



**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA,**  
**ELECTRÓNICA Y SISTEMAS**  
**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA MECÁNICA**  
**ELÉCTRICA**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR**  
**HÍBRIDO BASADO EN MICROCONTROLADOR ATMEGA328P**  
**PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LA ZONA URBANA**  
**DEL DISTRITO DE PUNO**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**MIDWAR LUIS CCAMA FLORES**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO MECÁNICO ELECTRICISTA**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR HÍBRIDO BASADO EN MICROCONTROLADOR ATMEGA328P PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE PUNO**

AUTOR

**MIDWAR LUIS CCAMA FLORES**

RECuento DE PALABRAS

**15810 Words**

RECuento DE CARACTERES

**94015 Characters**

RECuento DE PÁGINAS

**94 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**3.0MB**

FECHA DE ENTREGA

**Jan 25, 2024 3:15 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Jan 25, 2024 3:16 PM GMT-5**

### ● 12% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base

- 11% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 0% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Cross

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 12 palabras)



*Felipe*  
VºBº Sub Dirección de Investigación  
Msc. Felipe Condon Chambiña

Resumen



## DEDICATORIA

Quiero dedicar esta tesis a mis padres Luis Ccama y Rosa Flores por estar a mi lado en cada paso que doy en mi búsqueda de crecer como persona y profesional, por sus consejos, su apoyo incondicional y su paciencia, todo lo que hoy soy es gracias a ellos. También dedico estas palabras a mi Hermanita Miyeira, por los consejos, las experiencias que nunca olvidare y por compartir muchos bellos momentos que hemos pasado juntos.

Y a quien me acompañó, me ayudó y me motivó desde el inicio para poder empezar y concluir con éxito este proyecto de tesis.

**Midwar Luis Ccama Flores**



## AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por permitirme culminar esta etapa con éxito y salud, por ser mi fuente de fortaleza en los momentos de fragilidad y por otorgarme una vida repleta de enseñanzas, vivencias, alegría y tener una familia maravillosa.

Agradecer a todas las personas que han contribuido de alguna forma en la realización de este proyecto de tesis.

En primer lugar, A la Universidad Nacional del Altiplano, Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Electrónica Y Sistemas, Escuela Profesional de Ingeniería Mecánica Eléctrica por su formación profesional.

Agradecer a mi director/asesor de tesis, Dr. Fredy Bernardo Coyla Apaza, por su orientación, paciencia y apoyo constante a lo largo de todo el proceso de investigación.

También quiero agradecer a D.Sc. Leonidas Vilca Callata, M.Sc. Henry Shuta Lloclla y M.Sc. Omar Luis Neira Cutipa por su colaboración en la realización de entrevistas y encuestas, lo que ha permitido obtener datos valiosos para el desarrollo de este proyecto de tesis.

**Midwar Luis Ccama Flores**



# ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<b>DEDICATORIA</b>	
<b>AGRADECIMIENTOS</b>	
<b>ÍNDICE GENERAL</b>	
<b>ÍNDICE DE FIGURAS</b>	
<b>ÍNDICE DE ANEXOS</b>	
<b>ACRÓNIMOS</b>	
<b>RESUMEN.....</b>	<b>12</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>13</b>
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA .....</b>	<b>15</b>
<b>1.2. HIPÓTESIS .....</b>	<b>15</b>
1.2.1. Hipótesis Específicas .....	15
<b>1.3. OBJETIVO GENERAL .....</b>	<b>15</b>
1.3.1. Objetivos Específicos.....	16
<b>1.4. METODOLOGÍA .....</b>	<b>16</b>
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN LITERARIA</b>	
<b>2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>17</b>
<b>2.2. ENERGÍA .....</b>	<b>24</b>
2.2.1. Energía Fotovoltaica .....	24
2.2.2. Energía eléctrica.....	25
<b>2.3. ARDUINO .....</b>	<b>26</b>



2.3.1. Microcontrolador ATme0ga328 .....	28
<b>2.4. PROGRAMACIÓN DE MICROCONTROLADOR .....</b>	<b>31</b>
<b>2.5. MÓDULO STEP DOWN .....</b>	<b>33</b>
<b>2.6. BATERÍA .....</b>	<b>35</b>
<b>2.7. REGULADOR DE VOLTAJE LM7805.....</b>	<b>37</b>
<b>2.8. TRANSISTOR.....</b>	<b>38</b>
<b>2.9. OBTENCIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS .....</b>	<b>39</b>
<b>2.10. OBTENCION SEÑALES DIGITALES.....</b>	<b>41</b>
<b>2.11. INTERNET DE LAS COSAS (IoT) .....</b>	<b>42</b>
2.11.1. Arquitectura IoT.....	43
<b>2.12. SHIELD ETHERNET .....</b>	<b>45</b>
<b>2.13. CABLEADO UTP .....</b>	<b>47</b>
<b>2.14. ACTUADORES.....</b>	<b>48</b>
<b>2.15. INVERSOR .....</b>	<b>50</b>
<b>2.16. REGULADOR DE VOLTAJE .....</b>	<b>52</b>
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>	
<b>3.1. MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>55</b>
<b>3.2. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>56</b>
<b>3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>57</b>
<b>3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN .....</b>	<b>57</b>
<b>3.5. DISEÑO DEL SISTEMA .....</b>	<b>57</b>
<b>3.6. PANEL FOTOVOLTAICO .....</b>	<b>59</b>
<b>3.7. CIRCUITO DEL SISTEMA .....</b>	<b>60</b>
<b>3.8. DATOS EN INTERNET .....</b>	<b>63</b>



<b>3.9. CÓDIGO DE ARDUINO .....</b>	<b>65</b>
-------------------------------------	-----------

## **CAPÍTULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

<b>4.1. ANÁLISIS EN REFERENCIA A DATOS OBTENIDOS .....</b>	<b>78</b>
<b>V. CONCLUSIONES.....</b>	<b>80</b>
<b>VI. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>82</b>
<b>VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>83</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>87</b>

**Área:** Energías Renovables

**Tema:** Sistemas Fotovoltaicos

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 30 de enero del 2024



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Panel Solar.....	25
<b>Figura 2</b> Arduino UNO .....	27
<b>Figura 3</b> Microcontrolador.....	29
<b>Figura 4</b> Microcontrolador ATmega328 AVR .....	31
<b>Figura 5</b> Step-Down 8A XL4016.....	34
<b>Figura 6</b> Esquema de una batería de Li-ion .....	37
<b>Figura 7</b> LM 7805 Regulador de Voltaje.....	38
<b>Figura 8</b> Representación de un transistor.....	39
<b>Figura 9</b> Señal Analógica.....	41
<b>Figura 10</b> Señal Digital.....	42
<b>Figura 11</b> Arquitectura de internet de las cosas.....	45
<b>Figura 12</b> Shield Ethernet .....	47
<b>Figura 13</b> PatchCord UTP.....	48
<b>Figura 14</b> Actuador SMA .....	50
<b>Figura 15</b> Convertidores (inversores) de CC a CA.....	52
<b>Figura 16</b> Circuito Interno del 7805 .....	54
<b>Figura 17</b> Diagrama del sistema .....	59
<b>Figura 18</b> Paneles Solares de la Investigación.....	60
<b>Figura 19</b> Circuito esquemático del sistema.....	62
<b>Figura 20</b> Circuito prototipo del sistema .....	63
<b>Figura 21</b> Modulo Shield Ethernet en el sistema.....	64
<b>Figura 22</b> Datos en Internet .....	65
<b>Figura 23</b> Estructura de código de Arduino.....	67
<b>Figura 24</b> Variables del código.....	68



<b>Figura 25</b> Bloque void setup en el código .....	69
<b>Figura 26</b> Void loop del código .....	70
<b>Figura 27</b> Registros de las variables en tiempo real .....	71
<b>Figura 28</b> Comportamiento del voltaje de la batería en el dominio del tiempo.....	73
<b>Figura 29</b> Voltaje del panel solar en el dominio del tiempo .....	74
<b>Figura 30</b> Graficas de conmutación en el dominio del tiempo .....	75
<b>Figura 31</b> Voltajes de panel, batería y carga en el dominio del tiempo.....	77
<b>Figura 32</b> Registro de datos .....	78
<b>Figura 33</b> Análisis de datos.....	78



## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> Fotografías de panel solar .....	87
<b>Anexo 2</b> Fotografías de la batería.....	88
<b>Anexo 3</b> Registro de datos en Internet.....	89
<b>Anexo 4</b> Código de programación del microcontrolador ATmega328P .....	90
<b>Anexo 5</b> Declaración jurada de autenticidad de tesis .....	93
<b>Anexo 6</b> Autorización para el depósito de tesis o trabajo de investigación en el repositorio institucional.....	94



## ACRÓNIMOS

<b>IDE;</b>	Entorno de Desarrollo Integrado
<b>C++:</b>	Es un lenguaje de programación C++
<b>CPU:</b>	Unidad Central de Procesamiento
<b>AC:</b>	Corriente Alterna
<b>DC:</b>	Corriente Continua
<b>IoT:</b>	Internet de las cosas
<b>GND:</b>	Tierra o referencia de tierra
<b>FV:</b>	Fotovoltaico
<b>PCB:</b>	Placa de Circuito Impreso
<b>RAM:</b>	Memoria de Acceso Aleatorio
<b>EEPROM:</b>	Memoria de Solo Lectura Programable y Borrable Electrónicamente
<b>UTP:</b>	Par Trenzado No Apantallado



## RESUMEN

Considerando que la estabilidad en el suministro de energía eléctrica por parte de las empresas no siempre es constante, es evidente que las interrupciones y cortes de energía pueden ocasionar daños a los equipos electrónicos de los hogares, es por ello que esta investigación tiene como objetivo diseñar e implementar un controlador híbrido basado en microcontrolador ATmega328P para sistemas fotovoltaicos en la zona urbana del distrito de Puno. La energía solar, al aprovechar la radiación solar constante que llega a la Tierra, es una fuente inagotable y renovable. La implementación de este controlador no solo promueve la eficiencia energética, sino que también tiene un impacto positivo en la economía de los usuarios, al ofrecer un mecanismo efectivo para alternar entre la red eléctrica convencional y un sistema fotovoltaico. La metodología comprende la implementación del prototipo, el monitoreo del rendimiento en condiciones de carga reales y de esta forma el tratamiento de datos de voltaje de panel fotovoltaico y batería se realiza dentro del controlador para lograr una gestión de la energía y se muestra un resumen de la estadística de los datos obtenidos. Se tiene la inclusión de un lenguaje computacional para enviar comandos y accionar actuadores. Este enfoque busca proporcionar una solución asequible, eficiente y de fácil implementación en comparación con las alternativas existentes en el mercado. La instalación de este sistema en los hogares no solo promueve la eficiencia energética a nivel individual, sino que también contribuye significativamente al desarrollo sostenible a escala comunitaria y regional. El prototipo desarrollado obtiene como resultado la reducción de costos en el recibo de luz que llega mensualmente, esto muestra la efectividad del sistema desarrollado.

**Palabras clave:** Panel Fotovoltaico, Energía Eléctrica convencional, Energía Fotovoltaica, Microcontrolador, Lenguaje Computacional.



## ABSTRACT

Considering that the stability in the supply of electrical energy by companies is not always constant, it is evident that interruptions and power outages can cause damage to electronic equipment in homes, which is why this research aims to design and implement a hybrid controller based on ATmega328P microcontroller for photovoltaic systems in the urban area of the Puno district. Solar energy, by taking advantage of the constant solar radiation that reaches the Earth, is an inexhaustible and renewable source. The implementation of this controller not only promotes energy efficiency, but also has a positive impact on the users' economy, by offering an effective mechanism to switch between the conventional electrical grid and a photovoltaic system. The methodology includes the implementation of the prototype, the monitoring of performance in real load conditions and in this way the treatment of voltage data from the photovoltaic panel and battery is carried out within the controller to achieve energy management and a summary of the statistics of the data obtained. There is the inclusion of a computational language to send commands and activate actuators. This approach seeks to provide an affordable, efficient and easy-to-implement solution compared to existing alternatives on the market. The installation of this system in homes not only promotes energy efficiency at the individual level, but also contributes significantly to sustainable development at the community and regional scale. The developed prototype results in a cost reduction in the electricity bill that arrives monthly, this shows the effectiveness of the developed system.

**Keywords:** Photovoltaic Panel, Conventional Electrical Energy, Photovoltaic Energy, Microcontroller, Computational Language.



# CAPITULO I

## INTRODUCCIÓN

La energía fotovoltaica ofrece ventajas significativas en el panorama energético actual. Al ser una fuente renovable e inagotable, contribuye a la sostenibilidad ambiental al tiempo que reduce las emisiones de gases de efecto invernadero. La disminución constante de los costos de la tecnología fotovoltaica la hace más accesible, y los sistemas requieren poco mantenimiento. La versatilidad de los paneles solares, su aplicabilidad en diversos contextos y el impulso al desarrollo tecnológico son factores que refuerzan su atractivo. La energía fotovoltaica no solo proporciona beneficios ambientales, sino también permite un ahorro en la economía de los usuarios.

El diseño e implementación de un controlador híbrido basado en el microcontrolador ATmega328P para sistemas fotovoltaicos en la zona urbana del Distrito de Puno se centra en abordar desafíos específicos relacionados con la gestión eficiente de la energía solar en entornos urbanos. Este microcontrolador ATmega328P, conocido por su versatilidad y capacidad de procesamiento, se convierte en el núcleo de este sistema. Su flexibilidad permite la implementación de algoritmos de control avanzados y la capacidad de interactuar con otros componentes del sistema, optimizando así la eficiencia general de la instalación fotovoltaica.

Dentro del contexto de esta investigación, se lleva a cabo el diseño de un controlador híbrido diseñado para sistemas fotovoltaicos ubicados en la ciudad de Puno. La implementación de este controlador se efectúa a través del empleo del microcontrolador ATmega328P, aprovechando sus características avanzadas para alcanzar un control preciso y eficiente de los distintos elementos del sistema. La



integralidad de la solución se refleja en la interacción coordinada entre los paneles solares, la batería, inversor, etc.

### **1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA**

¿Cómo realizar el diseño de un controlador híbrido basado en microcontrolador ATMEGA328 para sistemas fotovoltaicos en la zona urbana del distrito de Puno?

### **1.2. HIPÓTESIS**

El diseño e implementación de un controlador híbrido basado en microcontrolador ATmega328P permitirá el uso de sistemas fotovoltaicos en la zona urbana del distrito de Puno.

#### **1.2.1. Hipótesis Específicas**

- El diseño del controlador híbrido permitirá el uso del microcontrolador ATmega328P.
- La implementación del prototipo del controlador tendrá como componente principal el microcontrolador ATmega328P.
- El monitoreo del rendimiento del controlador con una carga real permitirá validar su correcto funcionamiento dentro de la zona urbana del distrito de Puno.

### **1.3. OBJETIVO GENERAL**

Diseñar e implementar un controlador híbrido basado en microcontrolador ATmega328P para sistemas fotovoltaicos en la zona urbana del distrito de Puno.



### 1.3.1. Objetivos Específicos

- Diseñar el controlador híbrido basado en un microcontrolador ATmega328P.
- Implementar el prototipo del controlador basado en un microcontrolador ATmega328P.
- Monitorear el rendimiento del controlador con una carga real y validar su correcto funcionamiento en la zona urbana del distrito de Puno.

### 1.4. METODOLOGÍA

La investigación es de naturaleza no experimental ya que no implica la manipulación de las variables independientes. Por otra parte, esta investigación es de enfoque cuantitativo, ya que se concentra en medir y precisar valores de rendimiento. En general, este tipo de investigación se lleva a cabo en muestras pequeñas y se aborda una gran cantidad de variables de estudio, para lo que se utilizan diversas técnicas de observación y registro.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

El diseño y dimensionamiento de un sistema de obtención de energía basado en fuentes alternativas para una estación base de comunicaciones ubicada en Chiriboga Santo Domingo tiene como objetivo principal proporcionar respaldo ante cortes de suministro eléctrico convencional. Inicialmente, se determina la demanda energética necesaria, considerando los servicios de telecomunicaciones ofrecidos por TELCONET S.A. Se analizan también las interrupciones pasadas del suministro eléctrico. Con la demanda energética establecida, se utiliza software como Homer Pro y Energy Ninja para obtener información sobre la irradiancia solar y temperatura en la localidad. Se incorporan conceptos innovadores, como la irradiancia mínima y la carga máxima, en el diseño del sistema solar que consta de paneles. Se estudian los módulos, como el inversor, banco de baterías, módulos fotovoltaicos y controlador de demanda de carga, seleccionando aquellos disponibles en el mercado ecuatoriano. La validación del sistema se realiza a través de simulaciones en Homer Pro, analizando resultados relacionados con la energía y la economía. El objetivo final es aumentar la fiabilidad del sistema de energía renovable, asegurando un suministro constante para la estación de comunicaciones remotas (Reascos Masapanta, 2022).

Se llevó a cabo una investigación comparativa entre los costos asociados a un sistema fotovoltaico convencional y un sistema híbrido que integra tecnologías fotovoltaicas y térmicas solares, con el propósito de evaluar las ventajas de la configuración híbrida. El dimensionamiento se realizó para una residencia genérica en la ciudad de Recife, con un consumo promedio mensual de 800 kWh, donde 225 kWh eran



utilizados mensualmente por una ducha eléctrica. En el sistema híbrido, se asignó una cuota mensual de 575 kWh a un generador fotovoltaico conectado a la red, mientras que el restante consumo asociado a la ducha eléctrica se abasteció mediante un sistema solar de calentamiento de agua. La nomenclatura existente y los datos solarimétricos del CRESESB Sundata fueron empleados para dimensionar los sistemas. La investigación de costos se focalizó en los equipos más significativos, como el panel fotovoltaico, el inversor de frecuencia, el colector solar y el depósito térmico. Se recopilaron precios de 58 revendedores en sitios web durante el primer semestre de 2017. Los resultados indicaron que el sistema híbrido resulta factible y tiene un costo inferior en la mayoría de las comparaciones en relación con el sistema puramente fotovoltaico, logrando una ventaja de entre el 11% y casi el 14% en el costo total. No obstante, la presencia de precios agresivamente bajos o oportunidades favorables de compra en los paneles fotovoltaicos contrarrestaron el costo final. Una ventaja adicional del sistema híbrido es la eliminación de un equipo de alto consumo y bajo factor de carga en el sistema eléctrico, especialmente durante los periodos de mayor demanda (Gomes Filho y otros, 2018).

