcelona, 2023.
- [25] A. J.(s.f), «Manual de sistemas fotovoltaicos».
- [26] A. Luque y S. Hegedus, Handbook of Photovoltaic Science and Engineering, Wiley, 2020.
- [27] O. P. Lamiguero, «Sistemas fotovoltaicos conectados a red,» de "*Handbook of Photovoltaic Science and Engineering*", John Wiley & Sons, 2019, pp. 523-575.
- [28] M. .. Tobajas, Energía solar fotovoltaica, Bogota, 2020.

- [29] J. A, «Save Energy suministros solares,» 8 2019. [En línea]. Available: <https://saveenergysolar.com/funcionamiento-de-las-celdas-solares/>.
- [30] O. Perpiñan Lamigueiro, Energía Solar Fotovoltaica, España, 2020.
- [31] «Efficiency for Energy,» 27 09 2023. [En línea]. Available: <https://www.e4e-soluciones.com/blog-eficiencia-energetica/celulas-fotovoltaicas-tipos-materiales-proceso-fabricacion>.
- [32] G. Tiwari y M. Ghosal, «Temperature Effects on PV Cells,» de *Renewable Energy Resources: Basic Principles and Applications*, Oxford, UK, Alpha Science International, 2023, pp. 145-175.
- [33] T. Markvart y L. Castañer, «Practical Handbook of Photovoltaics: Fundamentals and Applications,» de *Photovoltaic System Configurations*, London, UK, London, UK, 2020, pp. 205-240.
- [34] S. Kalogirous, «Types of Solar Photovoltaic Systems,» de *Solar Energy Engineering: Processes and Systems*, San Diego, Academic Press, 2021, pp. 320-355.
- [35] A. Patel y S. Kumar, de *Water-Cooled Solar Panels: Efficiency Enhancement through Thermal Regulation*, Amsterdam, 2023, pp. 120-123.
- [36] F. Stouffer y K. Scarfone, «Guide to Industrial Control Systems (ICS) Security,» de *SCADA Systems*, Gaithersburg, MD, USA, National Institute of Standards and Technology (NIST), 2019, pp. 112-148.
- [37] D. Kurtulus, «SCADA Systems for Modern Smart Grids: Principles and Applications,» de *Introduction to SCADA Systems*, Hoboken, NJ, USA, Wiley, 2020, pp. 45-80.
- [38] R. H. Bishop, Learning with LabVIEW, 2018.
- [39] J. Arroyo Ruiz, iniciación al diseño de circuitos impresos con Altium Designer, 2022.
- [40] R. Zamarreño, Programación de microcontroladores paso a paso. Marcombo, 2021.
- [41] J. Martínez, Programación de microcontroladores PIC con MPLAB X IDE, Técnica, 2021.
- [42] D. Mínguez, Desarrollo de aplicaciones IoT en la nube para Arduino y ESP8266., 2020.
- [43] L. Gómez, Introducción a robótica educativa con UniBots, Tecnología Avanzada, 2022.
- [44] D. E. B. H. R. A. D. Azucena Monserrate Macías Merizalde, Metodología de la investigación aplicada a las ciencias de la salud y la educación, Estados Unidos: Ediciones Mawil, 2023.
- [45] J. Yuni y C. Urbano, Metodología y técnicas para investigar, Argentina: Brujas, 2020.
- [46] S. Hernandez, C. Fernadez y L. Baptista, Metodología de la investigación, Mexico, 2020.
- [47] G. Guevara Alban, Metodologías de investigación educativa, 2020.
- [48] S. J, Metodos de investigacion, Alpha, 2020.
- [49] S. Pontis, Comprender la investigación de campo, Mexico, 2020.
- [50] J. Collins, Técnicas de investigación de campo, Mexico: ALEC, 2020.
- [51] N. Denzin y Y. Lincoln, Métodos de recolección y análisis de datos, España: Gedisa, 2020.
- [52] P. Garcia, Termometría infrarroja:, Mexico, 2021.
- [53] J. Méndez, Electroválvulas, Madrid, España, 2021.
- [54] D. Burga Mañay y C. Navarrete Bravo, Desarrollo de una red de comunicación RS485 para el control de motores paso a paso industriales., Ecuador, 2024.
- [55] F. López y M. Perez, Sensores industriales de corriente y voltaje, Mexico, 2021.
- [56] Fraden, Handbook of Modern Sensors, 2020.
- [57] R. Gonzales y A. Martinez, Tecnologías avanzadas en sensores de radiación, España, 2022.
- [58] A. & M. J. Pérez, Instrumentación y Sensores en Sistemas Fotovoltaicos, Ciudad de México,, 2021.
- [59] J. Bird, Electrical and Electronic Principles and Technology, London, 2020.

7. ANEXOS



Anexo 1 Sensores de irradiancia y UV



Anexo 2 Circuito del sistema



Anexo 3 Sistema de enfriamiento activado



Anexo 4 Implementación del sistema