Según las proyecciones de la Agencia Internacional de Energía, se anticipa un aumento significativo en la demanda de energía primaria en la India para el año 2030. El enfoque de gestión ha evolucionado de "3 M" a "4 M", incorporando ahora la gestión de la energía. En este contexto, el sector de energía eléctrica se destaca por su importancia crítica, especialmente dado que los costos energéticos representan aproximadamente el 30-40% de los costos de producción en las pequeñas y medianas empresas (PYME). La Oficina de Eficiencia Energética (BEE) ha emprendido acciones específicas para mejorar la eficiencia energética en las PYME, ofreciendo tecnologías, procedimientos operativos y programas de concientización adaptados a sus necesidades. Este documento examina una auditoría exhaustiva de energía eléctrica en una industria de medicina Siddha y



Ayurveda a pequeña escala. Dada la complejidad de los procesos de fabricación de medicamentos tradicionales, se realizaron estudios detallados de auditoría y conservación de energía, centrándose en el factor de potencia y los armónicos sin afectar la tecnología de fabricación. Posteriormente, se lleva a cabo el diseño e instalación de un controlador inteligente que considera las cargas intermitentes/interconectadas, evaluando su efectividad en la conservación de energía y la reducción de emisiones de carbono en las PYME. Además, se garantiza la mitigación del cambio climático mediante el diseño e implementación de una planta de energía solar fotovoltaica en la azotea, utilizando el software Solar Pro v4.5 para el análisis de energía, económico y de emisiones de carbono (Raj & Kirubakaran, 2021)

Con el advenimiento de la crisis energética mundial, el uso de energía verde sostenible se ha generalizado cada vez más y la tasa de utilización de la industria fotovoltaica en áreas desérticas de gran altitud es cada vez mayor. Este artículo estudia principalmente el sistema de control inteligente en áreas desérticas basado en el suministro de energía de microrredes fotovoltaicas. El sistema utiliza par trenzado blindado para transmitir señales, y la interferencia electrostática y la interferencia de inducción electromagnética se suprimen de manera efectiva. Después de asegurarse de que la retroalimentación del codificador sea correcta y que la dirección del movimiento del motor sea consistente con la dirección del comando y la seguridad de la carrera del movimiento, los parámetros PID del motor se ajustan en PAMCturningpro. Para la prueba de rendimiento de este sistema, el diseño e implementación del plan de prueba debe realizarse de acuerdo con el objetivo de soporte concurrente y el objetivo de tiempo de respuesta propuesto en el análisis de rendimiento del sistema. Los usuarios simultáneos usan la herramienta LoadRunner para crear la máquina de prueba del cliente para simular el acceso y la operación simultáneos del sistema. En cada proceso de iteración, los



resultados de la prueba se registran de la misma manera que la prueba comparativa y, finalmente, el sistema aún puede lograr el rendimiento esperado cuando la concurrencia real alcanza el límite de 5007. Los resultados muestran que el sistema de control inteligente en este documento tiene las ventajas de bajo costo, operación conveniente, función perfecta, alta precisión, operación estable y confiable, etc. y tiene un buen valor práctico (Jianjun Li & Gaoqing Ji, 2021).

Se propone el diseño de un controlador basado en lógica fuzzy para gestionar de manera eficiente la energía eléctrica obtenida por un sistema fotovoltaico en la localidad de Puno, basándose en la hipótesis de altos índices de irradiancia solar en la zona. La lógica fuzzy, a diferencia de la lógica binaria convencional, utiliza un lenguaje más analógico, permitiendo valores intermedios entre 0 y 1, similares a la lógica del cerebro humano. El objetivo principal es desarrollar un controlador práctico, eficaz y económico para la administración de la energía solar doméstica en Puno, presentando una solución más eficiente y asequible en comparación con otras opciones en el mercado local. Aunque no se ha realizado un estudio detallado de los sistemas fotovoltaicos ni de los accesorios involucrados en el diseño del sistema, la investigación se centra en la obtención eficiente de energía eléctrica fotovoltaica mediante el nuevo controlador propuesto. La investigación comienza con la formulación del problema, seguida de la elaboración de hipótesis, objetivos y objetivos específicos, así como la identificación de variables a estudiar. La hipótesis central establece que el diseño de un controlador basado en lógica fuzzy permitirá una administración más efectiva de la energía solar doméstica en el distrito de Puno. El objetivo principal es diseñar dicho controlador, con resultados esperados que incluyen la implementación de un prototipo eficaz con un costo igual o inferior a dispositivos similares en el mercado actual. En conclusión, se busca obtener resultados coherentes con el objetivo de diseñar un controlador eficiente y económico,



basado en lógica fuzzy, para la gestión de la energía eléctrica fotovoltaica en hogares de Puno (SANCA SUCACAHUA, 2018)

El “Diseño de un sistema de respaldo fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica a la Institución Educativa San Juan - Sallique”, de esta forma, proveer energía eléctrica a las instituciones dedicadas a la educación como un sistema backup disponible en caso de fallas. en esta investigación se utilizará el tipo de indagación aplicada y también descriptiva, en la institución educativa, la muestra en este caso, será tomada utilizando un método en específico relacionado con lo no probabilístico. Para ello, se realizaron encuestas dentro de la institución educativa con el objeto de obtener datos mediante un pirómetro fotovoltaico para determinar los índices de irradiancia solar. Además, se utilizó un documento de recolección de datos, observación directa. y otros métodos, los datos fueron obtenidos mediante una aplicación de una encuesta en el centro educativo, gasto mensual de energía por parte de la organización, y así poder determinar la demanda de energía que se requiere además con el reporte de la empresa distribuidora de energía eléctrica de la red local, para poder determinar la demanda de energía y hacer una proyección del crecimiento de la demanda a través de la serie temporal. Este estudio es completamente viable, sostenible y puede garantizar un servicio de calidad para los usuarios de la zona de estudio. Poner de manera pragmática este proyecto para proveer sostenibilidad a lo largo del tiempo con un modelo práctico de cómo aprovechar al máximo la irradiancia solar y poder contar con más recursos energéticos y así sostener el medio ambiente (Flores Silva, 2020).

El desarrollo de este estudio se centra en proponer una solución innovadora denominada "Diseño de un sistema de respaldo fotovoltaico" con el propósito de suministrar energía eléctrica a la Institución Educativa San Juan - Sallique. La finalidad es ofrecer un respaldo energético a instituciones educativas ante posibles interrupciones



en el suministro eléctrico. La investigación adopta un enfoque aplicativo y descriptivo, utilizando un método no probabilístico para la selección de la muestra en la institución educativa. Se llevaron a cabo encuestas y se empleó un pirómetro fotovoltaico para recopilar datos sobre la irradiancia solar en la institución educativa. Adicionalmente, se aplicaron métodos como la observación directa y la recopilación de datos mediante encuestas para determinar el gasto mensual de energía y la demanda de energía necesaria. Se obtuvieron datos complementarios mediante el análisis de informes proporcionados por la empresa distribuidora de energía eléctrica local, lo que permitió proyectar el crecimiento de la demanda a través de series temporales. Este estudio se considera completamente factible y sostenible, ofreciendo un servicio de calidad a los usuarios de la zona de estudio. La orientación práctica del proyecto busca asegurar la sostenibilidad a lo largo del tiempo al aprovechar eficientemente la irradiancia solar y generar más recursos energéticos, contribuyendo así a la preservación del medio ambiente (Flores Silva, 2020).

El estudio comienza con la definición del concepto de energía, destacando su presencia constante en la vida diaria y en investigaciones. La energía se presenta como una realidad no visible y se describe como una capacidad abstracta de un sistema para realizar trabajo a través de diversos medios. En la actualidad, el uso de energías alternativas ha aumentado globalmente para abordar la necesidad de diversificar y asegurar la matriz energética de cada país. Esto ha llevado al desarrollo de diversas tecnologías electrónicas sostenibles y respetuosas con el medio ambiente, impulsando el progreso en tecnologías de energía alternativa. En el contexto peruano, se destaca la demanda creciente de energía solar debido al favorable índice de irradiancia solar en la mayor parte del territorio. Se menciona el papel importante de China en el mercado de energías alternativas, con una producción masiva de sistemas fotovoltaicos que se



presenta como una alternativa sostenible para actividades industriales y económicas. Según Gamio (2017), la energía eólica se presenta como la opción más eficaz económicamente en el país, seguida de cerca por la energía fotovoltaica, que ha superado los precios del mercado mundial en los últimos tiempos y se espera que también lo haga en el país. Además, se considera la energía hidráulica como otra opción relevante. En el contexto de esta investigación, se elige la energía solar como fuente debido a su disponibilidad y potencial aprovechable a lo largo del año. Se destaca que su implementación en comunidades no causaría huella de carbono ni contaminación ambiental, a diferencia de otras fuentes de energía como los aerogeneradores o grupos electrógenos convencionales (Ordoñez Rosales, 2020)

Esta investigación se enfoca en diseñar un sistema fotovoltaico conectado a la red eléctrica en una empresa ubicada en el distrito de Villa El Salvador. El objetivo principal es reducir el consumo de energía proveniente de la red convencional, generando beneficios económicos y utilizando una fuente renovable y limpia como la energía solar. Aunque la inversión inicial es elevada, la utilización de tecnologías renovables ofrece costos de obtención y generación relativamente económicos. La elección de un sistema conectado a la red eléctrica de paneles solares proporciona mayor confianza en el suministro de energía, evitando interrupciones que podrían afectar la producción de la empresa. El diseño del sistema implica cálculos para dimensionar los elementos y equipos necesarios, considerando la conexión a la red eléctrica. La rentabilidad del proyecto se evalúa mediante conceptos como el Valor Actual Neto, la Tasa Interna de Retorno y el periodo de recuperación de la inversión. En resumen, la propuesta busca no solo reducir costos de energía, sino también contribuir al medio ambiente al disminuir la dependencia de combustibles derivados del petróleo (Camasca Tijero, 2022)



## **2.2. ENERGÍA**

La energía se define como la capacidad de un sistema para realizar trabajo o producir un cambio, y existen diversas formas de energía, como la energía térmica, cinética, potencial y electromagnética. Esta capacidad de realizar trabajo proviene de fuentes naturales y artificiales, y puede transformarse entre diferentes formas según los principios de conservación de la energía (Batchelor, 2019).

En esta investigación se usa la energía eléctrica fotovoltaica y la energía de la red convencional que proviene de la hidroeléctrica San Gabán.

### **2.2.1. Energía Fotovoltaica**

La cantidad de energía solar directa que llega a la Tierra desde el sol es cualitativamente significativa. Si se utiliza de manera efectiva, tiene el potencial de generar hasta 20 veces la energía contenida en todas las reservas de combustibles fósiles. El sol, además de ser una fuente vital y orgánica para el planeta, proporciona una fuente de energía difusa, lo que hace que aprovechar al máximo la radiación solar sea un desafío considerable. Esta energía solar impulsa ciclos que son fundamentales para la persistencia de la vida en la Tierra. El sol desempeña un papel crucial en la realización de fenómenos naturales esenciales, como el movimiento del agua y del viento. En consecuencia, la energía solar se considera la fuente primaria que origina otras formas de energía renovable, como la eólica, hidroeléctrica, biomasa y, por supuesto, la energía solar misma.

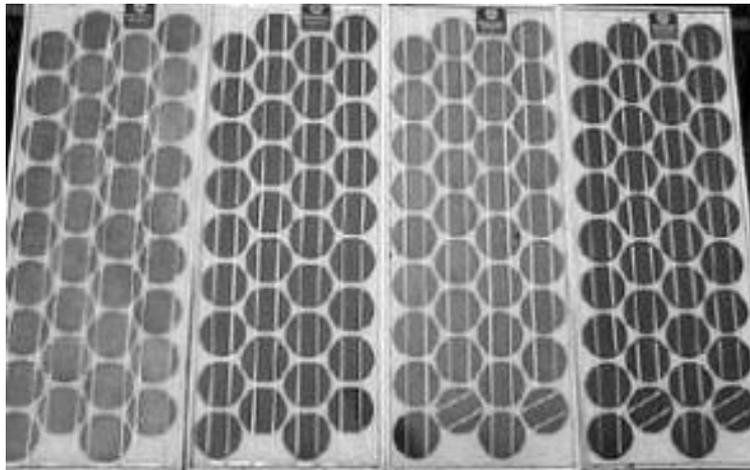
La radiación solar tiene la capacidad de ser transformada en energía eléctrica, y este proceso se conoce como el efecto fotovoltaico. Los inicios de este fenómeno se remontan a mediados del siglo XIX, cuando en 1839 el físico francés Becquerel descubrió este efecto fotovoltaico (FV). Posteriormente, varios físicos,

incluyendo a Willoughby Smith en 1873 y Lenard en 1900, confirmaron la existencia de este fenómeno en diversas condiciones. Einstein, en 1905, proporcionó la fundamentación científica del efecto fotovoltaico, lo que le valió el premio Nobel de Física.

En 1870, el profesor William Grylls Adams, quien enseñaba filosofía natural, junto con uno de sus estudiantes, optaron por llevar a cabo un experimento para investigar el efecto de la luz sobre un semimetal, el selenio. Durante esta experimentación, observaron la generación de un flujo de electricidad, al cual denominaron "fotoeléctrica". Posteriormente, en 1885, Charles Fritts formalmente construyó el primer módulo fotoeléctrico. Este módulo estaba compuesto por una capa de selenio colocada sobre un soporte metálico y recubierta con una fina película de oro (Cevallos Cevallos y otros, 2019).

### **Figura 1**

#### *Panel Solar*



Nota: (Cevallos Cevallos y otros, 2019)

### **2.2.2. Energía eléctrica**

La electricidad se define como una forma de energía que surge de la presencia de una diferencia de potencial eléctrico entre dos puntos, permitiendo la



generación de corriente eléctrica al cerrar un circuito. Esta energía se obtiene mediante la conversión de otras formas de energía, como la mecánica, química o luminosa, en electricidad utilizable. En la sociedad contemporánea, la electricidad desempeña un papel fundamental y se emplea para alimentar diversos dispositivos y sistemas, desde electrodomésticos hasta instalaciones industriales (Bonilla & Cordero, 2019).

La generación de electricidad puede llevarse a cabo mediante varias fuentes, como centrales térmicas, hidroeléctricas, nucleares, eólicas y solares. En la práctica, la electricidad se transporta a través de redes de distribución para llegar a hogares, empresas y otras instalaciones, donde se utiliza para alimentar luces, electrodomésticos, maquinaria industrial, entre otros dispositivos. Es esencial destacar que la electricidad es una forma de energía extremadamente versátil y ampliamente utilizada, y la eficiencia y sostenibilidad de su producción son aspectos clave en el desarrollo y aplicación de tecnologías relacionadas con la electricidad.

### **2.3. ARDUINO**

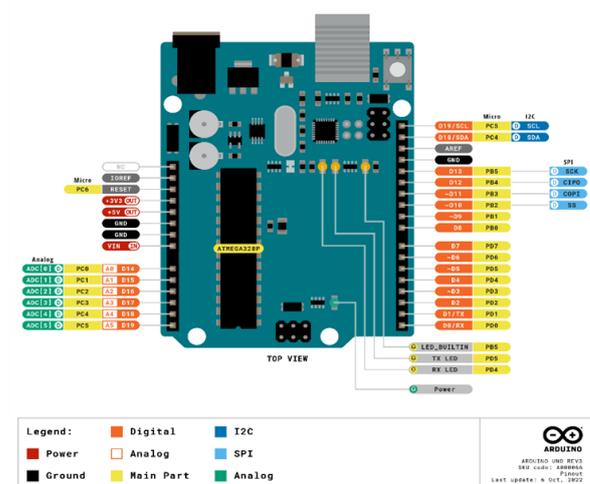
Arduino es una plataforma de desarrollo de código abierto, tanto a nivel de software como de hardware, diseñada para la creación de dispositivos electrónicos. Su origen se centra en la elaboración de kits de microcontroladores y placas de interfaz única destinados a proyectos de electrónica. Inicialmente concebidas para facilitar a estudiantes con conocimientos no técnicos, las placas Arduino incorporan diversos controladores y microprocesadores en sus diseños. Estas placas presentan conjuntos de pines de entrada/salida (E/S) analógicos y digitales, interconectados con placas de prueba, expansiones y otros circuitos.

Caracterizadas por el uso de interfaces Universal Serial Bus (USB) y comunicación en serie, las placas Arduino posibilitan la carga de programas desde computadoras. Además, ofrecen un entorno de desarrollo integrado (IDE) basado en el lenguaje de programación Processing para cargar código en la placa física. Los proyectos creados en Arduino se rigen por licencias como la GPL (Licencia Pública General GNU) y la LGPL (GNU Lesser General Public License), permitiendo su uso, distribución y fabricación por parte de cualquier persona. También están disponibles en forma de kits de auto práctica.

Arduino se utiliza para diversas aplicaciones, como la creación de botones de dedo, activación de motores, uso de luces como sensores, diseño, construcción de dispositivos electrónicos, entre otros propósitos. La plataforma cuenta con varias placas, cada una diseñada para propósitos específicos, todas ellas equipadas con pines digitales y analógicos para la conexión de componentes necesarios en la construcción de dispositivos electrónicos (Bafdal y otros, 2020).

**Figura 2**

*Arduino UNO*



Nota: (Natheem, 2021)



Las características fundamentales de Arduino se describen de la siguiente manera. Primero, la programación en Arduino es una versión simplificada de C++, lo que facilita el proceso de aprendizaje para los usuarios. El entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino se utiliza para controlar las funciones de las placas, enviando las especificaciones al microcontrolador. Además, es importante destacar que Arduino no requiere una placa o componente adicional para cargar un nuevo código, lo que simplifica el proceso de programación. La versatilidad de Arduino se refleja en su capacidad para leer señales de entrada tanto analógicas como digitales, proporcionando flexibilidad en la interacción con diferentes tipos de sensores y dispositivos.

El origen de Arduino se remonta al Instituto de Diseño de Interacción en Ivrea, Italia. En el año 2003, Hernando Bar creó el Cableado, una plataforma de desarrollo que más tarde se consideró su proyecto de tesis de maestría en el IDII. Esta plataforma Wiring, que incluye una Placa de Circuito Impreso (PCB) operada por el microcontrolador ATmega168, se basó en el IDE y las funciones de procesamiento para facilitar la programación del microcontrolador. En 2005, Massimo Banzi, David Cuartielles, David Mellis y otro estudiante del IDII llevaron a cabo la integración del ATmega168 en la plataforma Wiring, consolidando así el desarrollo de Arduino (Kamaruddin y otros, 2020).

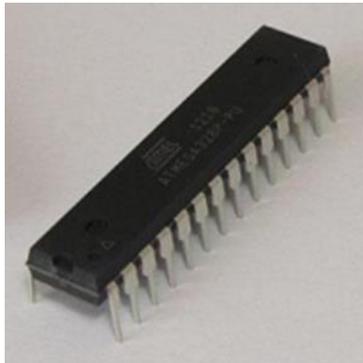
### **2.3.1. Microcontrolador ATmega328**

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico programable que integra en un solo chip una unidad central de procesamiento (CPU), memoria, periféricos de entrada/salida y otros componentes esenciales para llevar a cabo funciones específicas. Su uso abarca una diversidad de aplicaciones que demandan control y automatización, como electrodomésticos, dispositivos médicos, sistemas de control

automotriz, juguetes electrónicos, sistemas de control industrial y más (Marcillo Quimis, 2022).

### **Figura 3**

#### *Microcontrolador*



Nota: (Marcillo Quimis, 2022)

Los microcontroladores destacan por su tamaño compacto, menor costo y capacidad de procesamiento específicamente adaptada a aplicaciones embebidas, donde se requiere control preciso, a menudo en tiempo real. Su diseño abarca componentes esenciales, como la unidad central de procesamiento (CPU), memoria (flash, EEPROM y RAM), periféricos de entrada/salida (pines GPIO, convertidores analógico-digitales, temporizadores, entre otros), reloj (con oscilador interno o externo), unidad de control de interrupciones y interfaces de comunicación (UART, SPI, I2C).

Estos dispositivos programables permiten cargar programas específicos para tareas particulares, utilizando lenguajes como C y ensamblador. Los programadores emplean entornos de desarrollo integrados (IDE) para redactar, compilar y cargar programas en el microcontrolador. La arquitectura interna y el diseño de hardware definen su funcionamiento, estableciendo cómo se ejecutan las instrucciones, cómo se gestionan los datos y cómo interactúa con otros elementos en un sistema electrónico.



El ATmega328, un microcontrolador producido por la empresa Microchip Technology y ampliamente utilizado en diversas placas Arduino, como el Arduino Uno, exhibe notables características que lo distinguen en el ámbito de la electrónica y la programación de sistemas embebidos. Este componente pertenece a la familia de microcontroladores AVR, reconocida por su arquitectura de conjunto de instrucciones RISC (Reduced Instruction Set Computer), que simplifica el proceso de programación y desarrollo de aplicaciones.

En cuanto a su rendimiento, el ATmega328 es capaz de operar a velocidades de reloj de hasta 20 megahercios (MHz), lo que garantiza una ejecución rápida de las instrucciones. Su memoria flash de 32 kilobytes (KB) almacena el programa de usuario, con la ventaja de ser reprogramable, permitiendo actualizaciones de software. Además, cuenta con 2 kilobytes (KB) de memoria SRAM para datos temporales y 1 kilobyte (KB) de memoria EEPROM (Electrically Erasable Programmable Read-Only Memory) para almacenamiento no volátil de datos.

En cuanto a la gestión de la entrada/salida, el ATmega328 dispone de pines GPIO configurables, así como puertos de comunicación serie (UART) para facilitar la interacción con otros dispositivos. También incorpora temporizadores, contadores y un ADC de 10 bits para la conversión de señales analógicas a digitales, lo que lo hace versátil para diversas aplicaciones.

En el ámbito de la comunicación, este microcontrolador es compatible con varios protocolos, como UART, SPI (Serial Peripheral Interface) e I2C (Inter-Integrated Circuit). Su capacidad para funcionar con una amplia gama de tensiones de alimentación, generalmente entre 1.8V y 5.5V, lo hace adaptable a diversas aplicaciones y fuentes de alimentación. Asimismo, ofrece modos de bajo consumo

de energía, lo que resulta beneficioso en aplicaciones con restricciones energéticas, como dispositivos alimentados por batería.

En términos de programación y depuración, el ATmega328 puede programarse mediante diferentes programadores y entornos de desarrollo, incluido el Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de Arduino. Su compatibilidad con herramientas de depuración y simulación simplifica el proceso de desarrollo y depuración de código, añadiendo versatilidad a su utilidad en proyectos electrónicos.

#### **Figura 4**

*Microcontrolador ATmega328 AVR*



Nota: (Marcillo Quimis, 2022)

## **2.4. PROGRAMACIÓN DE MICROCONTROLADOR**

C++ se presenta como un lenguaje de programación de alto nivel, cuya sintaxis se asemeja al inglés y que se reconoce extensamente como una evolución del lenguaje C. Concepido por Bjarne Stroustrup en 1979, el lenguaje fue estandarizado en 1998. La visión inicial de Stroustrup era agregar aspectos de la programación orientada a objetos al lenguaje C existente, lo que llevó a que C++ fuera inicialmente llamado 'C con clases'. En 1983, se adoptó su nombre actual al agregar el operador ++ a C, consolidándolo como



una extensión de C con características orientadas a objetos, como clases, objetos, herencia y sobrecarga de operadores, entre otras.

La primera versión del lenguaje se lanzó en 1985, e importantes características, como las palabras clave "static" y "protected", se incorporaron en 1989. En 1990, se publicaron el manual de referencia de C++ y el compilador Turbo C++, acelerando notablemente su desarrollo. En 1998, el comité de estándares de C++ emitió la primera norma internacional, conocida como C++98. Posteriormente, en 2011, se introdujeron más funcionalidades, como los bucles "for each", "auto", plantillas variadas y una nueva biblioteca de tiempo, en lo que se conoce como C++11. A pesar de los avances tecnológicos y la aparición de nuevos lenguajes de programación, C++ mantiene su importancia en campos como la inteligencia artificial, el aprendizaje automático y el procesamiento de grandes volúmenes de datos. Sigue siendo un lenguaje de referencia para los desarrolladores, destacando por su capacidad para ofrecer un control preciso sobre los recursos del sistema y, cuando se utiliza de manera efectiva, un rendimiento excepcional en términos de velocidad. En la actualidad, continúa siendo uno de los lenguajes de programación de más rápido crecimiento (Peña, 2020).

Arduino y C++ están estrechamente vinculados, ya que Arduino utiliza una versión simplificada de C++ en su entorno de desarrollo. El IDE de Arduino, donde se escribe el código para controlar las placas Arduino, se basa en C++, pero se presenta de manera más accesible, especialmente para aquellos con poca experiencia en programación. En este entorno, se simplifica la tarea de programar microcontroladores, permitiendo a los usuarios, incluso a aquellos con conocimientos limitados, iniciar y desarrollar proyectos de hardware de manera efectiva. Una característica clave es el uso de librerías escritas en C++, que ofrecen funciones predefinidas para tareas comunes en proyectos electrónicos. Estas librerías facilitan el desarrollo de proyectos al proporcionar



funciones listas para usar, lo que simplifica la escritura de código sin tener que comenzar desde cero.

La programación en Arduino se centra en la manipulación de entradas y salidas para interactuar con el entorno físico. A pesar de que Arduino utiliza C++, se orienta a funciones específicas para controlar los pines de entrada/salida de manera más intuitiva, adaptando la programación a la interacción directa con el hardware.

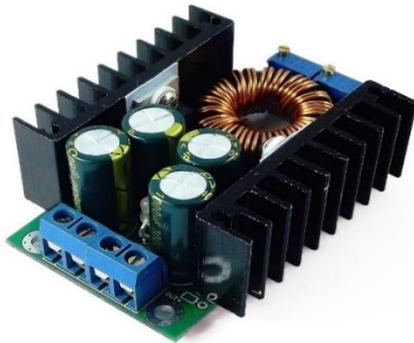
La adopción de C++ por parte de Arduino tiene como objetivo hacer que la programación de microcontroladores sea más accesible. Al proporcionar una curva de aprendizaje gradual, Arduino permite que entusiastas de la electrónica, sin importar su nivel de experiencia, se sumerjan rápidamente en el desarrollo de proyectos de hardware. En resumen, la relación entre Arduino y C++ se manifiesta en la base del lenguaje de programación, pero con un enfoque que simplifica y hace más accesible la programación de microcontroladores para un amplio espectro de usuarios (Carrillo, 2021).

## **2.5. MÓDULO STEP DOWN**

Un módulo step-down, también denominado módulo reductor de voltaje o regulador buck, representa un componente esencial en el ámbito de la electrónica y la ingeniería de potencia. Su función principal consiste en reducir o disminuir la tensión eléctrica de entrada a un nivel de tensión de salida deseado, desempeñando así un papel crucial en la gestión de la energía en diversas aplicaciones (Zeeshan Malik y otros, 2023).

## Figura 5

### *Step-Down 8A XL4016*



Nota: (CONVERTIDOR VOLTAJE DC-DC STEP-DOWN 8A 300W XL4016, 2020)

El funcionamiento básico de un módulo step-down se basa en la conversión eficiente de energía eléctrica, donde la tensión de entrada, generalmente proveniente de una fuente de alimentación, se reduce a una tensión de salida menor. Esto se logra a través de un circuito de conmutación que controla la relación entre el ciclo de trabajo (duty cycle) y la frecuencia de conmutación. Cuando el ciclo de trabajo aumenta, la tensión de salida disminuye, y viceversa.

Las aplicaciones de los módulos step-down son variadas y abarcan una amplia gama de sectores, desde la electrónica de consumo hasta la industria. Algunos ejemplos de su uso incluyen:

- Los módulos step-down son comúnmente empleados para proporcionar tensiones de alimentación estabilizadas y reguladas a dispositivos electrónicos, como microcontroladores, sensores y circuitos integrados.
- En dispositivos portátiles y sistemas alimentados por baterías, los módulos step-down se utilizan para reducir la tensión de la batería a niveles adecuados para el funcionamiento de los componentes.



- **Carga de Baterías:** En cargadores de baterías, estos módulos permiten ajustar la tensión de carga para garantizar una carga segura y eficiente de las baterías.
- **Regulación de Tensión:** En circuitos de regulación de tensión, los módulos step-down se utilizan para mantener una tensión de salida constante, incluso cuando la tensión de entrada varía.
- **Electrónica de Automoción:** En vehículos, los módulos step-down son esenciales para adaptar la tensión del sistema eléctrico del automóvil a niveles adecuados para los dispositivos electrónicos a bordo.
- **Aplicaciones Solares:** En sistemas de energía solar, estos módulos se utilizan para reducir la tensión generada por los paneles solares a un nivel compatible con la carga de baterías o la alimentación de dispositivos.

## 2.6. BATERÍA

Una batería representa un dispositivo electroquímico que puede almacenar y proporcionar energía eléctrica mediante procesos químicos reversibles. Está formada por una o más celdas electroquímicas, cada una compuesta por electrodos (ánodo y cátodo), un electrolito y un separador. Su utilidad abarca diversas aplicaciones, desde dispositivos electrónicos portátiles hasta sistemas de almacenamiento de energía destinados a aplicaciones industriales y vehículos eléctricos (Gregorio y otros, 2020).

Las celdas electroquímicas son los componentes fundamentales de una batería. Estas contienen un ánodo, donde tiene lugar la oxidación, un cátodo, donde ocurre la reducción, y un electrolito que permite el flujo de iones entre los electrodos. Las reacciones redox generan corriente eléctrica cuando la batería está descargando y se invierten durante la recarga.



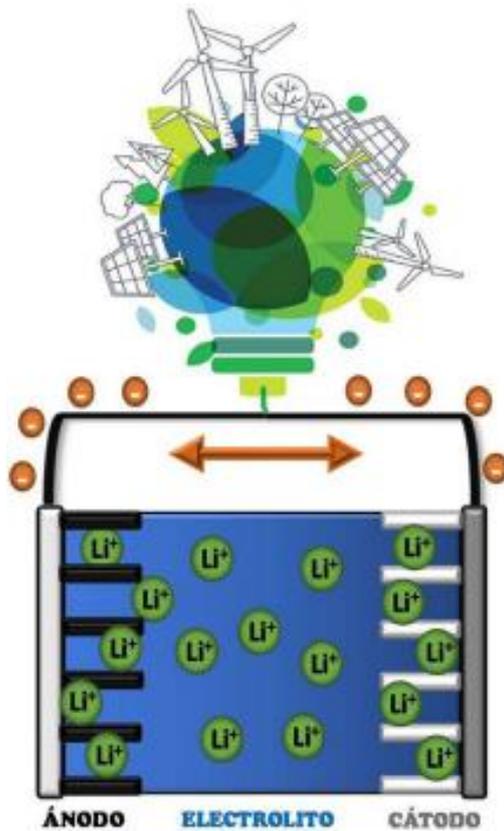
### **Tipos de Baterías:**

- Ion de Litio (Li-ion)
- Plomo-Ácido
- Níquel-Metal Hidruro (NiMH)
- Polímero de Litio (Li-Po)

La duración de una batería se evalúa en términos de ciclos de carga y descarga, siendo un ciclo completo la carga y descarga al 100%. Factores como la profundidad de descarga, la temperatura y la corriente de carga son determinantes para la vida útil de la batería. Las baterías experimentan autodescarga, perdiendo gradualmente carga cuando no están en uso, fenómeno que varía según el tipo de batería y que puede afectar su rendimiento global. La implementación de prácticas adecuadas, como evitar descargas completas frecuentes y almacenar en condiciones óptimas, puede extender la vida útil de las baterías. Además, el reciclaje desempeña un papel crucial para gestionar de manera apropiada los materiales tóxicos presentes en algunas baterías, contribuyendo así a reducir el impacto ambiental.

**Figura 6**

*Esquema de una batería de Li-ion*



Nota: (Gregorio y otros, 2020)

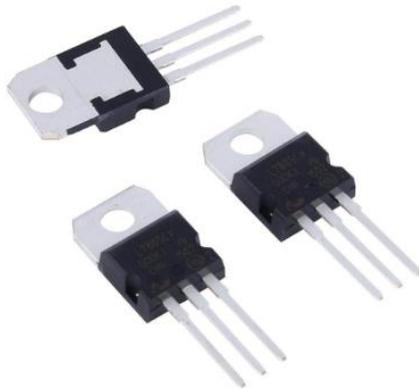
## 2.7. REGULADOR DE VOLTAJE LM7805

El regulador de voltaje 7805 es un componente electrónico diseñado para mantener constante el voltaje en su salida, independientemente de las variaciones en el voltaje de entrada y la carga conectada. Para su funcionamiento, recibe un voltaje de entrada que generalmente debe ser mayor que el voltaje de salida deseado. Internamente, cuenta con un comparador de voltaje que ajusta la corriente a través de un transistor de potencia según la diferencia entre la salida real y el voltaje de referencia (Posada Giraldo, 2021).

Este proceso de comparación y ajuste continuo asegura que la salida del regulador permanezca constante, incluso ante fluctuaciones en la carga o en el voltaje de entrada. El transistor de potencia es clave en este mecanismo, ya que regula la cantidad de corriente necesaria para mantener la estabilidad del voltaje de salida. Es importante destacar que, debido a la posible generación de calor durante la operación, en algunos casos puede requerirse un disipador de calor para mantener la temperatura dentro de límites seguros.

### **Figura 7**

*LM 7805 Regulador de Voltaje*



Nota: (Patt, 2021)

## **2.8. TRANSISTOR**

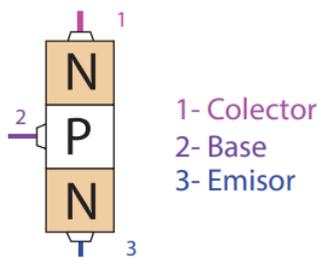
Un transistor es un componente semiconductor en dispositivos electrónicos que tiene la función de regular o amplificar corriente y tensión en un circuito. Su estructura básica incluye tres capas principales: emisor, base y colector, formando dos tipos de uniones, la emisor-base y la base-colector. Su operación se basa en el control de la corriente entre el emisor y el colector mediante una corriente mucho menor aplicada a la base. Existen dos tipos principales de transistores: NPN (transistor de unión bipolar negativa) y PNP (transistor de unión bipolar positiva). En el transistor NPN, la corriente

fluye desde el emisor (negativo) hacia el colector (positivo), mientras que en el transistor PNP, la corriente fluye en la dirección opuesta (Moran Chiquito y otros, 2022).

El transistor desempeña un papel fundamental en numerosas aplicaciones electrónicas, como amplificadores, interruptores, osciladores y circuitos de lógica. Su capacidad para regular el flujo de corriente o tensión lo convierte en un componente esencial para el diseño y funcionamiento de dispositivos electrónicos. Los materiales semiconductores, generalmente silicio, son clave en su construcción, y su versatilidad permite adaptarse a diversas funciones en circuitos electrónicos.

### Figura 8

*Representación de un transistor*



Nota: (Moran Chiquito y otros, 2022)

## 2.9. OBTENCIÓN DE SEÑALES ANALÓGICAS

La teoría de los sistemas de adquisición de datos analógicos se ocupa de la recopilación, procesamiento y almacenamiento de datos analógicos. Estos sistemas son utilizados para obtener información proveniente de diversos sensores, dispositivos electrónicos, dispositivos mecánicos y otras fuentes externas, como bases de datos o redes informáticas.

Un sistema de adquisición de datos analógicos consta de varios componentes esenciales. La fuente de datos, que puede ser un sensor, dispositivo electrónico o mecánico, es el dispositivo encargado de recoger los datos analógicos. La interfaz de



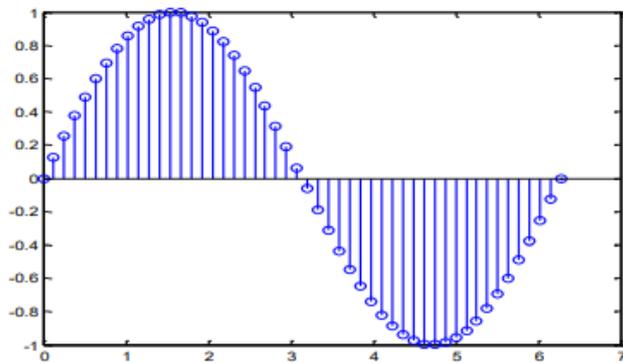
adquisición de datos se conecta a la fuente de datos para recopilar los datos analógicos, y en este proceso, se emplea comúnmente una tarjeta de adquisición de datos.

Estos sistemas tienen una amplia aplicación en la industria, donde se utilizan para controlar y supervisar diversos procesos, como la medición del nivel de líquido, la presión, la temperatura, el flujo y la velocidad. Proporcionando información en tiempo real, permiten a los operadores tomar decisiones más informadas. Además, son empleados para detectar y monitorear parámetros de seguridad, como niveles de humo, ruido, temperatura y gases tóxicos, para prevenir y responder rápidamente a posibles amenazas. También se utilizan para monitorear la calidad en diversas aplicaciones. Un aspecto destacado de los sistemas de adquisición de datos analógicos es su capacidad para medir datos en términos de magnitud, lo que los hace precisos y confiables. Su mayor resolución en comparación con los sistemas digitales los hace especialmente útiles para aplicaciones que requieren la medición precisa de señales de audio o vídeo. Además, cuentan con una velocidad de procesamiento superior, permitiéndoles recopilar y procesar datos de manera más rápida.

En los últimos años, la investigación en sistemas de adquisición de datos analógicos ha avanzado significativamente gracias a la disponibilidad de tecnologías de hardware y software avanzadas, y a la demanda de sistemas más eficientes y fiables. Estos sistemas se han desarrollado para satisfacer una amplia gama de requisitos de aplicación, desde la medición de señales de baja potencia hasta la recopilación de señales en entornos industriales y científicos (Bradney, 2020).

## Figura 9

### *Señal Analógica*



Nota: (Orozco Moreno y otros, 2020)

## 2.10. OBTENCION SEÑALES DIGITALES

La disciplina de la Teoría de Sistemas de Adquisición de Datos Digitales (DAS) se enfoca en la adquisición, almacenamiento, procesamiento y análisis de datos digitales en campos tan diversos como la investigación científica, ingeniería, medicina, robótica e industria. Un sistema de adquisición de datos digitales comprende varios componentes, entre ellos una fuente de datos, dispositivos de almacenamiento, dispositivos de procesamiento, una red de comunicación y una interfaz de usuario. La fuente de datos puede ser variada, desde señales analógicas o digitales hasta imágenes, videos, señales de audio o radiofrecuencia (Hua Zhang, 2021).

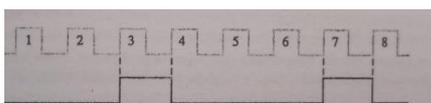
Para almacenar los datos adquiridos, se pueden utilizar diversos dispositivos, como discos duros, tarjetas de memoria, discos ópticos, tarjetas flash, discos magnéticos o cintas. Herramientas como LabVIEW, National Instruments y Data Acquisition Toolbox se destacan en la adquisición y procesamiento de datos digitales, proporcionando interfaces gráficas intuitivas y funciones de procesamiento para visualizar datos y crear gráficos.

En términos generales, los sistemas de adquisición de datos digitales ofrecen una mayor precisión en la recopilación de datos, ya que estos se capturan directamente en formato digital, evitando conversiones desde formatos analógicos. Esta característica garantiza una mayor exactitud en los datos recopilados. Además, estos sistemas permiten una velocidad de recopilación de datos superior, resultando en resultados más rápidos y una reducción del tiempo necesario para la recopilación y procesamiento de datos. También brindan una capacidad de almacenamiento más amplia, asegurando que los datos se almacenen de manera segura y sean fácilmente accesibles en el futuro.

El avance significativo de los sistemas de adquisición de datos digitales en los últimos años refleja el estado actual de esta tecnología, que se ha vuelto esencial en un contexto donde la recolección y procesamiento de datos digitales son cada vez más fundamentales. Estos sistemas, basados en tecnologías avanzadas de adquisición, procesamiento y almacenamiento de datos, se aplican en diversos campos, como medición de procesos, control de procesos, monitoreo de sistemas y seguridad.

### **Figura 10**

#### *Señal Digital*



Nota: (Verma , 2023)

## **2.11. INTERNET DE LAS COSAS (IoT)**

Esta era de la evolución de Internet, en donde la conectividad cubre a los objetos que nos rodean, es lo que se conoce como el Internet de las Cosas (IoT – Internet of Things). El Internet de las cosas (IoT) se refiere a la red de objetos físicos, también conocidos como cosas, que están equipados con sensores, software y otras tecnologías para establecer conexiones y compartir datos con otros dispositivos y sistemas a través de



Internet. Estos dispositivos abarcan desde objetos cotidianos en hogares hasta herramientas industriales avanzadas (Gélvez Rodríguez & Luz Marina , 2020).

En los últimos años, el Internet de las Cosas (IoT) ha emergido como una de las tecnologías más significativas del siglo XXI. Ahora, la posibilidad de conectar objetos cotidianos, electrodomésticos, vehículos, termostatos, monitores de bebés, y otros dispositivos a la red a través de integración de dispositivos permite una comunicación eficiente entre personas, procesos y objetos. Gracias a tecnologías como la informática de bajo costo, la computación en la nube, el análisis de grandes volúmenes de datos, la analítica y los dispositivos móviles, los objetos físicos tienen la capacidad de intercambiar y recopilar datos con una mínima intervención humana. En este entorno hiperconectado, los sistemas digitales pueden registrar, supervisar y ajustar cada interacción entre los diversos elementos conectados. De esta manera, el mundo físico y el digital colaboran estrechamente entre sí.

### **2.11.1. Arquitectura IoT**

La arquitectura de Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la estructura y organización de los elementos que componen un sistema IoT. En este paradigma, los dispositivos físicos, sensores y actuadores, están conectados a través de redes, permitiendo la recopilación, transmisión y procesamiento de datos. La arquitectura IoT típicamente incluye capas como la de dispositivos, donde residen los objetos físicos, la de conectividad, que facilita la transmisión de datos, y la de la nube, donde se almacenan y analizan los datos recolectados. Además, puede incorporar tecnologías como el middleware para la gestión de la comunicación entre dispositivos y la seguridad para proteger la integridad de la información. El diseño de la arquitectura IoT busca optimizar la eficiencia, escalabilidad y seguridad del

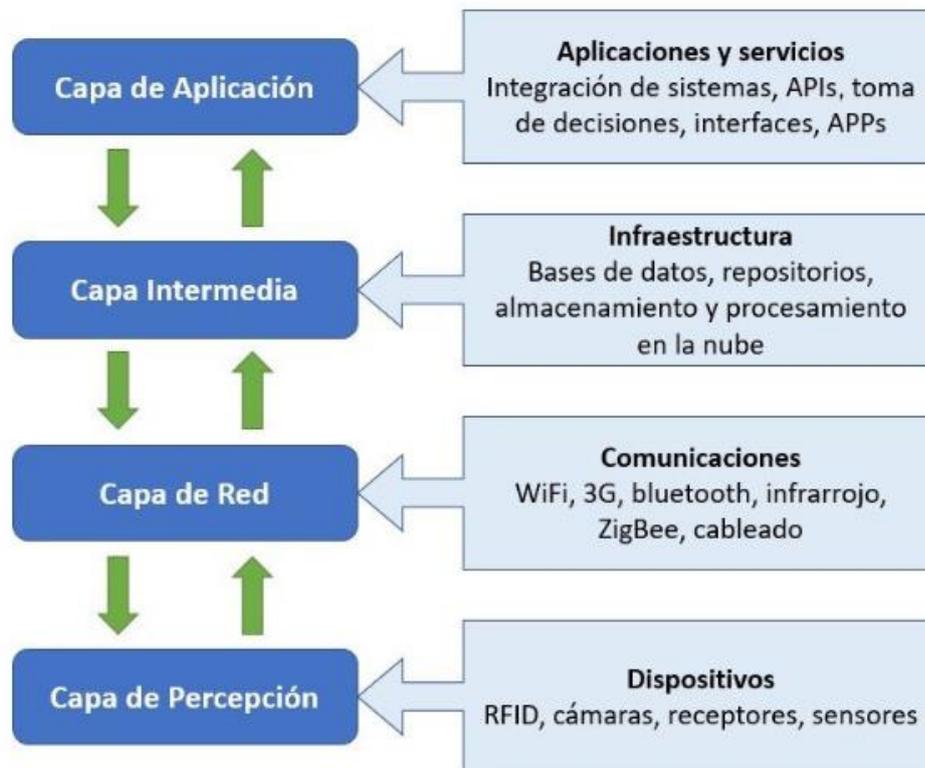


sistema, permitiendo una interconexión inteligente y eficaz entre los dispositivos y facilitando la toma de decisiones basada en datos.

El análisis de arquitecturas en el contexto de Internet de las Cosas (IoT) es esencial para identificar los elementos clave en un proceso de evaluación de riesgos de seguridad. Existen en la literatura diversas propuestas que proporcionan una visión simplificada de las interacciones entre los componentes involucrados en un entorno IoT. La capa de percepción alberga sensores y dispositivos encargados de capturar datos del mundo físico, la capa de red gestiona la infraestructura de comunicación para llevar los datos desde los dispositivos IoT hasta las bases de datos y la infraestructura de procesamiento. En la capa intermedia o Middleware, se reciben los datos para su almacenamiento y procesamiento inicial, y finalmente, la información se traslada a la capa de aplicación, donde diversas aplicaciones y servicios la utilizan para la toma de decisiones. Algunas propuestas más detalladas, como aquellas que incluyen una quinta capa denominada "capa de negocio", amplían la perspectiva al integrar información desde la capa de aplicación. Esta capa de negocio se encarga de proporcionar datos a interfaces de nivel superior, facilitando la construcción de modelos de negocio y brindando apoyo para la toma de decisiones en la gestión estratégica del negocio (Gélvez Rodríguez & Luz Marina , 2020).

**Figura 11**

*Arquitectura de internet de las cosas*



Nota: (Gélvez Rodríguez & Luz Marina , 2020)

## 2.12. SHIELD ETHERNET

El módulo shield ethernet tiene una utilidad que posibilita la conexión a Internet mediante la biblioteca Ethernet incorporada en la placa Arduino. Esta biblioteca es empleada para desarrollar bocetos (programas de Arduino escritos en el entorno de desarrollo integrado) que facilitan la configuración de este escudo para establecer una conexión con la red. Este accesorio es compatible con la mayoría de las versiones de placas de prototipado, permitiendo que la placa envíe y reciba datos globalmente, asegurando una conexión a Internet estable (Hammell, 2014).

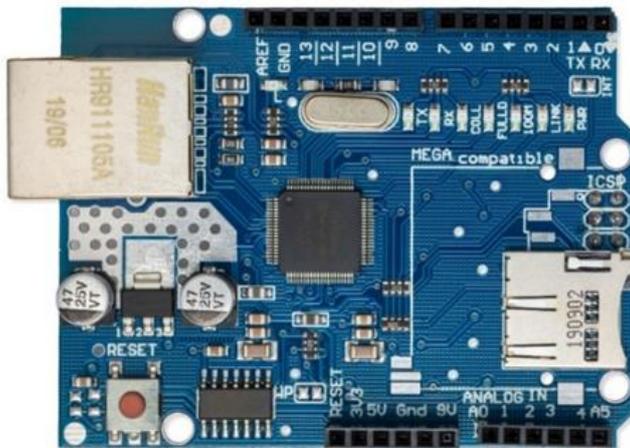
Algunas características de este módulo son:



- **Conectividad a Internet:** La Shield Ethernet permite a la placa Arduino conectarse a la red, lo que posibilita la comunicación con otros dispositivos y servicios a través de Internet.
- **Biblioteca Ethernet:** Utiliza la biblioteca Ethernet de Arduino, que facilita la programación de bocetos para configurar la conexión a la red y gestionar la comunicación.
- **Compatibilidad:** Es compatible con varias versiones de placas de prototipado Arduino, lo que brinda flexibilidad para su integración en diferentes proyectos.
- **Envío y Recepción de Datos:** Permite que la placa Arduino envíe y reciba datos a través de la red, lo que posibilita la implementación de aplicaciones que requieren conectividad.
- **Estabilidad de Conexión:** Ofrece una conexión a Internet estable, lo que es esencial para aplicaciones que dependen de una comunicación fiable y constante.
- **Protocolos de Red:** Admite varios protocolos de red estándar, como TCP/IP, lo que amplía las posibilidades de comunicación y conectividad.
- **LEDs Indicadores:** Algunas Shields Ethernet están equipadas con LEDs indicadores que muestran el estado de la conexión y la actividad de red, facilitando la depuración y el monitoreo.
- **Alimentación:** Puede alimentarse directamente desde la placa Arduino o a través de una fuente de alimentación externa, según las necesidades del proyecto.
- **Interruptores de Configuración:** Algunas versiones pueden incluir interruptores de configuración que permiten ajustar ciertos parámetros según los requisitos específicos de la aplicación.

**Figura 12**

*Shield Ethernet*



Nota: (Hammell, 2014)

### **2.13. CABLEADO UTP**

El cable de par trenzado sin apantallar (UTP) es una opción prevalente para establecer conexiones de red, incluyendo conexiones a Internet. Este tipo de cable se caracteriza por tener pares de conductores de cobre entrelazados, lo que reduce la interferencia electromagnética externa. Su flexibilidad y asequibilidad lo hacen ampliamente utilizado en entornos de red. En cuanto a su estructura, los cables UTP pueden variar en el número de pares de conductores, siendo cuatro pares la configuración más común. Además, se clasifican en categorías, como Cat5e, Cat6, Cat6a y Cat7, que indican estándares de rendimiento y velocidad. Las categorías superiores generalmente admiten velocidades más altas y ofrecen mejores características de mitigación de interferencias. Estos cables tienen diversas aplicaciones, siendo fundamentales para implementar redes Ethernet, incluyendo conexiones de Internet en entornos domésticos y empresariales. También se utilizan en aplicaciones telefónicas y otras transmisiones de datos. Los conectores más comunes para los extremos de los cables UTP son los conectores RJ45, que se utilizan para conectar dispositivos de red como computadoras,

enrutadores y switches. Para conexiones permanentes, como en paneles de conexión, se emplean bloques de punción (punch down blocks). Cuando se instalan cables UTP, es crucial considerar la longitud máxima efectiva, ya que las especificaciones suelen definir límites para garantizar la calidad de la señal. Además, una instalación adecuada, evitando interferencias y manteniendo un tendido ordenado, contribuye a preservar la integridad de la señal (Stuart Minor , 2019).

La disposición entrelazada de los pares de cables en el UTP ayuda a reducir la interferencia electromagnética, aunque carezca de apantallamiento externo. Algunas variantes pueden incluir blindaje interno para mejorar la protección contra interferencias. Los estándares del Instituto de Ingenieros Eléctricos y Electrónicos (IEEE) definen las características y velocidades de transmisión para diferentes categorías de cables UTP.

### **Figura 13**

#### *PatchCord UTP*



Nota: (Stuart Minor , 2019)

## **2.14. ACTUADORES**

Los actuadores representan elementos electromecánicos fundamentales en sistemas automatizados, diseñados para llevar a cabo acciones físicas en respuesta a distintas señales, ya sean eléctricas, electrónicas u otras entradas. Su propósito principal radica en transformar la energía de entrada en movimiento, fuerza u otras acciones físicas



en la salida correspondiente. Se hallan disponibles diversos tipos de actuadores, cada uno adaptado a aplicaciones específicas.

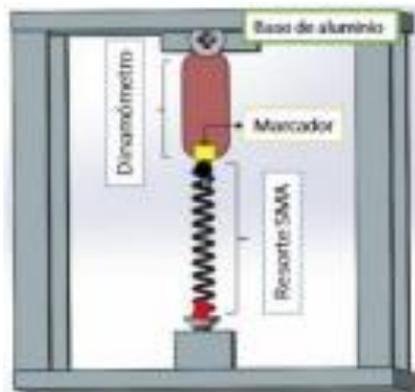
Un ejemplo común es el actuador lineal, que induce movimiento en línea recta, abarcando dispositivos como cilindros hidráulicos o motores lineales. Los actuadores rotativos generan movimientos de rotación, entre ellos se encuentran los motores eléctricos, servomotores y motores paso a paso. Por otro lado, los actuadores neumáticos e hidráulicos emplean aire comprimido o fluidos hidráulicos para generar movimiento, mientras que los piezoeléctricos se basan en el efecto piezoeléctrico (Páez Pidiach y otros, 2020).

El principio de funcionamiento varía según el tipo de actuador. Por ejemplo, los motores eléctricos convierten la energía eléctrica en energía mecánica mediante campos magnéticos, mientras que los actuadores hidráulicos utilizan la presión de fluidos para generar movimiento. Los actuadores encuentran aplicaciones amplias que van desde la industria manufacturera hasta la robótica, automoción, aeroespacial y automatización residencial. También se integran en sistemas de control de procesos y dispositivos médicos, entre otras áreas. En su mayoría, los actuadores modernos son controlados electrónicamente mediante señales generadas por microcontroladores o computadoras.

En muchos sistemas, se incorpora retroalimentación mediante sensores para ajustar y controlar la acción del actuador en tiempo real, proporcionando precisión y adaptabilidad. Ejemplos prácticos incluyen el uso de servomotores en robótica, cilindros hidráulicos en maquinaria pesada, motores eléctricos en electrodomésticos y válvulas controladas electrónicamente en sistemas de control de fluidos.

## Figura 14

### Actuador SMA



Nota: (Páez Pidiach y otros, 2020)

## 2.15. INVERSOR

Un inversor es un dispositivo electrónico diseñado para convertir la corriente continua (CC) en corriente alterna (CA). Su función fundamental radica en alterar la dirección del flujo de electricidad, posibilitando así la utilización de dispositivos que operan con corriente alterna a partir de una fuente de corriente continua, como podría ser una batería. La corriente continua (CC) se caracteriza por fluir en una única dirección constante, siendo proporcionada comúnmente por fuentes como baterías y paneles solares. En contraste, la corriente alterna (CA) alterna su dirección periódicamente, y es el tipo de corriente utilizado por la mayoría de los dispositivos eléctricos y comerciales (Andrés Piquer, 2021).

En cuanto al funcionamiento de un inversor, esta toma la corriente continua proveniente de una fuente, como una batería, y la transforma en corriente alterna. Esto resulta esencial para alimentar electrodomésticos, dispositivos electrónicos y sistemas eléctricos que requieren corriente alterna.

Un aspecto clave a considerar es la forma de onda de salida del inversor. La onda sinusoidal es la más deseada por su pureza y compatibilidad con la mayoría de los

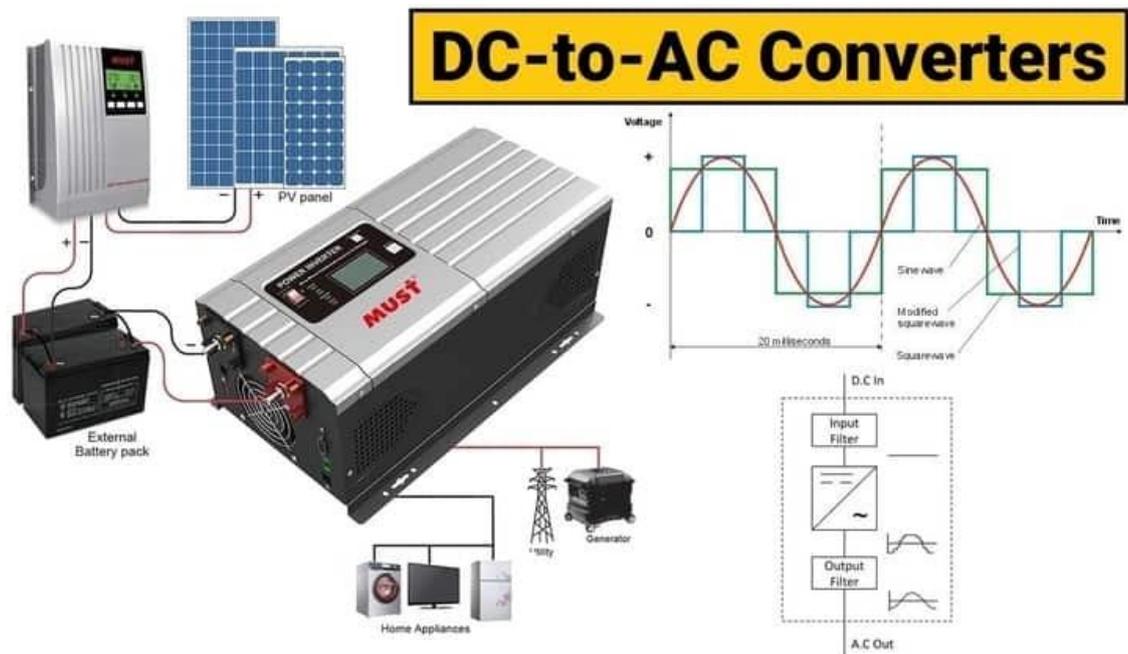


dispositivos. Aunque algunos inversores generan ondas cuadradas o modificadas, estas pueden no ser ideales para equipos más sensibles. La capacidad de un inversor se mide en vatios y se conoce como su potencia nominal, la cual debe ser suficiente para manejar la carga conectada. Al seleccionar un inversor, es crucial considerar la potencia requerida por los dispositivos que se planea alimentar.

Existen inversores de onda pura y modificada, siendo los primeros los que generan una salida que imita la forma de onda sinusoidal, mientras que los segundos generan una onda cuadrada o modificada. Para dispositivos más sensibles, se prefieren los inversores de onda pura. En el contexto de sistemas de energía solar, los inversores son esenciales para convertir la corriente continua generada por los paneles solares en corriente alterna, haciéndola utilizable para el hogar o la red eléctrica. Además, algunos inversores son híbridos y pueden colaborar con sistemas de baterías, paneles solares y la red eléctrica, brindando flexibilidad y eficiencia en la gestión de la energía.

**Figura 15**

*Convertidores (inversores) de CC a CA: diseño, funcionamiento y aplicaciones*



Nota: (Chauhan, 2023)

## 2.16. REGULADOR DE VOLTAJE

Un regulador de voltaje es un dispositivo electrónico diseñado para mantener constante el nivel de voltaje en un circuito eléctrico, independientemente de las variaciones en la carga, temperatura o suministro de energía. Su función principal es estabilizar la tensión de salida, proporcionando así una alimentación eléctrica más consistente y confiable para los componentes conectados. Existen diferentes tipos de reguladores de voltaje, siendo uno de los más comunes el regulador lineal. Este tipo de regulador utiliza componentes electrónicos, como transistores, para ajustar la tensión de salida de manera proporcional a la variación en la tensión de entrada. Aunque eficaz, este método puede generar calor adicional debido a la disipación de energía (Factory, 2023).

Por otro lado, los reguladores de voltaje conmutados, o conmutadores de modo conmutado (SMPS), son otra categoría común. Estos reguladores ajustan la tensión de



salida de manera más eficiente mediante la conmutación rápida de componentes electrónicos, reduciendo así la pérdida de energía y minimizando el calor generado. En el contexto de sistemas de energía solar, los reguladores de voltaje son esenciales para proteger las baterías y otros componentes de sobrecargas, asegurando un suministro de energía estable. También se utilizan en diversos dispositivos electrónicos y fuentes de alimentación para garantizar que los componentes funcionen dentro de los límites de voltaje seguros.

Ahora, centrándonos en el regulador de voltaje 7805, este es un ejemplo común de un regulador de voltaje lineal. El número "7805" se refiere a la tensión de salida constante que proporciona, que es de 5 voltios. Este regulador es ampliamente utilizado en proyectos de electrónica y placas de prototipado.

El regulador de voltaje 7805 es especialmente útil cuando se requiere alimentar circuitos que necesitan una fuente de 5V. Este componente tiene tres pines: el pin de entrada (VIN), el pin de tierra (GND) y el pin de salida (VOUT). Al conectar el pin de entrada a una fuente de voltaje mayor, el regulador ajusta la salida a 5V en el pin correspondiente. Su simplicidad y eficacia hacen que el regulador de voltaje 7805 sea una opción popular en una variedad de aplicaciones electrónicas.

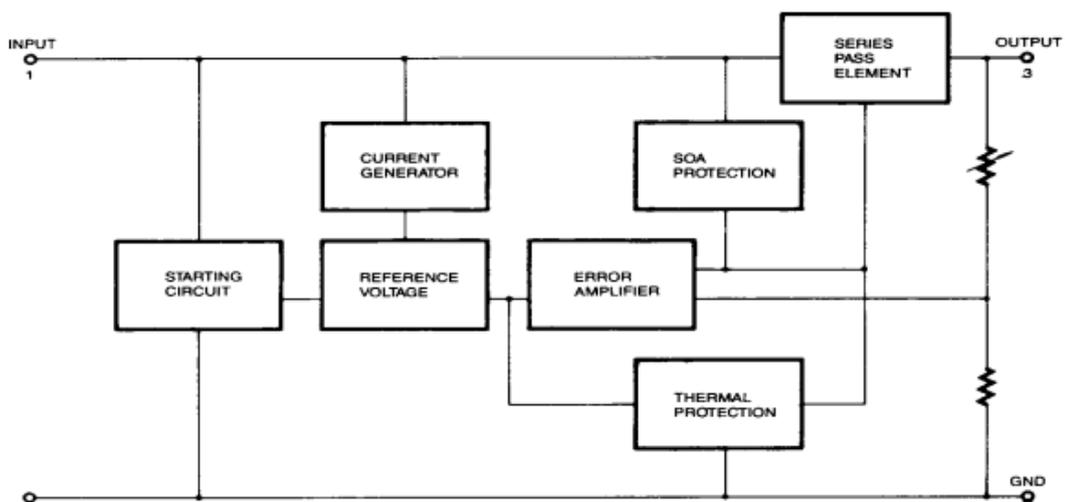
Algunas características son las siguientes:

- Polaridad: regulador positivo
- Tipo de regulador: lineal
- Montaje: Through Hole
- Encapsulado TO-220 de 3 terminales
- Protección por alta temperatura

- Protección contra corto circuito
- Rango de voltaje de entrada: 7 a 35 VDC
- Voltaje de salida: 5 VDC (fijo)
- Corriente de salida: 1 A
- Temperatura máxima de operación: 125 C
- Regulación de carga: 100 mV
- Regulación de línea 100 mV

**Figura 16**

*Circuito Interno del 7805*



Nota: (Factory, 2023)

## CAPITULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. MUESTRA DE LA INVESTIGACIÓN

La población está conformada por todos los usuarios de energía eléctrica en el distrito de Puno. El universo acotado o población está conformada por la cantidad de usuarios de Electro Puno, que en este caso es 54,756 según la memoria anual 2022 (Electro Puno, 2022). Para detectar una equivocación del 5% con un nivel de confidencialidad del 90%, se busca obtener muestras con una fórmula que permita medir la extensión adecuado de la población, estimando que la probabilidad de éxito es del 90%, mientras que la probabilidad de falla es del 10%. se calcula de la siguiente manera:

$$n = \frac{N \cdot Z_a^2 \cdot p \cdot q}{d^2 \cdot (N - 1) + Z_a^2 \cdot p \cdot q}$$

Donde:

N = tamaño de la población

Z<sub>a</sub> = nivel de confidencialidad

p = probabilidad de logro proporción esperada

q = probabilidad de fallar

d = precisión (Error máximo admisible en términos de proporción)

Si tenemos los valores N= 54,756, Z<sub>a</sub> = 1.645 (Nivel de confianza 90%), p = 0.9,

q=0.1 y d=0.05.



El resultado de la fórmula es 97.24, lo que indica que para una población de 54,756 usuarios de Electro Puno de la ciudad se tomará una muestra de 97 usuarios. Para este proyecto, este valor permite al investigador obtener resultados deseados.

En esta investigación se ha optado por usar un muestreo no probabilístico porque es una técnica de muestreo en la cual el investigador selecciona muestras basadas en un juicio subjetivo en lugar de hacer la selección al azar. El muestreo no probabilístico se utiliza donde no es posible extraer un muestreo de probabilidad aleatorio debido a consideraciones de tiempo o costo. El muestreo no probabilístico es un método menos estricto, este método de muestreo depende en gran medida de la experiencia de los investigadores. En esta investigación se calculó que 97 usuarios serían considerados como muestra, por lo que deberían encuestarse a estos usuarios y saber su opinión a cerca del uso del prototipo del sistema y conocer si se ha logrado un ahorro de consumo de energía eléctrica de la red convencional, lo que estaría plasmado en sus recibos mensuales del servicio; por motivos de costos y tiempo, sólo se ha implementado un prototipo el cual es evaluado en la presente investigación para demostrar que logra el ahorro de energía eléctrica de la red convencional y por ello este único prototipo será el objeto de estudio y comprobación de los resultados.

### **3.2. UBICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN**

El trabajo de investigación se realizó en el distrito Puno en la provincia de Puno en la región de Puno, el cual posee las siguientes coordenadas geográficas: 15°50'36"S 70°01'25"O a 3818msnm. Para la investigación se tomó como referencia a los usuarios de energía eléctrica de la ciudad.



### **3.3. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN**

La investigación es de naturaleza no experimental ya que no implica la manipulación de las variables independientes, teniendo en cuenta que se tiene como variable independiente el controlador híbrido basado en microcontrolador y como variable dependiente tenemos al sistema fotovoltaico en la zona urbana de la ciudad de Puno. En este caso se está diseñando e implementando un controlador híbrido, y se espera que tenga un impacto en la eficiencia o funcionamiento de los sistemas fotovoltaicos en la ciudad de Puno. Por otra parte, esta investigación es de enfoque cuantitativo, ya que se concentra en medir y precisar valores de rendimiento. En general, este tipo de investigación se lleva a cabo en muestras pequeñas y se aborda una gran cantidad de variables de estudio, para lo que se utilizan diversas técnicas de observación y registro.

### **3.4. TIPO DE INVESTIGACIÓN**

En este proyecto, se realizó una investigación de tipo no experimental para abordar las necesidades de la problemática. Se analizaron datos existentes y se llevaron a cabo estudios descriptivos para comprender mejor el contexto y los factores relacionados. Se utilizaron métodos observacionales y analíticos para explorar la situación sin intervenir directamente en un entorno controlado o laboratorio. Se aplicó un enfoque exploratorio para examinar patrones y relaciones en los datos recopilados.

### **3.5. DISEÑO DEL SISTEMA**

Usamos el convertidor DC-DC XL4016 que representa un regulador de tipo conmutado con características reductoras (Step-Down o Buck) que exhibe una eficiencia de conversión elevada, una regulación de línea sobresaliente y un bajo voltaje de rizado. Este módulo minimiza la necesidad de componentes externos. Su capacidad permite la obtención de un voltaje regulado desde una fuente con un voltaje superior que en este



caso serían los paneles fotovoltaicos. Este convertidor va conectado a la batería y al inversor.

El microcontrolador ATmega está conectado al panel fotovoltaico, y lee el voltaje cada cierto tiempo de la batería y el panel solar, de tal manera que tome decisiones de conmutación con la red eléctrica de la ciudad. De esta manera se garantiza que la carga tenga abastecimiento de energía eléctrica.

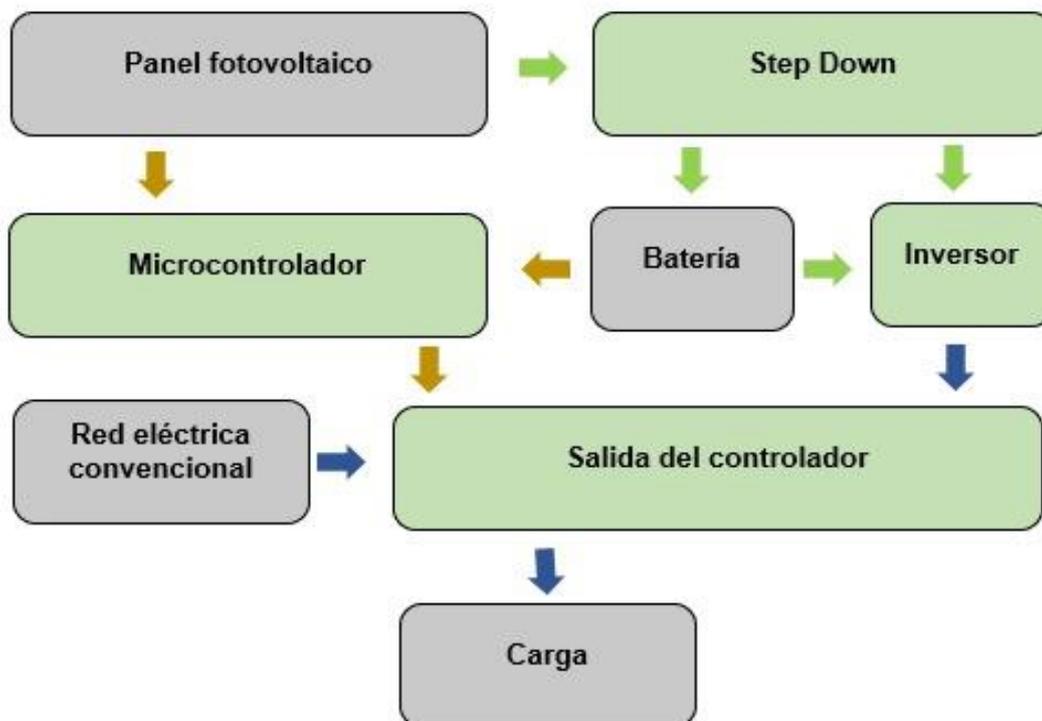
Los paneles fotovoltaicos se conectan a un módulo Step Down que hace la función de reducir el voltaje a un nivel de salida menor de manera eficiente, de esta manera garantiza voltajes precisos a la carga, esto se realiza debido a que los voltajes de los paneles solares presentan fluctuaciones.

El inversor utilizado en este proyecto es de 500W, para sistemas fotovoltaicos es un componente esencial en instalaciones solares, ya que cumple la función de convertir la corriente continua (CC) generada por los paneles fotovoltaicos en corriente alterna (CA) utilizable para alimentar dispositivos y electrodomésticos convencionales. Este presenta una eficiencia superior al 90%, lo que garantiza un uso eficiente de la energía generada por los paneles solares.

A continuación, se presenta un diagrama que muestra el sistema:

**Figura 17**

*Diagrama del sistema*



Elaboración propia

En la figura anterior, es Arduino que toma las decisiones para hacer la conmutación entre energía convencional de Electro Puno y la energía adquirida de nuestros paneles solares.

### 3.6. PANEL FOTOVOLTAICO

Los paneles fotovoltaicos para uso residencial son sistemas que aprovechan la energía solar para la generación de electricidad. Estos dispositivos, comúnmente denominados módulos solares, se constituyen a partir de celdas fotovoltaicas especializadas que transforman la radiación solar en electricidad de corriente continua (CC). Esta conversión se logra a través del efecto fotovoltaico, donde los fotones provenientes de la luz solar inciden sobre las células fotovoltaicas, generando así una corriente eléctrica.

En esta investigación los datos se obtienen de dos paneles fotovoltaicos monocristalinos cada uno con una potencia de 100 Watts, cada uno tiene un voltaje en potencia máxima de 18.3 V, una corriente en potencia máxima de 5.47 A, un voltaje en circuito abierto de 22.42 V y una corriente en corto circuito de 5.76 A, un rango de temperatura para su operación de  $-40\text{ C}^\circ$  hasta  $+85\text{ C}^\circ$ .

Los paneles utilizados se ubican en el techo de una casa, veamos:

### **Figura 18**

#### *Paneles Solares de la Investigación*



Elaboración propia

### **3.7. CIRCUITO DEL SISTEMA**

El diseño del circuito se encuentra focalizado en el microcontrolador ATmega328P, que desempeña un papel crucial al tomar decisiones clave en la conmutación entre la energía proveniente de la red comercial y la energía generada por los paneles solares. Su funcionalidad principal se basa en la lectura de los valores de voltaje tanto de los paneles solares como de la batería de 12V.

En el proceso de toma de decisiones, el microcontrolador utiliza un divisor de voltaje conectado a la entrada analógica A0 para medir los valores de voltaje provenientes de los paneles solares. Asimismo, emplea la entrada analógica A1 para leer los valores de



voltaje de la batería de 12V. Al comparar estos valores, el microcontrolador tiene la capacidad de tomar decisiones precisas en tiempo real.

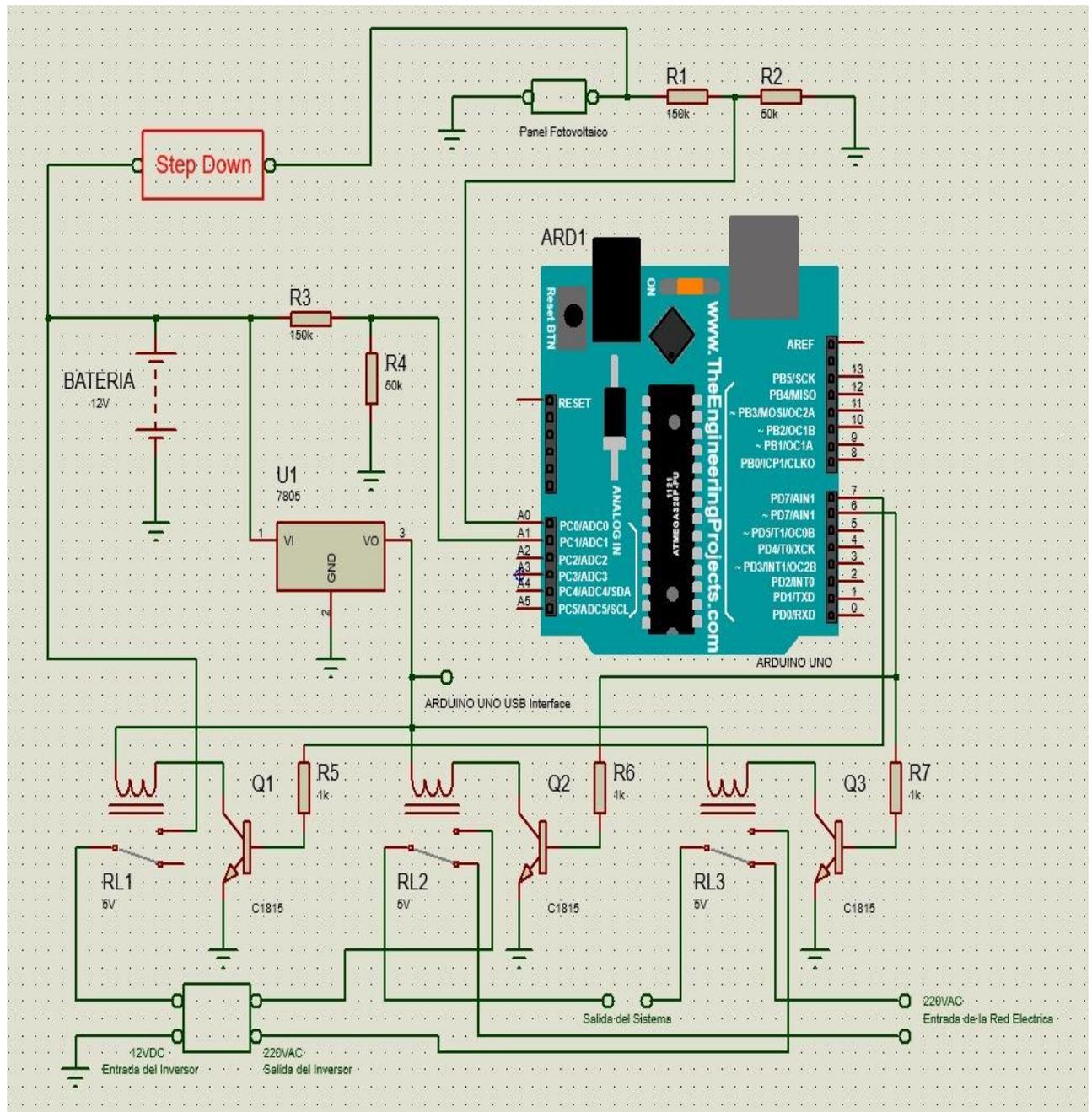
Se sabe que un divisor de voltaje es un circuito eléctrico compuesto por resistencias conectadas en serie que dividen una fuente de voltaje en partes más pequeñas proporcionales a las resistencias individuales. Este tipo de circuito es utilizado para crear tensiones específicas en puntos intermedios de un circuito, permitiendo así suministrar voltajes variados a diferentes componentes. Este es como un sensor de nivel de voltaje.

En cuanto a los actuadores utilizados en este sistema, se recurre a los relés. Un relé es un componente esencial en este contexto, ya que funciona como un interruptor controlado eléctricamente que hace uso de un electroimán para abrir o cerrar contactos eléctricos. Esta acción de conmutación de los relés permite dirigir la corriente eléctrica de manera eficiente, facilitando así la implementación de decisiones tomadas por el microcontrolador en relación con la fuente de energía seleccionada en ese momento. Este enfoque con relés garantiza un control preciso y fiable en la gestión de la energía, mejorando así la eficiencia del sistema.

Las salidas digitales 6 y 7 del Microcontrolador se usan para realizar la conmutación, en la siguiente imagen se puede ver las conexiones con más detalles.

**Figura 19**

*Circuito esquemático del sistema*

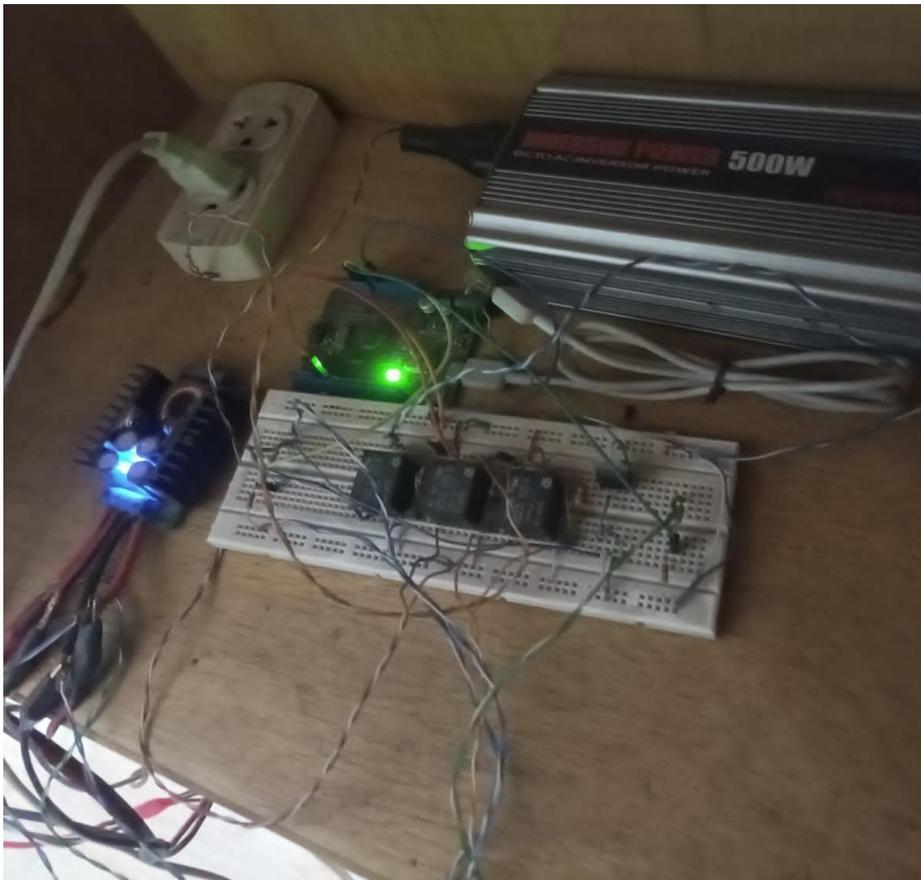


Elaboración propia

Y el circuito físico se ve de la siguiente manera:

**Figura 20**

*Circuito prototipo del sistema*



Elaboración propia

### **3.8. DATOS EN INTERNET**

El Internet de las Cosas (IoT) es un término que hace referencia a la conexión de objetos cotidianos a la red, posibilitando el intercambio de datos y la ejecución de acciones automatizadas, pero en nuestra investigación se envían solo los datos censados. En un contexto de IoT, diversos elementos como dispositivos físicos, vehículos y otros objetos, están equipados con sensores, actuadores y tecnología de comunicación, lo que les permite recopilar y compartir información.

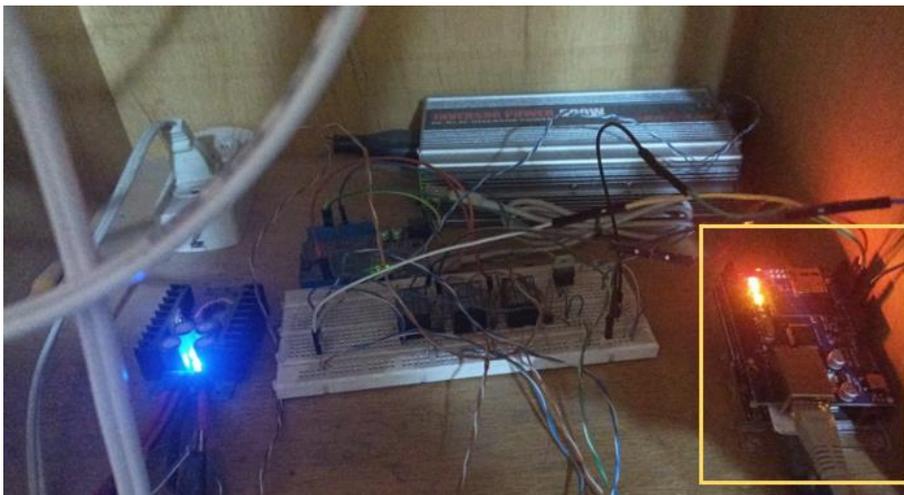
El módulo que permite el envío de datos a internet es conocido como Ethernet Shield, este es un módulo que trabaja en el modelo OSI y permite transferir datos del microcontrolador a la red de redes conocida como internet.

Los datos censados en esta investigación son:

- Voltaje de Panel Solar
- Voltaje de la Batería
- Voltaje de Salida

### Figura 21

*Modulo Shield Ethernet en el sistema*



Elaboración propia

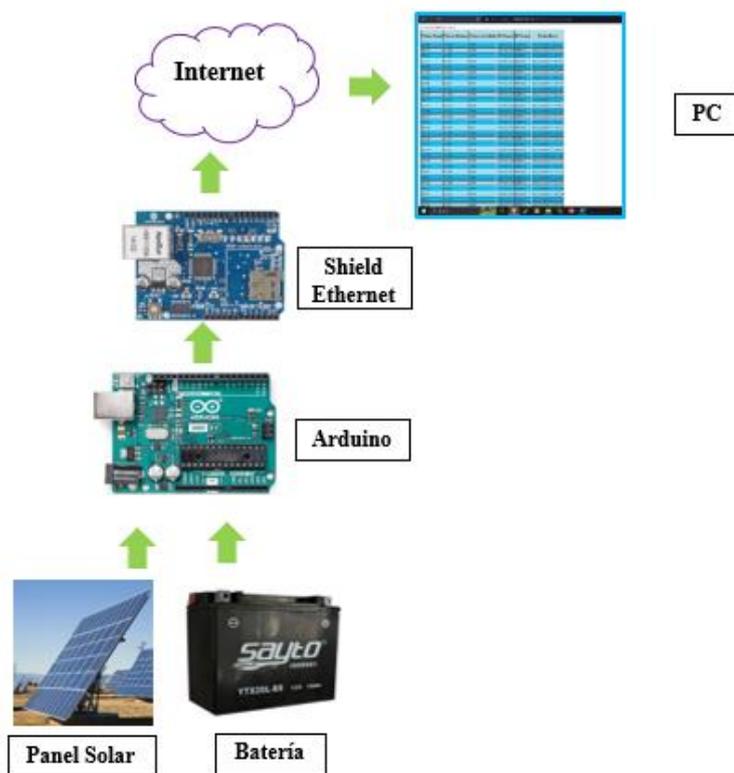
Estos datos mencionados van a un servidor, el servidor constituye un elemento, ya sea de hardware o software, que suministra servicios, recursos o funciones a otros dispositivos o programas en una red, estos últimos conocidos como clientes. La función principal de un servidor radica en atender las solicitudes de los clientes, procesarlas y proporcionar respuestas o resultados correspondientes. Los servidores desempeñan diversos roles, tales como el almacenamiento y compartición de archivos, la gestión de accesos y autorizaciones, el alojamiento de sitios web, la ejecución de aplicaciones o

servicios, así como la realización de otras tareas especializadas según los requerimientos de la red o sistema en el cual están integrados. Estos dispositivos son esenciales para asegurar el funcionamiento eficiente y la comunicación efectiva en entornos informáticos y de red.

Para nuestro caso tenemos un Servidor Web que nos permite ver los datos censados en cualquier dispositivo que tenga un navegador y también conexión a internet. El diagrama siguiente muestra el funcionamiento de lo detallado.

**Figura 22**

*Datos en Internet*



Elaboración propia

### 3.9. CÓDIGO DE ARDUINO

El código de Arduino viene a ser un conjunto de instrucciones escrito en un lenguaje de programación basado en C/C++, diseñado específicamente para ser utilizado



con la plataforma Arduino. Este código define el comportamiento de un microcontrolador Arduino y controla cómo interactúa con el entorno y los diferentes componentes conectados a él (Morón y otros, 2019).

Para esta plataforma utilizamos Arduino IDE (Entorno de desarrollo integrado), este es un software que proporciona las herramientas necesarias para escribir, compilar y cargar programas en placas de desarrollo basadas en la plataforma Arduino. Este entorno simplifica el proceso de programación para usuarios, desde principiantes hasta avanzados, que trabajan con microcontroladores Arduino.

Características de Arduino IDE:

- Editor de Código
- Compilador
- Cargador de Bootloader
- Monitor serie
- Librerías integradas
- Gestión de placas y puertos
- Herramientas de depuración

La estructura de Arduino es la siguiente forma:



### Figura 23

*Estructura de código de Arduino*

```
void setup () {  
  
  // put your setup code here, to run once:  
  
}  
  
void loop () {  
  
  // put your main code here, to run repeatedly:  
  
}
```

Elaboración propia

Un punto que debemos tener en cuenta es que Arduino utiliza variables para almacenar y manipular datos. Podemos trabajar con varios tipos de datos como enteros (int), flotantes (float), caracteres (char), entre otros.

Para nuestro código usamos el tipo de dato flotante, entero y de tipo long para declarar nuestras variables, como flotantes están los siguientes:

- Histéresis para batería
- Voltaje de Panel
- Voltaje de Batería
- Voltaje de Panel superior
- Voltaje de Panel inferior
- Voltaje de Batería superior
- Voltaje de Batería inferior

- Voltaje medio de Panel
- Voltaje medio de Batería
- Entradas analógicas
- Contadores a0 y a1

Como enteros y long tenemos los siguiente i, count y state. Estos representan variables para el estado de la conmutación, en el código se ve de la siguiente forma:

### Figura 24

#### *Variables del código*

```
//Se definen variables
//Histéresis para panel
float Histp;
//Histéresis para batería
float Histb;
//Voltaje de Panel
float Vp;
//Voltaje de Batería
float Vb;
//Voltaje de Panel superior
float Vlpu;
//Voltaje de Panel inferior
float Vlpd;
//Voltaje de Batería superior
float Vlb;
//Voltaje de Batería inferior
float Vlb;
//Voltaje medio de Panel
float Vnp;
//Voltaje medio de Batería
float Vnb;
//Entradas analógicas
float a0;
float a1;
//Se definen contadores
int i;
long count;
// Se define una variable para el estado de la conmutación
int state;
```

Elaboración propia

En el bloque del void setup inicializamos las variables declaradas y se establece roles de los pines y se configuran a nivel bajo por defecto, se ve en la siguiente imagen.

## Figura 25

*Bloque void setup en el código*

```
void setup() {  
  // put your setup code here, to run once:  
  //Valores de inicialización para cada una de las variables  
  Vp = 0.0;  
  Vb = 0.0;  
  Histp = 1.0;  
  Histb = 0.5;  
  Vnp = 15.0;  
  Vnb = 12.0;  
  Vlpv = Vnp + Histp;  
  Vlpd = Vnp - Histp;  
  Vlbv = Vnb + Histb;  
  Vlbd = Vnb - Histb;  
  count = 0;  
  a0 = 0.0;  
  a1 = 0.0;  
  //Establecer roles de pines y configurar a nivel bajo por defecto  
  pinMode(5, OUTPUT);  
  pinMode(6, OUTPUT);  
  digitalWrite(5, LOW);  
  digitalWrite(6, LOW);  
  //Estado de conmutación será 0 (Usa Red Eléctrica)  
  state = 0;  
}
```

Elaboración propia

Leemos el voltaje del panel y el voltaje de la batería con la función `analogRead()` y se utiliza para leer el valor de un pin analógico. Este valor se mide en unidades de resolución, que para la mayoría de las placas Arduino es de 10 bits. Esto significa que el rango de valores posibles va de 0 a 1023, donde 0 representa 0 voltios (0V) en el pin analógico y 1023 representa el voltaje de referencia.

Luego usamos lo que se conoce en programación como condicionales, como `if`, `else if`, y `else`, que se utilizan para controlar el flujo de un programa basándose en ciertas condiciones.

En el código hacemos condicionales de tal manera que cuando el estado sea “0” use la red eléctrica convencional, y si el estado es de “1” usa la batería. Veamos

## Figura 26

*Void loop del código*

```
void loop() {
  a0 = analogRead(0);
  Vp = (a0*20.0)/1024.0;
  a1 = analogRead(1);
  Vb = (a1*20.0)/1024.0;
  if ((Vp>Vlpu && Vb>Vlbu) || (Vp<Vlpd && Vp>Vb && Vb>Vlbu)){
    //Si Estado de conmutación es 0 (Usa Red Eléctrica)
    if (state==0){
      digitalWrite(5, HIGH);
      delay(2500);
      digitalWrite(6, HIGH);
      state = 1;
    }
    delay(1);
    if (count<1000000){
      count+=1;
    }
  }
  else if ((Vp<Vlpd && Vb<Vlbd) || (Vp>Vlpu && Vb<Vlbd)){
    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(5, LOW);
    state = 0;
    if (count<600000){
      delay(120000);
    }else if (count>=600000 && count<6000000){
      delay(600000);
    }else{
      delay(300000);
    }
    count = 0;
  }else
  {
  }
}
```

Elaboración propia

A continuación, se puede observar cómo se muestran los datos desde el sitio web en tiempo real, donde se pueden apreciar variables como el voltaje del panel fotovoltaico, el voltaje de la batería, el voltaje de salida que hace la conmutación entre la red eléctrica convencional y el sistema fotovoltaico, la dirección IP del cliente ubicado en el



controlador híbrido, un identificador o nombre del controlador híbrido y finalmente la fecha y hora del momento en que se obtienen los datos.

### Figura 27

*Registros de las variables en tiempo real*

¡Conexión Satisfactoria!

<b>Voltaje Panel</b>	<b>Voltaje Batería</b>	<b>Voltaje de Salida</b>	<b>IP Cliente</b>	<b>ID Sensor</b>	<b>Fecha Hora</b>
18.89	14.10	0.00	179.6.8.17	MID-01	18/11/2023 17:45
18.57	14.06	0.00	179.6.8.17	MID-01	18/11/2023 17:44
18.11	14.16	0.00	179.6.8.17	MID-01	18/11/2023 17:43
17.23	14.12	0.00	179.6.8.17	MID-01	18/11/2023 17:42
16.39	14.12	0.00	179.6.8.17	MID-01	18/11/2023 17:41
14.86	14.10	0.00	179.6.8.17	MID-01	19/11/2023 17:40
14.61	14.04	0.00	179.6.8.17	MID-01	20/11/2023 17:39
14.61	14.12	0.01	179.6.8.17	MID-01	21/11/2023 17:38
14.79	14.14	0.00	179.6.8.17	MID-01	22/11/2023 17:37
15.53	14.08	0.00	179.6.8.17	MID-01	23/11/2023 17:36
14.79	14.12	0.00	179.6.8.17	MID-01	24/11/2023 17:35
15.55	14.14	0.00	179.6.8.17	MID-01	25/11/2023 17:34
15.88	14.04	0.00	179.6.8.17	MID-01	26/11/2023 17:33
16.27	14.08	0.00	179.6.8.17	MID-01	27/11/2023 17:32
16.72	14.04	0.00	179.6.8.17	MID-01	28/11/2023 17:31
16.99	14.08	0.00	179.6.8.17	MID-01	29/11/2023 17:30
17.27	14.06	0.00	179.6.8.17	MID-01	30/11/2023 17:29
17.58	14.04	0.00	179.6.8.17	MID-01	1/12/2023 17:28
17.97	14.10	0.00	179.6.8.17	MID-01	2/12/2023 17:27
18.2	14.14	0.00	179.6.8.17	MID-01	3/12/2023 17:26
18.3	14.10	0.00	179.6.8.17	MID-01	4/12/2023 17:25
18.5	14.14	0.00	179.6.8.17	MID-01	5/12/2023 17:24
18.75	14.08	0.00	179.6.8.17	MID-01	6/12/2023 17:23
18.95	14.08	0.00	179.6.8.17	MID-01	7/12/2023 17:22
19.02	14.04	0.00	179.6.8.17	MID-01	8/12/2023 17:21
19.18	14.06	0.00	179.6.8.17	MID-01	9/12/2023 17:20
19.22	14.12	0.00	179.6.8.17	MID-01	10/12/2023 17:19
19.43	14.18	0.00	179.6.8.17	MID-01	11/12/2023 17:18

Elaboración propia



## CAPITULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

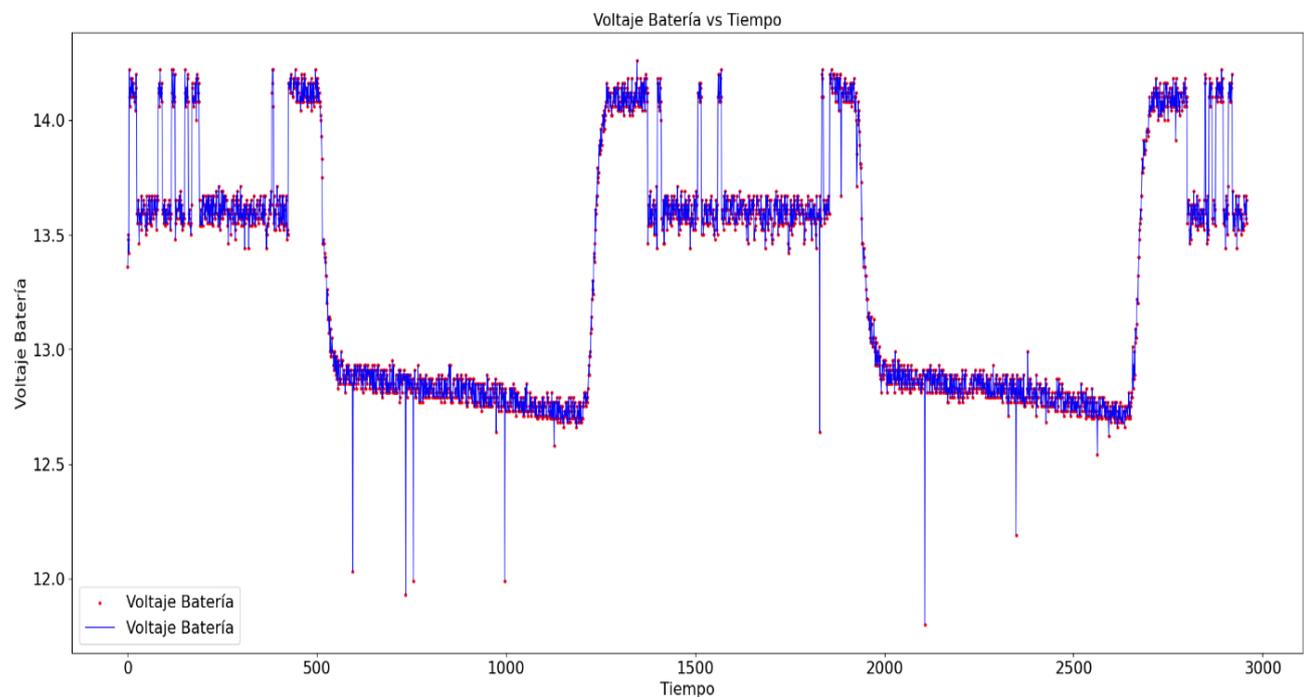
Se han recopilado datos del voltaje de la batería y se han representado gráficamente en función del tiempo durante el lapso de aproximadamente dos días, como se muestra en la Figura 28. Estos datos proporcionan una visualización del comportamiento dinámico del voltaje a lo largo del tiempo. Al examinar el gráfico correspondiente, se observa una variación del voltaje dentro de un rango específico, fluctuando entre 12 y 14 voltios. En este caso los valores cercanos a 14 voltios indican que la batería está con niveles de altos de almacenamiento de energía, y valores cercanos a 12 voltios indican niveles bajos.

Se puede identificar que en las noches el voltaje es menor a 13V y en el día el voltaje cuando no se conecta a la carga es mayor a 14V y cuando se conecta a la carga es cercano a 13.5V. Este comportamiento es común porque una batería que se conecta a una carga siempre bajará su nivel de voltaje.

Este análisis temporal del voltaje de la batería permite identificar patrones y tendencias que pueden ser fundamentales para comprender su rendimiento en diversas condiciones. La capacidad de observar estas oscilaciones en el voltaje contribuye a evaluar la estabilidad y el comportamiento general de la fuente de energía a lo largo del tiempo.

## Figura 28

*Comportamiento del voltaje de la batería en el dominio del tiempo*



Elaboración propia

Los voltajes capturados por el panel fotovoltaico exhiben variaciones en un rango que va desde los 12V hasta los 20V en un lapso de tiempo de también aproximadamente dos días como se en la Figura 29.

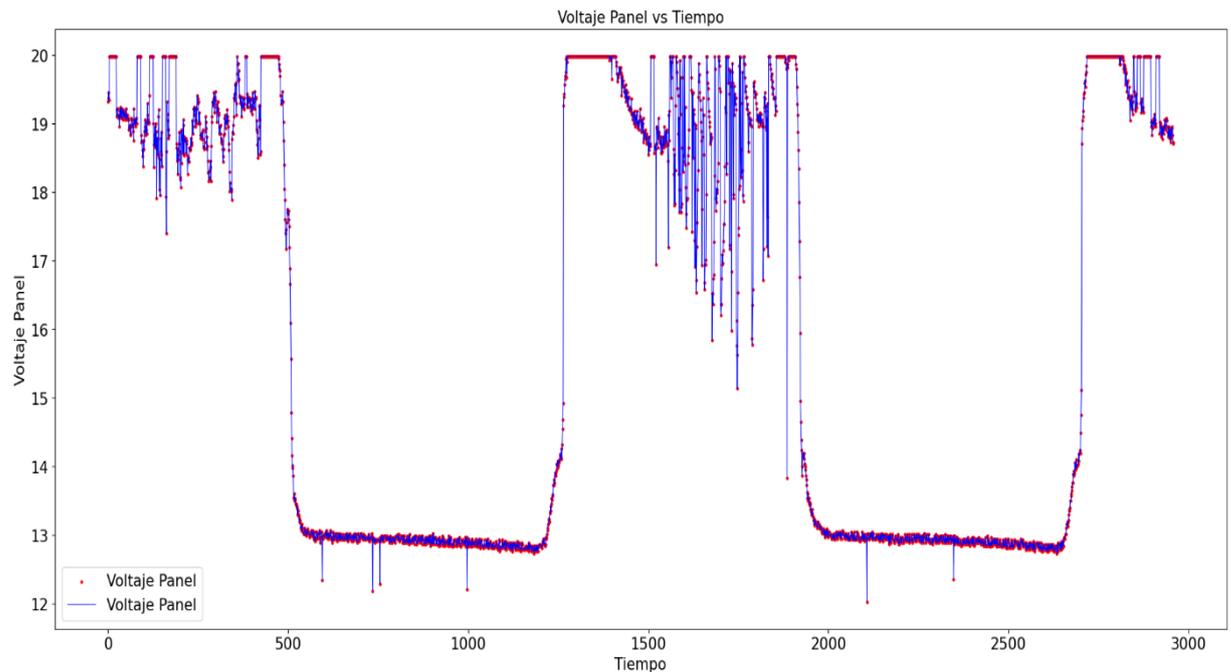
Al analizar la siguiente imagen, se destaca un intervalo específico en el que el voltaje experimenta una marcada disminución. Esta variación significativa puede atribuirse a las condiciones climáticas en la ciudad de Puno, donde la radiación solar no se mantiene constante a lo largo del tiempo, también se puede notar que el voltaje del panel fotovoltaico en las noches no es 0V porque se las mediciones están adoptando el voltaje de la batería en esas horas. Esto debido a la conexión que tiene el circuito mostrado en la Figura 19.

Recordar que cada panel fotovoltaico monocristalino usado en esta investigación tiene una potencia de 100 Watts, cada uno con un voltaje en potencia máxima de 18.3 V

y un voltaje en circuito abierto de 22.42 V, como se puede observar son los valores que se muestran en la Figura 29.

### Figura 29

*Voltaje del panel solar en el dominio del tiempo*



Elaboración propia

Es crucial reconocer que la generación de energía solar está directamente influenciada por la radiación solar disponible, y las fluctuaciones en el voltaje son reflejo de la interacción dinámica entre el panel solar y las condiciones climáticas variables.

Las gráficas permiten identificar tendencias a largo plazo, como cambios estacionales o patrones cíclicos. Esto es esencial para prever el rendimiento del panel en diferentes condiciones climáticas y ajustar estrategias en consecuencia.

En el ámbito de sistemas eléctricos, la carga se refiere a la cantidad de energía eléctrica que un dispositivo, equipo o sistema consume. La observación del voltaje de la carga a lo largo del tiempo, como se ilustra en la siguiente imagen, proporciona información valiosa sobre su comportamiento.

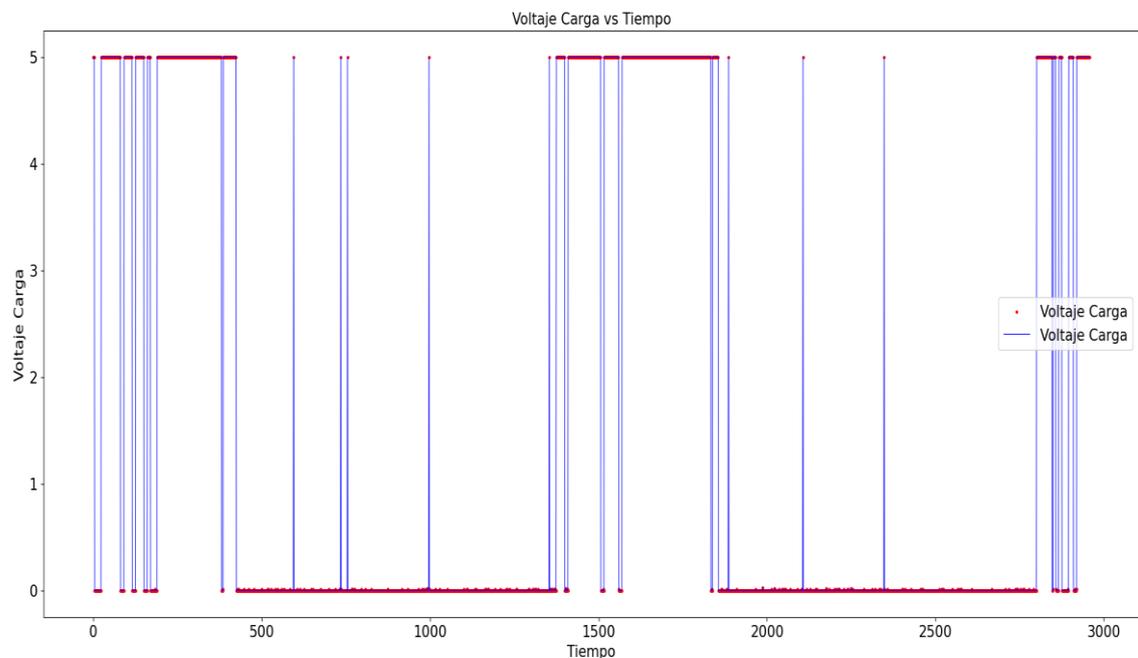
En este contexto, un valor lógico alto indica que la batería del sistema está suministrando energía a la carga, aprovechando la energía solar del panel fotovoltaico y la batería, mientras que un valor lógico bajo indica que la red eléctrica convencional está suministrando energía a la carga.

Es esencial destacar que la conmutación constante entre la energía solar y la red eléctrica puede tener implicaciones significativas para la carga. La sobreutilización de este proceso de conmutación puede resultar perjudicial para la carga, causando daños considerables y pérdidas que son significativas.

Se puede observar claramente en la siguiente imagen que los valores altos se dan durante el día y los valores bajos se dan más en las noches, por supuesto en medio del día sobre todo hay conmutación que permite que la batería tenga un tiempo de cargado para luego poder tener la energía suficiente para brindar a la carga por un tiempo considerable.

**Figura 30**

*Graficas de conmutación en el dominio del tiempo*



Elaboración propia



La representación gráfica siguiente muestra la dinámica de los tres voltajes, dejando claro que la conmutación está estrechamente vinculada a los voltajes provenientes del panel y de la batería. Se destaca una notoria fluctuación en los niveles de voltaje tanto del panel como de la batería. El microcontrolador, con su programación previa diseñada para administrar la conmutación, supervisa estos cambios en los voltajes y ejecuta la conmutación de manera inteligente, considerando los valores particulares de los voltajes del panel y de la batería.

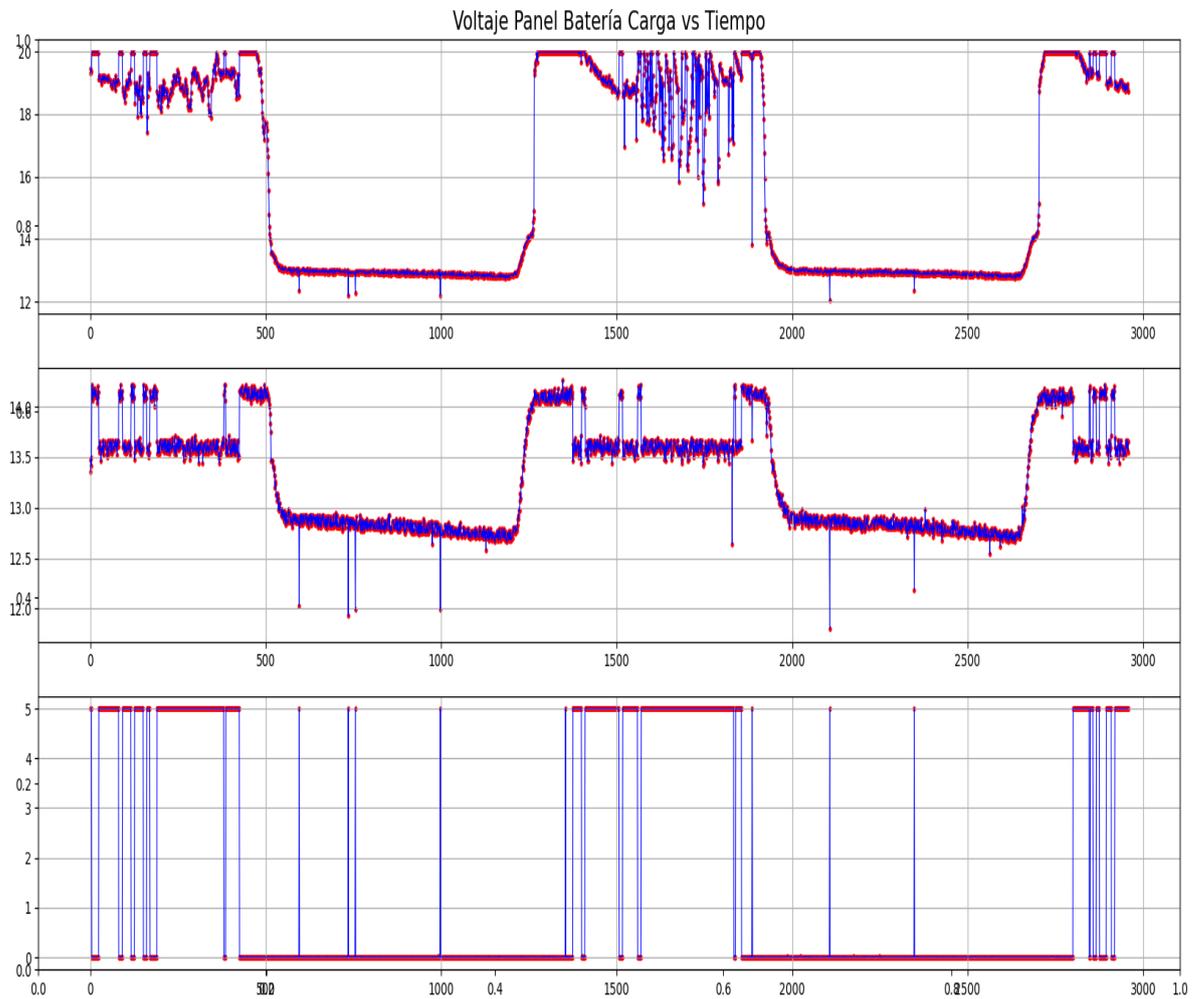
Se puede identificar claramente en el día que el voltaje de la batería cuando no se conecta a la carga es mayor a 14V porque la carga está conectada a la red eléctrica convencional (conmutación en valores bajos); y cuando se conecta el panel fotovoltaico y la batería a la carga el voltaje es cercano a 13.5V cuando la conmutación está en valores altos.

En lo que respecta al envío de datos a la plataforma en línea, se implementó un sistema para registrar y transmitir variables clave que ofrecen una visión detallada del rendimiento del sistema. Entre las variables incluidas en este proceso se encuentran el voltaje del panel solar, el voltaje de la batería y el voltaje de la carga.

Estos datos, una vez recopilados, se envían de manera periódica o en tiempo real a una plataforma en línea, lo que permite monitorear y analizar el comportamiento del sistema desde cualquier ubicación con acceso a Internet. Esta capacidad de seguimiento remoto proporciona una visibilidad sin restricciones, lo que resulta fundamental para evaluar la eficiencia y la efectividad del sistema en diferentes condiciones y momentos del día.

**Figura 31**

*Voltajes de panel, batería y carga en el dominio del tiempo*



Elaboración propia

La incorporación de estas variables específicas en la transmisión de datos permite una evaluación detallada de la dinámica del sistema. El voltaje del panel solar refleja directamente la disponibilidad de energía solar en tiempo real, mientras que el voltaje de la batería proporciona información sobre la capacidad de almacenamiento y el nivel de carga. Simultáneamente, el voltaje de carga ofrece detalles sobre el consumo de energía y la demanda del sistema.

## Figura 32

### Registro de datos

	ID	Voltaje Panel	Voltaje Batería	Voltaje Carga	ClientIP	SensorID	DateTime
2954	2955	18.93	13.59	5.0	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 10:37:46
2955	2956	18.95	13.67	5.0	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 10:38:46
2956	2957	18.83	13.57	5.0	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 10:39:46
2957	2958	18.71	13.55	5.0	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 10:40:46
2958	2959	18.73	13.65	5.0	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 10:41:46

Elaboración propia

### 4.1. ANÁLISIS EN REFERENCIA A DATOS OBTENIDOS

Los datos registrados en este proyecto son: El identificador (ID), Voltaje Panel, Voltaje Batería y Voltaje Carga. Estos datos fueron recopilados y para ver detalles se presenta en la siguiente imagen los resultados obtenidos.

## Figura 33

### Análisis de datos

	ID	Voltaje Panel	Voltaje Batería	Voltaje Carga
count	2959.000000	2959.000000	2959.000000	2959.000000
mean	1480.000000	16.005235	13.317881	1.553440
std	854.334049	3.178446	0.517025	2.313674
min	1.000000	12.030000	11.800000	0.000000
25%	740.500000	12.930000	12.830000	0.000000
50%	1480.000000	13.930000	13.480000	0.000000
75%	2219.500000	19.300000	13.650000	5.000000
max	2959.000000	19.980000	14.260000	5.000000

Elaboración propia

En la imagen anterior, se observa que:



- Voltaje máximo del panel solar registrado es de 19.98V y el mínimo es de 12.03V
- Voltaje máximo de la batería es de 14.26V y el mínimo es de 11.80V.
- Voltaje al accionar el conmutador es de 5V y 0V cuando no existe señal, esto debido a que es una señal digital.

Con ello se detalla que el sistema es eficiente, pero también se tiene desventajas cuando hay días lluviosos ya que la ciudad de Puno está ubicada en la sierra peruana donde el clima cambia constantemente.



## V. CONCLUSIONES

**PRIMERA:** El diseño del controlador híbrido basado en el microcontrolador ATmega328P representa una solución innovadora y eficiente para la gestión de sistemas fotovoltaicos en entornos urbanos, específicamente en el distrito de Puno. La implementación de este controlador no solo busca alternar entre la red eléctrica convencional y el sistema fotovoltaico, aprovechando fuentes de energía sostenibles, sino que también tiene como objetivo principal lograr un ahorro significativo en el consumo de energía eléctrica para los usuarios.

**SEGUNDA:** La implementación del prototipo del controlador nos proporciona una solución integral y eficiente para la gestión de sistemas fotovoltaicos en el entorno urbano del distrito de Puno. Principalmente en esta investigación se destaca la capacidad del controlador para realizar conmutaciones de manera inteligente, respondiendo de manera dinámica a las variaciones en los voltajes del panel y la batería. La programación precisa del microcontrolador permite una gestión eficaz de la energía, asegurando un aprovechamiento óptimo de las fuentes disponibles y garantizando un suministro energético confiable.

**TERCERA:** La etapa de monitoreo del controlador puso a prueba al prototipo desarrollado ya que queremos asegurarnos de que funcione bien en situaciones de la vida diaria y que se adapte a lo que la gente realmente necesita en Puno. Los resultados indican que existe intervalos de tiempo donde se realiza una conmutación oscilante, lo que a futuro puede dañar los equipos. De esa forma se ha podido mostrar un voltaje máximo del panel



solar registrado es de 19.98V y el mínimo de 12.03V, también un voltaje máximo de la batería es de 14.26V y el mínimo es de 11.80V; dentro de ese rango de voltajes es que el sistema fue capaz de lograr sus funciones de gestión de la energía para lograr un ahorro en el consumo de energía proveniente de la red eléctrica convencional.



## VI. RECOMENDACIONES

**PRIMERA:** Para futuras investigaciones se recomienda Considerar la inclusión de sensores ambientales en el sistema, como sensores de temperatura, luz y humedad. Estos sensores pueden proporcionar datos adicionales sobre las condiciones ambientales que afectan el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos. La retroalimentación de estos datos podría ser útil para ajustar la operación del controlador híbrido de manera más precisa.

**SEGUNDA:** Por otro lado, se recomienda realizar un análisis detenido del lugar destinado a la instalación del panel fotovoltaico, asegurándose de que reciba la máxima exposición a la luz solar. Es crucial prever posibles obstáculos, como edificaciones u otros elementos, que podrían reducir la eficacia del sistema.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Andrés Piquer, C. (2021). *Diseño de un inversor monofásico de conexión a red a partir de energías renovables*. Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Ingeniería del Diseño - Escola Tècnica Superior d'Enginyeria del Disseny.
- Bafdal, I. A., Suryadi, E., & Bono, A. (2020). *Greenhouse Monitoring and Automation Using Arduino: a Review on Precision Farming and Internet of Things (IoT)*. International Journal.
- Batchelor, J. (2019). *Energy*. Children's Press.
- Bonilla, C., & Cordero, J. (2019). La dimensión jurídica de la energía eléctrica y las energías renovables en México . *Digital de Derecho Admin*, 22.
- Bradney, D. E. (2020). A low-cost, high-speed, multi-channel Arduino-based data acquisition system for wind turbine systems. *Wind Engineering*.
- Camasca Tijero, R. H. (2022). *Mejoramiento de la eficiencia energética con sistema On-Grid de paneles solares para una empresa textil en Villa El Salvador – Lima*. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- Carrillo, M. V. (2021). Introducción de Arduino. *Vida Científica Boletín Científico de la Escuela Preparatoria*, 4-8.
- Cevallos Cevallos, W., Rojas Llangarí , D. F., Dominguez Ruiz , L. E., Cruz Manya, B. A., & Yerovi Juiña , M. E. (2019). *LA ENERGÍA FOTOVOLTAICA*. Ecuador : Contribuciones a la Economía .
- Chauhan, P. (2023). *DC-to-AC Converters (Inverters): Design, Working & Applications*. <https://how2electronics.com/dc-to-ac-converters-inverters-design-working-applications/>
- Cohen Tenoudji, F. (2016). *Analog and Digital Signal Analysis*. Springer.
- CONVERTIDOR VOLTAJE DC-DC STEP-DOWN 8A 300W XL4016*. (2020). Naylamp Mechatronics: <https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/127-convertidor-voltaje-dc-dc-step-down-8a-300w-xl4016.html>



- Electro Puno. (2022). *Memoria anual*. Puno.
- Factory, T. d. (2023). *Factory Geek*.  
<https://www.geekfactory.mx/tienda/componentes/integrados/lm7805-regulador-de-voltaje-5v-1a-to-220/>
- Flores Silva, W. (2020). *Diseño de un sistema de respaldo fotovoltaico para abastecer de energía eléctrica a la Institución Educativa San Juan - Sallique*.
- Gélvez Rodríguez, L. F., & Luz Marina, S. J. (2020). Internet de las Cosas: una revisión de vulnerabilidades, amenazas y contramedidas. *Ingenio*, 9.
- Gomes Filho, J. G., de Aguilar Sodré, E., Codeceira Neto, A., & Meira de Oliveira, H. (2018). Sistema Fotovoltaico Tradicional y Sistema Fotovoltaico Híbrido: un estudio comparativo para una residencia. *IEEE*, 6.
- Gregorio, V., García, N., & Tiemblo, P. (2020). Presente y futuro de los polímeros en el diseño de baterías de litio. *REVISTA DE PLÁSTICOS MODERNOS*, 7.
- Hammell, B. (2014). *Connecting Arduino*. CreateSpace Independent Publishing Platform.
- Hua Zhang, J. W. (2021). Design and Research of MCU applied in UAV Data Acquisition System. *Journal of Physics: Conference Series*.
- Jianjun Li, & Gaoqing Ji. (2021). Sistema de Control Inteligente en Zonas Desérticas Basado en Suministro de Energía de Microrred Fotovoltaica. *Hindawi*.
- Kamaruddin, F., Mali, N. N., Murad, N. A., & Latiff, N. M. (2020). *IoT-based intelligent irrigation management and monitoring system using arduino*. Telecommunication, Computing, Electronics and Control.
- Marcillo Quimis, G. J. (2022). *IMPLEMENTACIÓN DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS PROGRAMABLES EN PRÁCTICAS LABORATORIO PARA LA ASIGNATURA DE MICROCONTROLADORES DE LA CARRERA DE TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN*. Ecuador: UNIVERSIDAD ESTATAL DEL SUR DE MANABÍ.
- Moran Chiquito, V. N., Vera Vera, E. P., Pincay Rodríguez, A. G., Merchán Alay, L. P., & Marcillo Merino, M. J. (2022). Transistores: componente innovador en la electrónica. *UNESUM-Ciencias*, 13-19.



- Morón, C., Fernández, D., Saiz, P., & Morón, A. (2019). Automatic System for Detection and Positioning of Impacts in Metals Based on Arduino. *Hindawi*, 8.
- Natheem, A. (2021). *Arduino Book for Beginners*. Independently published.
- Ordoñez Rosales, P. D. (2020). *Diseño e implementación de sistemas fotovoltaicos en locales comunales, como respaldo energético, ante el corte del suministro eléctrico, provincia de Huarochirí*. Lima: Universidad Agraria la Molina.
- Orozco Moreno, J. T., Ayala Gonzalez, J. F., & Merchán Sánchez, P. J. (2020). *Análisis de fallas asociadas al efecto en la pista interna de un rodamiento (BPM) usando técnicas espectrales*. Universidades Tecnológicas de Santander.
- Páez Pidiach, Y., Luviano Juárez, A., & Castillo Castañeda, E. (2020). *Diseño de actuadores basados en aleaciones con memoria*. Unisangil.
- Patt, C. (2021). *Electronics*. Maker Media Inc.
- Peña, C. (2020). *Domina la programación y controla la placa*. RedUsers.
- Posada Giraldo, C. M. (2021). *Estimulación del conteo numérico desde la robótica educativa con estudiantes del grado quinto de la Institución Educativa Cisneros sede Bellavista*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD.
- Raj, G. L., & Kirubakaran, V. (2021). Mejora de la eficiencia energética y mitigación del cambio climático de las pymes a través de un sistema solar fotovoltaico interactivo con la red. *Hindawi*, 9.
- Reascos Masapanta, B. F. (2022). *Diseño de un sistema de energía solar fotovoltaica de respaldo para estaciones multiservicio de telecomunicaciones en Chiriboga - Santo Domingo*. Quito - Ecuador: Universidad Politécnica SALESIANA.
- SANCA SUCACAHUA, C. J. (2018). *Diseño de un controlador basado en la lógica fuzzy para la administración de energía solar doméstica en el distrito de Puno*. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Stuart Minor, B. (2019). *Internet and Telecommunication Regulation*. Carolina Academic Press.
- Texas Instruments. (2016). Voltage Regulators. 36.
- Verma, D. (2023). *Systems Engineering*. Wiley.



Voltaje, C. d. (2020). <https://naylampmechatronics.com/conversores-dc-dc/127-convertidor-voltaje-dc-dc-step-down-8a-300w-xl4016.html>

Zeeshan Malik , M., Zhang, S., Hong, Y., A'Yesh Alwahkyan, A., Ali, A., & Farooq, A. (2023). A Coupled Inductor-Based Bidirectional DC-DC Converter with Step-Up Step-Down Operation for Electric Vehicle Applications. *Hindawi*, 19.

## ANEXOS

### Anexo 1: Fotografías de panel solar



## Anexo 2: Fotografías de la batería





### Anexo 3: Registro de datos en Internet

Conexión Satisfactoria!

Voltaje Panel	Voltaje Bateria	Voltaje de Salida	IP Cliente	ID Sensor	Fecha Hora
18.89	14.10	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:45:01
18.57	14.06	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:44:01
18.11	14.16	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:43:01
17.23	14.12	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:42:02
16.39	14.12	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:41:02
14.86	14.10	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:40:02
14.61	14.04	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:39:02
14.61	14.12	0.01	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:38:02
14.79	14.14	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:37:02
15.53	14.08	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:36:02
14.79	14.12	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:35:02
15.55	14.14	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:34:03
15.88	14.04	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:33:03
16.27	14.08	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:32:03
16.72	14.04	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:31:02
16.99	14.08	0.02	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:30:02
17.27	14.06	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:29:02
17.58	14.04	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:28:03
17.97	14.10	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:27:03
18.20	14.14	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:26:03
18.30	14.10	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:25:03
18.50	14.14	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:24:03
18.75	14.08	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:23:03
18.95	14.08	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:22:03
19.02	14.04	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:21:04
19.18	14.06	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:20:04
19.22	14.12	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:19:04
19.43	14.18	0.00	179.6.8.17	MID-01	2023-11-18 17:18:04



#### Anexo 4: Código de programación del microcontrolador ATmega328P

```
//Se definen variables
//Histéresis para panel
float Histp;
//Histéresis para batería
float Histb;
//Voltaje de Panel
float Vp;
//Voltaje de Batería
float Vb;
//Voltaje de Panel superior
float Vlpu;
//Voltaje de Panel inferior
float Vlpd;
//Voltaje de Batería superior
float Vlbu;
//Voltaje de Batería inferior
float Vlbd;
//Voltaje medio de Panel
float Vnp;
//Voltaje medio de Batería
float Vnb;
//Entradas analógicas
float a0;
float a1;
//Se definen contadores
int i;
long count;
// Se define una variable para el estado de la conmutación
int state;

void setup() {
    // put your setup code here, to run once:
    //Valores de inicialización para cada una de las variables
    Vp = 0.0;
    Vb = 0.0;
    Histp = 1.0;
    Histb = 0.5;
    Vnp = 15.0;
    Vnb = 12.0;
    Vlpu = Vnp + Histp;
    Vlpd = Vnp - Histp;
    Vlbu = Vnb + Histb;
    Vlbd = Vnb - Histb;
    count = 0;
    a0 = 0.0;
    a1 = 0.0;
}
```



```
//Establecer roles de pines y configurar a nivel bajo por defecto
pinMode(5, OUTPUT);
pinMode(6, OUTPUT);
digitalWrite(5, LOW);
digitalWrite(6, LOW);
//Estado de conmutación será 0 (Usa Red Eléctrica)
state = 0;
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
  //Lectura de voltaje de panel
  a0 = analogRead(0);
  Vp = (a0*20.0)/1024.0;
  //Lectura de voltaje de batería
  a1 = analogRead(1);
  Vb = (a1*20.0)/1024.0;
  //Si Voltaje de panel es mayor a voltaje superior de panel
  "Y"
  //Voltaje de batería es mayor a voltaje superior de batería
  //"0"
  //Voltaje de panel es menor a voltaje inferior de panel
  "Y"
  //Voltaje de batería es mayor a voltaje superior de batería
  //if ((Vp>Vlpu && Vb>Vlbu) || (Vp<Vlpd && Vb>Vlbu)){
  if ((Vp>Vlpu && Vb>Vlbu) || (Vp<Vlpd && Vp>Vb && Vb>Vlbu)){
    //Si Estado de conmutación es 0 (Usa Red Eléctrica)
    if (state==0){
      //Cambiar estado de conmutación a 1 (Usa Batería)
      digitalWrite(5, HIGH);
      //Esperar unos segundos
      delay(2500);
      //Conectar batería a la carga o salida
      digitalWrite(6, HIGH);
      //Notificar estado de conmutación 1 (Usa Batería)
      state = 1;
    }
    delay(1);
    //Si el contador es menor de 10 millones
    //aumentar el contador en 1
    if (count<10000000){
      count+=1;
    }
  }
  //Si Voltaje de panel es menor a voltaje inferior de panel
  "Y"
  //Voltaje de batería es menor a voltaje inferior de batería
  //"0"
```



```
"γ" //Voltaje de panel es mayor a voltaje superior de panel

//Voltaje de batería es menor a voltaje inferior de batería
}else if ((Vp<Vlpd && Vb<Vlbd) || (Vp>Vlpu && Vb<Vlbd)){
    //Cambiar estado de conmutación a 0 (Usa Red Eléctrica)
    digitalWrite(6, LOW);
    digitalWrite(5, LOW);
    //Notificar estado de conmutación 0 (Usa Red Eléctrica)
    state = 0;
    //Si el contador es menor de 600mil entonces esperar
1200 segundos
    //(20 minutos de carga de batería)
    if (count<600000){
        delay(1200000);
    //Si el contador es mayor de 600mil y menor 6 millones
entonces esperar 600 segundos
    //(10 minutos de carga de batería)
    }else if (count>=600000 && count<6000000){
        delay(600000);
    //Si el contador es mayor de 6 millones entonces esperar
300 segundos
    //(5 minutos de carga de batería)
    }else{
        delay(300000);
    }
    //Establecer contador a 0
    count = 0;
    }else{
    //Si los voltajes están dentro de los valores que soporta
la histéresis
    //No se toma ninguna acción
    }
}
```



## Anexo 5: Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo MIDWAR LUIS CCAMA FLORES  
identificado con DNI 70056217 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado  
**INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR HÍBRIDO BASADO EN  
MICROCONTROLADOR ATMEGA328P PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LA  
ZONA URBANA DEL DISTRITO DE PUNO** ”

Es un tema original.

Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y **no existe plagio/copia** de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales, de investigación o similares, en el país o en el extranjero.

Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

Asimismo, ratifico que soy plenamente consciente de todo el contenido de la tesis y asumo la responsabilidad de cualquier error u omisión en el documento, así como de las connotaciones éticas y legales involucradas.

En caso de incumplimiento de esta declaración, me someto a las disposiciones legales vigentes y a las sanciones correspondientes de igual forma me someto a las sanciones establecidas en las Directivas y otras normas internas, así como las que me alcancen del Código Civil y Normas Legales conexas por el incumplimiento del presente compromiso

Puno 25 de ENERO del 2024

  
FIRMA (obligatoria)

Huella



## Anexo 6: Autorización para el depósito de tesis o trabajo de investigación en el repositorio institucional



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

### AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITORIO INSTITUCIONAL

Por el presente documento, Yo MIDWAR LUIS CCAMA FLORES,  
identificado con DNI 70056217 en mi condición de egresado de:

Escuela Profesional,  Programa de Segunda Especialidad,  Programa de Maestría o Doctorado

INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:

“ “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR HÍBRIDO BASADO EN MICROCONTROLADOR ATMEGA328P PARA SISTEMAS FOTOVOLTAICOS EN LA ZONA URBANA DEL DISTRITO DE PUNO” ”

para la obtención de  Grado,  Título Profesional o  Segunda Especialidad.

Por medio del presente documento, afirmo y garantizo ser el legítimo, único y exclusivo titular de todos los derechos de propiedad intelectual sobre los documentos arriba mencionados, las obras, los contenidos, los productos y/o las creaciones en general (en adelante, los “Contenidos”) que serán incluidos en el repositorio institucional de la Universidad Nacional del Altiplano de Puno.

También, doy seguridad de que los contenidos entregados se encuentran libres de toda contraseña, restricción o medida tecnológica de protección, con la finalidad de permitir que se puedan leer, descargar, reproducir, distribuir, imprimir, buscar y enlazar los textos completos, sin limitación alguna.

Autorizo a la Universidad Nacional del Altiplano de Puno a publicar los Contenidos en el Repositorio Institucional y, en consecuencia, en el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto, sobre la base de lo establecido en la Ley N° 30035, sus normas reglamentarias, modificatorias, sustitutorias y conexas, y de acuerdo con las políticas de acceso abierto que la Universidad aplique en relación con sus Repositorios Institucionales. Autorizo expresamente toda consulta y uso de los Contenidos, por parte de cualquier persona, por el tiempo de duración de los derechos patrimoniales de autor y derechos conexos, a título gratuito y a nivel mundial.

En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de la República del Perú determinen, a nivel mundial, sin restricción geográfica alguna y de manera indefinida, pudiendo crear y/o extraer los metadatos sobre los Contenidos, e incluir los Contenidos en los índices y buscadores que estimen necesarios para promover su difusión.

Autorizo que los Contenidos sean puestos a disposición del público a través de la siguiente licencia:

Creative Commons Reconocimiento-NoComercial-CompartirIgual 4.0 Internacional. Para ver una copia de esta licencia, visita: <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/>

En señal de conformidad, suscribo el presente documento.

Puno 25 de ENERO del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella