



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



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE  
MONITORIZACIÓN DE PANELES SOLARES EN CONDICIONES  
DE ACTIVIDAD ACUÍCOLA UTILIZANDO INTERNET DE LAS  
COSAS**

**TESIS**

**PRESENTADA POR:**

**JOSE SANTOS PANCA CHIPANA**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PUNO – PERÚ**

**2024**



## Reporte de similitud

NOMBRE DEL TRABAJO

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE PANELES SOLARES EN CONDICIONES DE ACTIVIDAD ACUÍCOLA UTILIZANDO INTERNET DE LAS COSAS**

AUTOR

**JOSE SANTOS PANCA CHIPANA**

RECUENTO DE PALABRAS

**20040 Words**

RECUENTO DE CARACTERES

**108565 Characters**

RECUENTO DE PÁGINAS

**108 Pages**

TAMAÑO DEL ARCHIVO

**2.8MB**

FECHA DE ENTREGA

**Aug 28, 2024 8:41 PM GMT-5**

FECHA DEL INFORME

**Aug 28, 2024 8:42 PM GMT-5**

### ● 13% de similitud general

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

- 12% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 9% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

### ● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



*Jose A. C. Chipana  
Subdirector de Investigación IPR  
¡¡¡¡¡¡¡¡ al reporte de similitud,  
no al contenido de la tesis !!*

Resumen



## DEDICATORIA

*Dedico este trabajo a Dios, a mis padres Juan y Julia por sus valores, confianza, amor, humildad, comprensión y les doy gracias por todo el gran esfuerzo que hicieron en mi formación universitaria, sin ese apoyo no hubiera sido posible este camino profesional.*

*A mis hermanos Ana, Ever y Juan Carlos por la paciencia, consejos y apoyo incondicional en este camino profesional. A mi cuñado Javier por su ejemplo, apoyo y valores.*

*A Reyna mi hermosa pareja que Dios puso en mi camino y que nos bendijo con dos hermosos hijos Luciana Kate y Kaleb Vincent August, que son mi inspiración, motivación y la razón para seguir adelante en este camino.*

*A mis compañeros de la universidad por toda esa convivencia universitaria, compañía y motivación.*

***José Santos Panca Chipana***



## AGRADECIMIENTOS

*Quiero agradecer de manera especial a mi docente ing. José Cruz de la Cruz por su gran enseñanza en mi desarrollo profesional. Esta tesis no habría sido posible sin su constante apoyo y confianza. A mi asesor ing. Raúl Castillo por las pautas y guías que hicieron posible este trabajo académico y a todos mis docentes de la carrera de electrónica por sus enseñanzas y dedicación académica muchas gracias.*

***José Santos Panca Chipana***



# ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
<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> .....	12
<b>ABSTRACT</b> .....	13
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>INTRODUCCIÓN</b>	
<b>1.1 PROBLEMA</b> .....	16
<b>1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA</b> .....	16
<b>1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	17
1.3.1 Hipótesis general .....	17
1.3.2 Hipótesis específicas.....	17
<b>1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO</b> .....	17
<b>1.5 OBJETIVO</b> .....	19
1.5.1 Objetivo general.....	19
1.5.2 Objetivos específicos .....	19
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>REVISIÓN DE LITERATURA</b>	
<b>2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN</b> .....	20
<b>2.2 REFERENCIAS TEÓRICAS</b> .....	23



2.2.1	Acuicultura .....	23
2.2.2	Tipos de acuicultura.....	24
2.2.3	Sistemas extensivos.....	24
2.2.4	Sistemas semi-extensivos .....	25
2.2.5	Sistemas Intensivos.....	25
2.2.6	Sistema Fotovoltaico .....	26
2.2.6.1	Composición de Sistemas Fotovoltaicos.....	26
2.2.7	Sistema fotovoltaico en Acuicultura.....	29
2.2.8	Internet de las cosas .....	30
2.2.9	Por qué IoT avanza .....	32
2.2.10	Características Principales De Internet De Las Cosas .....	34
2.2.11	Arquitectura de internet de las cosas .....	34

### **CAPÍTULO III**

#### **MATERIALES Y MÉTODOS**

<b>3.1</b>	<b>UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO .....</b>	<b>56</b>
<b>3.2</b>	<b>TIPO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN.....</b>	<b>57</b>
<b>3.3</b>	<b>TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE DATOS.....</b>	<b>57</b>
<b>3.4</b>	<b>POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO.....</b>	<b>57</b>
<b>3.5</b>	<b>DISEÑO ESTADÍSTICO .....</b>	<b>58</b>
3.5.1	Diseño de la Investigación .....	58
3.5.2	Nivel de la Investigación.....	58
<b>3.6</b>	<b>PROCEDIMIENTO .....</b>	<b>59</b>
3.6.1	Procedimiento para el Diseño e Implementación .....	59
3.6.2	Descripción del Hardware y Software del prototipo.....	60



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

<b>4.1</b>	<b>RESULTADOS</b> .....	67
4.1.1	Sistema de adquisición de datos .....	69
4.1.2	Panel Solar .....	73
4.1.3	Microcontrolador – Arduino Mega.....	74
4.1.4	Modulo Ethernet .....	75
4.1.5	Carga Constante.....	76
4.1.6	Sensor De Amperaje .....	77
4.1.7	Sensado De Temperatura Y Humedad .....	79
4.1.8	Medida De Iluminancia .....	81
4.1.9	Módulo De Radiación Uv .....	83
4.1.10	Medida De Voltaje.....	84
4.1.11	Raspberry Pi.....	86
4.1.12	Servicios De Internet .....	87
<b>V.</b>	<b>CONCLUSIONES</b> .....	88
<b>VI.</b>	<b>RECOMENDACIONES</b> .....	90
<b>VII.</b>	<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b> .....	91
<b>ANEXOS</b>	.....	97

**ÁREA:** Telecomunicaciones

**TEMA:** IoT

**FECHA DE SUSTENTACIÓN:** 03 de setiembre de 2024



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
<b>Figura 1</b> Sistema extensivo .....	24
<b>Figura 2</b> Sistema semi-extensivo .....	25
<b>Figura 3</b> Sistema intensivo.....	26
<b>Figura 4</b> Sistema Fotovoltaico .....	27
<b>Figura 5</b> Sistema fotovoltaico On Grid.....	29
<b>Figura 6</b> Representación de internet de las cosas IoT.....	31
<b>Figura 7</b> Arquitectura general IoT .....	35
<b>Figura 8</b> Adquisición de datos .....	36
<b>Figura 9</b> Características del sensor de temperatura .....	37
<b>Figura 10</b> Sensor UV .....	38
<b>Figura 11</b> Actuadores hidráulicos .....	38
<b>Figura 12</b> Actuadores neumáticos .....	39
<b>Figura 13</b> Actuadores eléctricos .....	40
<b>Figura 14</b> Nivel de comunicación.....	42
<b>Figura 15</b> Nivel III Procesamiento .....	45
<b>Figura 16</b> Nivel IV Aplicaciones .....	54
<b>Figura 17</b> Distrito de Conima .....	56
<b>Figura 18</b> Sensor GYML8511 y su diagrama interno .....	61
<b>Figura 19</b> Hardware utilizado: Arduino UNO y Ethernet Shield W5100 .....	61
<b>Figura 20</b> Interface de programación IDE .....	62
<b>Figura 21</b> Tecnología LTE utilizada.....	63
<b>Figura 22</b> Gestión de Base de datos.....	64
<b>Figura 23</b> Interfaz gráfica de usuario .....	66





<b>Figura 24</b>	Funcionamiento del sistema de adquisición de datos.....	70
<b>Figura 25</b>	Flujograma del Sistema de adquisición de datos .....	71
<b>Figura 26</b>	Valores obtenidos de medición de la radiación UV .....	72
<b>Figura 27</b>	Panel solar de 100W .....	73
<b>Figura 28</b>	Arduino Mega .....	74
<b>Figura 29</b>	Ethernet Shield W5100 .....	75
<b>Figura 30</b>	Conexiones del Ethernet W5100.....	76
<b>Figura 31</b>	Diagrama de panel solar y circuito de carga constante .....	77
<b>Figura 32</b>	Sensor de corriente ACS712 .....	78
<b>Figura 33</b>	Diagrama de circuito pictórico del sensor ACS712.....	78
<b>Figura 34</b>	Diagrama de panel solar y circuito de carga constante .....	79
<b>Figura 35</b>	Conexiones del sensor DTH22.....	80
<b>Figura 36</b>	Modulo LDR .....	81
<b>Figura 37</b>	Circuito de conexión del LDR .....	82
<b>Figura 38</b>	Elemento de medida de radiación UV - ML8511 .....	83
<b>Figura 39</b>	Diagrama de circuito pictórico del sensor UV ML8511 .....	84
<b>Figura 40</b>	Divisor de voltaje .....	85
<b>Figura 41</b>	Conexiones para el divisor de tensión.....	85
<b>Figura 42</b>	Raspberry utilizado .....	86
<b>Figura 43</b>	Conexiones del Raspberry Pi 3 con modulo Arduino Ethernet Shield y sensores implementados .....	87



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
<b>ANEXO 1.</b> Constancia .....	97
<b>ANEXO 2.</b> Monitoreo de las variables en el sistema.....	98
<b>ANEXO 3.</b> Fotografías .....	99
<b>ANEXO 4.</b> Programa implementado para conectividad .....	100
<b>ANEXO 5.</b> Extracto de data obtenida * .....	103
<b>ANEXO 6.</b> Declaración jurada de autenticidad de tesis .....	107
<b>ANEXO 7.</b> Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional....	108



## ACRÓNIMOS

<b>AMQP:</b>	Advanced Message Queuing Protocol
<b>BLE:</b>	Bluetooth Low Energy
<b>BW:</b>	Bandwidth
<b>DSS:</b>	Dynamic Spectrum Sharing
<b>FHSS:</b>	Frequency-hopping spread spectrum
<b>IDE:</b>	Integrated Development Environment
<b>IEEE:</b>	Institute of Electrical and Electronics Engineers
<b>IoT:</b>	Internet of Things
<b>Ip:</b>	Internet Protocol
<b>IRENA:</b>	International Renewable Energy Agency
<b>ISO:</b>	Open Systems Interconnection
<b>LoRaWAN:</b>	Low-power wide-area network
<b>LPWAN:</b>	Low Power Wide Area Network
<b>LTE:</b>	Long Term Evolution
<b>MQTT:</b>	Message Queuing Telemetry Transport.
<b>PWM:</b>	Pulse Width Modulation
<b>RFID:</b>	Radio Frequency Identification
<b>SQL:</b>	Structured Query Language
<b>TCP/IP:</b>	Transmission Control Protocol/Internet Protocol
<b>TI:</b>	Tecnologías de la Información
<b>UART:</b>	Universal asynchronous receiver / transmitter
<b>UV:</b>	Ultraviolet Radiation
<b>WAN:</b>	Wide Area Network
<b>WSN:</b>	Wireless Sensor Network



## RESUMEN

El panorama actual muestra un aumento constante en las alternativas de energía renovable disponibles, lo que subraya la necesidad de fomentar su adopción en las etapas de las cadenas de producción asociadas con la actividad acuícola. Es crucial reconocer que las tecnologías relacionadas con energías renovables se hallan en diversas fases de avance, y su viabilidad y aplicabilidad varían significativamente entre países y comunidades. Por tanto, para capitalizar estas oportunidades, es imperativo contar con una voluntad política sólida que respalde la implementación de políticas orientadas a estimular inversiones específicas. Estas inversiones deberían dirigirse hacia la construcción de infraestructuras eficientes que faciliten la transición efectiva hacia las energías renovables, lo que a su vez requerirá políticas que fomenten la inversión y la adopción eficiente de estas fuentes energéticas. Para ello se diseñó el sistema de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola utilizando Internet de las cosas (IoT), utilizando la arquitectura de 4 niveles: nivel de adquisición de datos, nivel de comunicaciones, nivel de procesamiento y nivel de aplicación. La implementación del sistema de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola está formada por los sensores correspondientes, Arduino, Ethernet Shield y Raspberry Pi, que recolectaron 12770 medidas.

**Palabras clave:** Sistema de monitoreo, paneles solares, acuicultura, Lago Titicaca IoT.



## ABSTRACT

The current landscape shows a steady increase in available renewable energy alternatives, which underscores the need to promote their adoption in the stages of the production chains associated with aquaculture. It is crucial to recognize that renewable energy technologies are at various stages of advancement, and their viability and applicability vary significantly among countries and communities. Therefore, in order to capitalize on these opportunities, it is imperative to have strong political will to support the implementation of policies aimed at stimulating specific investments. These investments should be directed towards the construction of efficient infrastructures that facilitate the effective transition to renewable energies, which in turn will require policies that encourage investment and the efficient adoption of these energy sources. To this end, it was possible to design the monitoring system for solar panels under conditions of aquaculture activity using the Internet of Things (IoT), using the 4-level architecture: data acquisition level, communications level, processing level and application level. The implementation of the monitoring system of solar panels in conditions of aquaculture activity is formed by the corresponding sensors, Arduino, Ethernet Shield and Raspberry Pi, which collected 12770 measurements.

**Keywords** Monitoring system, solar panels, aquaculture, Lake Titicaca, IoT.



# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Las soluciones derivadas de fuentes de energía renovable tienen el potencial de proporcionar un suministro energético limpio y adaptable, presentando la oportunidad de enriquecer las comunidades acuícolas distantes que carecen de acceso a la red eléctrica. Estas comunidades enfrentan desafíos para obtener fuentes de energía confiables, y a menudo se ven obstaculizadas por los costos variables y elevados de los combustibles fósiles. El panorama actual muestra un aumento constante en las alternativas de energía renovable disponibles, lo que subraya la necesidad de fomentar su adopción en las etapas de desarrollo asociadas con la acuicultura. Es crucial reconocer que las tecnologías relacionadas con energías renovables se hallan en diferentes etapas de avance, y su viabilidad y aplicabilidad varían significativamente entre países y comunidades. Por tanto, para capitalizar estas oportunidades, es imperativo contar con una voluntad política sólida que respalde la implementación de políticas orientadas a estimular inversiones específicas. Estas inversiones deberían dirigirse hacia la construcción de infraestructuras eficientes que faciliten la transición efectiva hacia las energías renovables, (FAO, 2022) lo que a su vez requerirá políticas que fomenten la inversión y la adopción eficiente de estas fuentes energéticas (IRENA, 2020).

Una comunicación segura y fiable se erige como el pilar fundamental en las redes de vigilancia de paneles solares. En su ausencia, los dispositivos no pueden intercambiar información, lo que invalida toda la estructura de la red. Este dilema se agrava por el hecho de que la mayoría de estas redes se encuentran ubicadas en zonas remotas, donde la infraestructura es escasa. En el panorama global actual, las instalaciones de energía solar están proliferando, desplegándose desde áreas rurales hasta los techos de viviendas,



debido al liderazgo continuo de las fuentes renovables en la transformación de la matriz energética. Esta fuente de energía, valiosa y confiable, contribuye significativamente a la generación de electricidad segura.

A pesar de su rápida expansión, persisten desafíos que limitan su adopción generalizada, tales como el costo y la adecuación a las necesidades específicas. En consecuencia, numerosas industrias y empresas recurren a la tecnología para mejorar los sistemas solares y, simultáneamente, reducir los gastos operativos. En este contexto, emerge el papel crucial del Internet de las cosas (IoT). Su aplicación en la supervisión de paneles solares se revela como una solución para superar los obstáculos encontrados en las redes energéticas complejas, proporcionando a los operadores las herramientas necesarias para optimizar sus sistemas y reducir costos de manera efectiva.

Por estas razones, se realizó el sistema de vigilancia de paneles solares en entornos de actividad acuícola mediante el empleo de IoT. La tesis implicó el sistema de obtención de datos en un entorno acuícola poco explorado, utilizando la tecnología IoT. El objetivo final fue mejorar la producción de energía a partir de paneles solares utilizando los datos recopilados. La tesis se desarrolló en Conima, perteneciente a la provincia de Moho, en nuestra región Puno. Este emplazamiento presenta características particulares en términos de valores de radiación, altura sobre el nivel del mar y distancia al eje Ecuatorial. Por lo que el fin de la tesis es colaborar a la mejora de la actividad acuícola en la provincia de Moho, Puno.

La tesis está estructurada: capítulo I se describe el problema, hipótesis y objetivos. A continuación, se describen los antecedentes y la teoría que respalda la presente tesis. En el tercer capítulo se describe la parte metodológica, estadística y el procedimiento



realizado. En el IV capítulo se muestran los resultados; por último se dan las conclusiones, recomendaciones las fuentes bibliográficas y anexos correspondientes.

## **1.1 PROBLEMA**

A pesar de los avances en la implementación de paneles solares en instalaciones acuícolas, existen desafíos significativos en la monitorización de su rendimiento y estado operativo. Las condiciones específicas de un entorno acuícola, como la exposición a la humedad, la salinidad y las variaciones climáticas, pueden afectar negativamente el accionar de los paneles. Además, la falta de monitorización adecuada puede llevar a problemas tales como: pérdida de energía, la disminución de la eficiencia y, en última instancia, la interrupción de las operaciones acuícolas.

Por lo que la ausencia de una infraestructura de monitorización específica para entornos acuícolas resulta en la incapacidad de evaluar y mitigar de manera proactiva los impactos negativos de las condiciones ambientales en los sistemas de paneles solares. Esto efectos se traducen en pérdida de eficiencia, posibles interrupciones operativas y una gestión ineficiente de la energía solar disponible. Por ende, surge la necesidad de diseñar e implementar un sistema de monitorización avanzado basado en Internet de las Cosas que se adapte a las condiciones únicas de las actividades acuícolas. Este sistema no solo superaría los desafíos ambientales, sino que también podría ofrecer datos en tiempo real, permitiendo una gestión proactiva de la eficiencia y un uso más sostenible de la energía solar en entornos acuícolas.

## **1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA**

¿El diseño e implementación de un sistema de monitorización de paneles solares mejorará las condiciones de actividad acuícola?





## **1.3 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN**

### **1.3.1 Hipótesis general**

El diseño e implementación de un sistema de monitorización de paneles solares mejorará la actividad acuícola.

### **1.3.2 Hipótesis específicas**

- Las características actuales de la actividad acuícola en Conima muestran el panorama actual
- El diseño del actual sistema de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola utilizando Internet de las cosas (IoT) sirve para la interconexión de datos.
- La implementación del sistema de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola permite recolectar datos en series de tiempo.

## **1.4 JUSTIFICACIÓN DEL ESTUDIO**

Para el ministerio de Producción en el año 2020 la cosecha total en la acuicultura fue de 143 830 toneladas, siendo Puno el segundo en el ranking nacional con una producción de 44 251 toneladas. En el Perú las exportaciones de productos acuícolas son de aproximadamente 702 960 000 soles, produciendo aproximadamente 407 544 000 soles (Ministerio de la Producción, 2020). La producción acuícola en Puno, que se realiza en diversos lagos tales como el Titicaca, Arapa, Huankuyo y Lagunillas, presentan deficiencias en cuanto a la alimentación y vigilancia en las jaulas de producción, estas necesitan personal las 24 horas del día para poder alimentar a los peces, ocasionando



deficiencias en su alimentación y crecimiento (Red Nacional de Información Acuícola, 2019). Con el objetivo de mitigar los impactos adversos previamente mencionados, se propone la implementación de un sistema de monitorización de los parámetros de las celdas solares en entornos acuícolas. Este enfoque busca contribuir a la optimización de la utilización de energía solar, permitiendo la automatización de procesos críticos en la acuicultura, como la alimentación, supervisión, monitoreo del crecimiento y selección de organismos acuáticos. Dado que muchas fuentes de energía alternativa exhiben naturaleza intermitente, caracterizada por salidas de energía variables y poco fiables, la incorporación de un sistema de monitorización se plantea como una estrategia para compensar la variabilidad intrínseca de estas salidas, generando así una fuente de energía más consistente y fiable. En las últimas décadas, el sector acuícola ha tenido un alza en su demanda debido a la creciente necesidad de productos del mar, junto con la necesidad de energía para su desarrollo. Los paneles solares se han convertido en una de las opciones de obtención de energía más usadas para satisfacer las necesidades energéticas de las operaciones acuícolas. Sin embargo, su eficiencia y fiabilidad de estos sistemas están en función del correcto monitoreo constante y preciso. En este contexto, la tecnología IoT ofrece soluciones potenciales al permitir la monitorización remota en tiempo real de los paneles solares en condiciones de actividad acuícola. A pesar de los avances en la implementación de paneles solares en instalaciones acuícolas, existen desafíos significativos en la monitorización de su rendimiento y estado operativo. Las condiciones específicas de un entorno acuícola, como la exposición a la humedad, la salinidad y las variaciones climáticas, pueden afectar negativamente el funcionamiento de las celdas solares (Sasmanto & Dewi, 2020). Además, la falta de sistemas de monitorización adecuado puede llevar a problemas como la pérdida de energía, la disminución de la eficiencia y, en última instancia, la interrupción de las operaciones acuícolas.



La investigación se llevó en el distrito de Conima, provincia de Moho, departamento de Puno, que como se mencionó anteriormente la actividad acuícola, presentan deficiencias en cuanto a la alimentación y vigilancia en las jaulas de producción, estas necesitan personal las 24 horas del día para poder alimentar a los peces, ocasionando deficiencias en su alimentación y crecimiento. Por lo que la implementación de un sistema de monitorización de paneles solares resultará beneficiosos a la actividad acuícola.

## **1.5 OBJETIVO**

### **1.5.1 Objetivo general**

Diseñar e implementar un sistema de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola utilizando Internet de las Cosas (IoT).

### **1.5.2 Objetivos específicos**

- Describir o caracterizar la actividad Acuícola en Conima.
- Diseñar el sistema de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola utilizando Internet de las cosas (IoT).
- Implementar el sistema de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola.



## CAPÍTULO II

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

Los antecedentes internacionales que se presentan son los siguientes:

Daniela María Perdomo Garavito y Addhy Daniela Venegas Garzón en su tesis para optar el grado de Ingeniero Electrónico, presentaron el monitoreo de paneles solares utilizando internet de las cosas, desarrollaron un prototipo de control de monitoreo para paneles solares fotovoltaicos, empleando la arquitectura del Internet de las Cosas (IoT). Este sistema permite detectar fallas en los paneles mediante el monitoreo de la corriente de cortocircuito, el voltaje de circuito abierto y la irradiancia solar del panel., utilizando para la sección de transmisión de datos el protocolo I2C y también el microprocesador al motor de analítica en la nube, se emplean los protocolos Wifi 802.11 y el protocolo HTTP (Perdomo & Venegas, 2019).

Oscar Ocampo Salazar en su tesis de grado presentó un sistema de monitoreo de la eficiencia de paneles fotovoltaicos en condiciones climáticos, desarrollado con ayuda la web e IoT, la monitorización de variables eléctricas y ambientales para modelar el rendimiento de los paneles monitorizados, todo bajo condiciones adversas de lluvia y polvo.

Nerea Calvo Repiso en su tesis para obtener el grado de maestría titulada” Comunicación industrial para monitorización de paneles solares” realizó el análisis en forma de revisión sistemática acerca de las opciones existentes para la transferencia de datos con la finalidad de supervisar paneles solares desde un centro de control, abordando



también el proceso de desarrollo del sistema de comunicación asociado a esta tarea (Calvo, 2020).

De manera similar (Matulić, et al., 2023) presentó el concepto de acuavoltaica que se enfoca en la integración de paneles solares en sistemas de acuicultura de agua dulce, enfocándose en los beneficios y desafíos de la agrivoltaica y la acuavoltaica, así como su potencial para la agricultura y la acuicultura de agua dulce croatas. Con una perspectiva sistemática adecuada, la acuavoltaica aporta al empleo sostenible del agua y materializa el concepto de la interrelación entre alimentos, agua y energía. Aunque se ha corroborado la viabilidad técnica de incorporar módulos fotovoltaicos en las superficies acuáticas, señalan que aún se carece de investigaciones substanciales sobre su impacto en la piscicultura. Por lo que recomiendan una mayor indagación para comprender los efectos que pueda tener el contacto directo con estructuras de pontones y paneles solares en la vida acuática.

- En antecedentes nacionales se tiene:

Richard Vicente presento un diseño de un sistema de monitoreo de desempeño de una micro-red que se basa en paneles solares fotovoltaicos para optar el título profesional en Ingeniería Electrónica de la Pontificia Universidad Católica del Perú, en donde implemento y diseñó un sistema de monitoreo y registro de parámetros eléctricos y atmosféricos con el fin de controlar el desempeño de una micro-red eléctrica híbrida. Este sistema cumple con los estándares para sistemas eólicos y se destaca por su bajo costo de implementación (Vicente, 2020).



- Como antecedentes locales se tiene:

Por otro lado también localmente se diseñó una red FOG en donde se utiliza internet de las cosas para monitorear la contaminación en la bahía del Lago Titicaca Puno 2017”, de Edwar Tacca implementó una red FOG basado en internet de las cosas con el fin de monitorear parámetros de contaminación en la bahía del Lago Titicaca: temperatura, acidez y también parámetros de contaminación del Lago Titicaca, implementándola con la tecnología denominada IOT o “Internet de las Cosas”, y otros conceptos tales como “Computación en la Nube” para la solución a la contaminación ambiental. Como una de sus conclusiones señala que realizó el diseño de un prototipo básico el cual monitorea las condiciones de contaminación del Lago Titicaca que funcionan con protocolos de comunicación IoT y que se adaptan a las condiciones ambientales del Lago Titicaca (Tacca, 2017).

De la misma forma también se hizo un análisis y diseño de un sistema de riego utilizando internet de las cosas empleando tecnologías LPWAN en la irrigación Majes-Siguas I - El Pedregal – Arequipa 2019”, Raúl Quispe Robles propuso un sistema de riego basado también en tecnología IoT utilizando sensores que recolectan datos de humedad y temperatura. Para la transmisión de los datos obtenidos utilizó los protocolos LoRaWAN y LPWAN para su posterior envío a través de una red de datos. Los datos recolectados los utilizó para regular los niveles de humedad en los cultivos monitorizados (Quispe, 2019).

Así mismo Faustino Alanoca propuso un diseño donde implementó un sistema de internet de las cosas que realiza la gestión del alumbrado público en la Universidad Nacional del Altiplano Puno 2019” realizó el diseño y puesta en marcha de un sistema también basado en IOT para mejorar el manejo del alumbrado público en la Universidad.



Para este diseño tomó en cuenta parámetros tales como: ahorro de la energía, analizando también la administración electrónica y la atención a las personas, siendo la gestión realizada de manera remota (Alanoca, 2019).

Por último, la investigación y el desarrollo en el río Ollachea – Carabaya - Puno presentada por Clever Zea y Luis Salas, diseñaron e implementaron un sistema de monitorización de parámetros del agua con el fin de monitorear valores como: CO<sub>2</sub>, Ph y temperatura, valores que posteriormente fueron enviados a un servidor para su visualización y posterior procesamiento (Zea & Salas, 2018).

## **2.2 REFERENCIAS TEÓRICAS**

### **2.2.1 Acuicultura**

La acuicultura se refiere a un conjunto de técnicas utilizadas para criar organismos acuáticos, tanto animales como plantas, con diversos propósitos. Estos procedimientos pueden llevarse a cabo en ambientes de agua salada o dulce, y en ocasiones, se desarrollan en condiciones controladas y artificiales. La acuicultura se puede llevar a cabo en lagunas, ríos o mares, y existen diversas estructuras para este propósito, como jaulas flotantes, canales en circuito semiabierto o abierto, y estanques. Estos sistemas pueden ser semi intensivos o intensivos, y en estos últimos, los cultivos se realizan en instalaciones aisladas, como piscinas o tanques, donde el agua se controla y recircula de manera técnica. Aunque más costosa y tecnológicamente avanzada, la acuicultura intensiva permite un mayor control sobre las variables del entorno, lo que se traduce en un rendimiento y productividad significativamente mayores. Algunas variantes comunes de la acuicultura incluyen el cultivo de salmones y truchas, la crianza de carpas y el cultivo de camarones. Estas prácticas no solo proporcionan fuentes de

alimentos, sino también recursos para diversas industrias. Además de los cultivos principales, también se emplean cultivos auxiliares, como moluscos, macroinvertebrados y microalgas para reunir los alimentos necesarios para los organismos en los cultivos principales (Silva 2022).

### 2.2.2 Tipos de acuicultura

Según (Rivera & Yepez, 2015) se le puede clasificar según el grado de producción en las siguientes categorías:

### 2.2.3 Sistemas extensivos.

Es un tipo de acuicultura en la que la intervención humana se limita a sembrar y cosechar diferentes clases de peces en una unidad de agua específica, como se parecía en la Figura 1. Este método se lleva a cabo comúnmente en acumulaciones de agua. En este enfoque, los organismos se siembran a una densidad baja y se les permite sobrevivir utilizando el alimento natural disponible en el entorno acuático (Rivera & Yepez, 2015).

### Figura 1

*Sistema extensivo*



Fuente: Rivera & Yepez (2015)



#### 2.2.4 Sistemas semi-extensivos

En este tipo de acuicultura, la intervención humana implica más que simplemente sembrar y cosechar organismos. Se utilizan densidades de siembra más elevadas en comparación con el cultivo extensivo, lo que conduce a mayores niveles de producción (Rivera & Yepez, 2015).

#### Figura 2

*Sistema semi-extensivo*



Fuente: Rivera & Yepez (2015)

#### 2.2.5 Sistemas Intensivos

Este tipo de acuicultura implica el uso de densidades de siembra más altas y una infraestructura adecuada, como estanques y jaulas flotantes. Además, requiere tecnologías avanzadas como sistemas de manejo de agua, aireación y en algunos casos, la aplicación de oxígeno líquido y biofiltros, entre otros. Se necesita una planificación más detallada ya que implica una inversión considerable de recursos. Sin embargo, estas inversiones conducen a mayores niveles de producción y, por ende, a una mayor rentabilidad. En esencia, esta forma de acuicultura se lleva a cabo con fines comerciales y requiere una tecnificación completa del proceso (Rivera & Yepez, 2015).

### **Figura 3**

#### *Sistema intensivo*



Elaboración propia

## **2.2.6 Sistema Fotovoltaico**

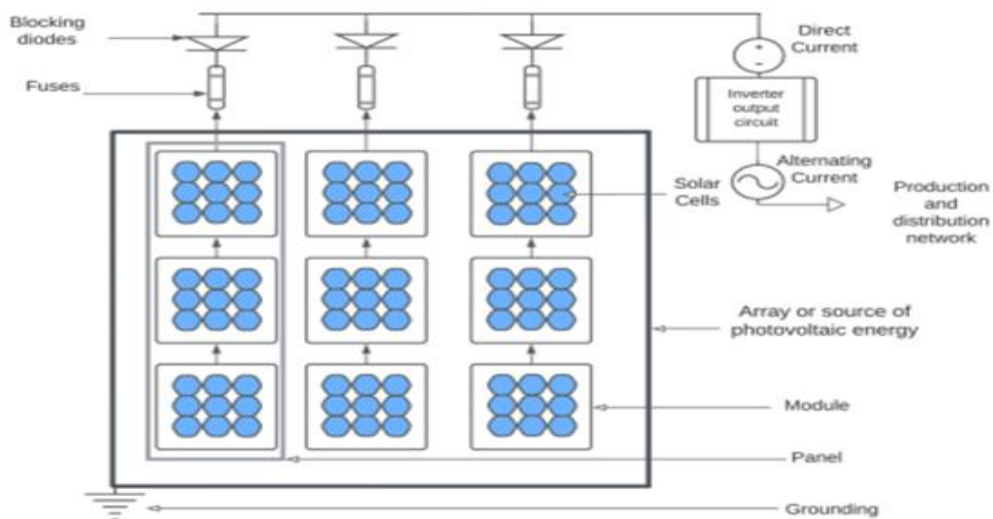
### **2.2.6.1 Composición de Sistemas Fotovoltaicos**

Lo manifestado por Diario Oficial de la Federación. (2010) los sistemas fotovoltaicos son estructurados a partir de diversos componentes que necesitan ser definidos. En primer lugar, se encuentra la Célula Fotovoltaica, que se encarga de transformar la irradiancia solar en energía eléctrica en forma de corriente continua. En segundo lugar, se utiliza un Conjunto Fotovoltaico (CFV) que incluye un circuito formado por múltiples ramificaciones de módulos fotovoltaicos interconectados en paralelo. Estos elementos, actuando como fuente de energía, permiten la construcción de un Generador Fotovoltaico (GFV), que se define

como una unidad capaz de convertir la radiación solar que incide directamente en energía eléctrica en forma de corriente continua, como se muestra en la Figura 4.

**Figura 4**

*Sistema Fotovoltaico*



Fuente: Comisión Federal de Electricidad. (2018)

El principio fundamental de la energía fotovoltaica se deriva de las células solares, que están compuestas por un grupo de células formando un módulo. La combinación de varios módulos da lugar a un panel fotovoltaico y la interconexión de varios paneles forma una matriz fotovoltaica, que posteriormente se convierte en un Generador Fotovoltaico (GFV). Hasta este punto, la energía generada es en forma de corriente continua (CC). Por tanto, el inversor desempeña un papel crucial al transformar la señal de CC a AC para ser sincronizada con la red de CFE. Además, el inversor cumple con diversas funciones de protección y control para garantizar el funcionamiento eficiente y seguro del Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red (Comisión Federal de Electricidad. 2018).

La Comisión Federal de Electricidad. (2018) señalan adicionalmente, que existe la opción de implementar sistemas fotovoltaicos autónomos o

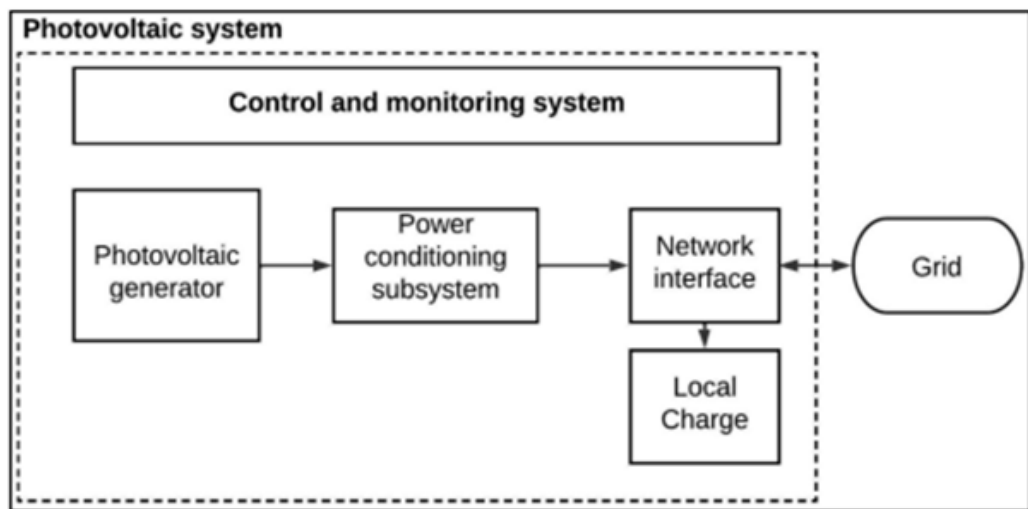


interconectados a la red. Un sistema autónomo es un generador que transforma directamente la energía solar en eléctrica, adaptándola para el uso previsto por la carga eléctrica. En este escenario, el usuario accede a la energía conectándose directamente desde el sistema a la carga seleccionada, lo que resulta útil en áreas remotas donde no hay acceso al servicio eléctrico para la interconexión al sistema integrado de energía eléctrica. Los sistemas On Grid son sistemas que proporcionan electricidad fotovoltaica, donde la potencia de corriente continua del GFV se convierte en potencia de corriente alterna, ajustándose al voltaje y la frecuencia especificadas. Como está conectado de manera paralela, el sistema fotovoltaico conectado a la red contribuye al suministro de la potencia total de la red. Para el caso de una carga local en la propiedad, esta carga debe ser suministrada de forma simultánea, en función de los parámetros como la carga y la potencia de salida del sistema conectado a la red.

La energía adicional se puede integrar en la red eléctrica, mientras que las deficiencias son compensadas por la red. El diagrama de bloques del Sistema Fotovoltaico Conectado a la Red se presenta en la Figura 16, donde las flechas indican la dirección del flujo de energía (Becerra et al., 2010). Este sistema fotovoltaico comprende (1) módulos fotovoltaicos que convierten la energía solar en electricidad CC, (2) un inversor de potencia que transforma la electricidad de los paneles en corriente alterna (CA) y (3) un medidor bidireccional que registra tanto la cantidad de electricidad consumida. Este esquema también se conoce como Generación Limpia Distribuida (GLD)."

**Figura 5**

*Sistema fotovoltaico On Grid*



Fuente: Becerra (2010)

### 2.2.7 Sistema fotovoltaico en Acuicultura

Según lo señalado por (Vo, et al., 2022) y (Vo et al., 2021) en el ámbito de la acuicultura, se observa que la aplicación de sistemas Fotovoltaicos Conectados a la Red es limitada, según evidencia empírica. Al analizar los sistemas desarrollados globalmente, la mayoría de ellos son sistemas Fotovoltaicos Aislados de la Red. Los usos más comunes para suministrar energía en la acuicultura incluyen aeradores solares para oxigenar el agua, dispensadores de alimento solar, bombas solares, sistemas de calentamiento de agua solar, así como sistemas flotantes, paneles fotovoltaicos de película delgada, paneles fotovoltaicos sumergidos y paneles fotovoltaicos montados en la superficie. Esta preferencia por sistemas fuera de la red puede atribuirse a la falta de suministro eléctrico en muchas granjas acuícolas, y estas soluciones representan una respuesta a este problema.



Así mismo (Gorjian, 2020) indica que los estudios fotovoltaicos aplicados a la acuicultura identificados en la literatura, resalta especialmente las aplicaciones fuera de la red (Off Grid-PV), predominantes en países asiáticos donde la acuicultura es una industria de gran relevancia. Es notable la falta de información completa sobre las evaluaciones económicas, financieras y ambientales tanto de los sistemas On Grid-PV como Off Grid-PV, y en algunos casos, estas evaluaciones ni siquiera existen.

Por lo que considerar este tipo de investigaciones es fundamental para llevar a cabo evaluaciones integrales que ayuden a los acuicultores a elegir decisiones correctas y adquirir el sistema más adecuado para implementar en sus operaciones.

#### **2.2.8 Internet de las cosas**

Denota una red que comprende entidades físicas como dispositivos, vehículos, electrodomésticos y diversos objetos tangibles, todos ellos conectados mediante sensores, software y accesos de red, para obtener datos. Estas entidades, a menudo denominadas "objetos inteligentes", abarcan un amplio espectro de artículos, que van desde dispositivos domésticos inteligentes comunes, como termostatos, hasta tecnologías portátiles como relojes inteligentes y ropa con RFID, y se extienden hasta intrincadas maquinaria industrial y sistemas de transporte. Además, ha surgido el concepto de "ciudades inteligentes" enteras, conceptualizadas a partir de tecnologías de IoT. Así mismo IoT permite a estos dispositivos inteligentes establecer vínculos de comunicación entre ellos y con otros homólogos habilitados para Internet, como teléfonos inteligentes y puertas de enlace. Esta interconexión forma una extensa red en la que los dispositivos intercambian datos de forma autónoma y ejecutan diversas tareas. Ejemplos de

tales tareas incluyen el monitoreo ambiental en entornos agrícolas, la optimización de los patrones de tráfico a través de automóviles inteligentes y tecnologías automotrices relacionadas, la gestión de maquinaria y procesos en entornos industriales, así como el seguimiento de inventarios y envíos dentro de los almacenes. Para la presente tesis, el entorno será el medio acuícola. El campo donde se puede aplicar IoT es excepcionalmente amplio y diverso, y sus beneficios se ven en muchos sectores, incluidos las fábricas, la movilidad, los servicios médicos y el sector agrario. Como los dispositivos con conexión a la red mundial siguen aumentando, el IoT está preparado para asumir un rol más fundamental en el funcionamiento de nuestro mundo. Se erige como una fuerza transformadora que remodela la forma en que vivimos, trabajamos y nos relacionamos unos con otros (IBM, 2023). Lo que se detalla en la figura 1.

### Figura 6

*Representación de internet de las cosas IoT*



Fuente: Zikiria, (2021)



En síntesis, IoT hace referencia a situaciones en las cuales la capacidad de conectividad en redes y procesamiento se expande hacia objetos y sensores y cotidianos que usualmente no son entendidos como ordenadores convencionales. Esto posibilita que estos dispositivos sean capaces de generar, compartir y procesar datos con mínima intervención humana. Esta definición se alinea con las proporcionadas por organizaciones reconocidas como la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU, 2012), el Instituto de Ingeniería Eléctrica y Electrónica (IEEE, Minerva, Biru & Rotondi, 2015) y el Grupo de Trabajo de Ingeniería de Internet (IETF, 2019). Estos organismos describen IoT como un conjunto de “cosas” u objetos que deben ser identificables, dotados de funciones para el censado, la acción, el procesado de los datos y la capacidad de comunicación con otros objetos, sistemas de almacenamiento como nubes, utilizando recursos de información y comunicación. Este entorno tiene como objetivo principal la creación de programas avanzados para obtener información productiva.

### **2.2.9 Por qué IoT avanza**

Se destacan los siguientes elementos clave:

- **Conectividad Ubicua:** La disponibilidad de redes de banda ancha a bajo costo y tecnología inalámbrica de alta velocidad facilita la conexión de dispositivos IoT en diversos entornos.
- **Funcionamiento basado en el Protocolo IPv6:** que ofrece la cantidad necesaria de direcciones IP ordenadas, permite la fácil identificación y conexión de dispositivos IoT en redes definidas. Esto posibilita la interconexión de un número considerable de dispositivos IoT.





- **Inversión en Cómputo:** La industria, incluyendo sectores como telecomunicaciones, producción y comercio, está destinando fondos significativos para el desarrollo y elaboración de componentes específicos destinados a IoT, lo que impulsa la capacidad de cómputo disponible para estos dispositivos.
- **Miniaturización:** Los avances tecnológicos en microelectrónica han posibilitado el desarrollo de dispositivos que cumplen con los requisitos de IoT, como reducción del espacio utilizado, menor costo y alto poder de procesamiento. Esto ha permitido la creación de sensores y actuadores que cumplen con las demandas de IoT.
- **Desarrollo en el tratamiento de Datos:** La virtualización de servicios en la nube y desarrollo de programas especializados en el tratamiento de datos han habilitado el procesamiento eficiente de grandes volúmenes de datos. Esto permite extraer información valiosa y conocimientos a partir de estos datos.
- **Despegue de la Computación en la Nube y en la Niebla:** Ofrece la posibilidad de aprovechar recursos computacionales. Esto da capacidades de almacenamiento, tratamiento y procesamiento de datos, además de facilitar la entrega segura de datos (mediante arquitecturas distribuidas). Esta tendencia aumenta la capacidad de procesamiento y disminuyen los costos en el contexto del IoT.



### 2.2.10 Características Principales De Internet De Las Cosas

Según (Aguilar, 2020) las características principales de internet de las cosas son:

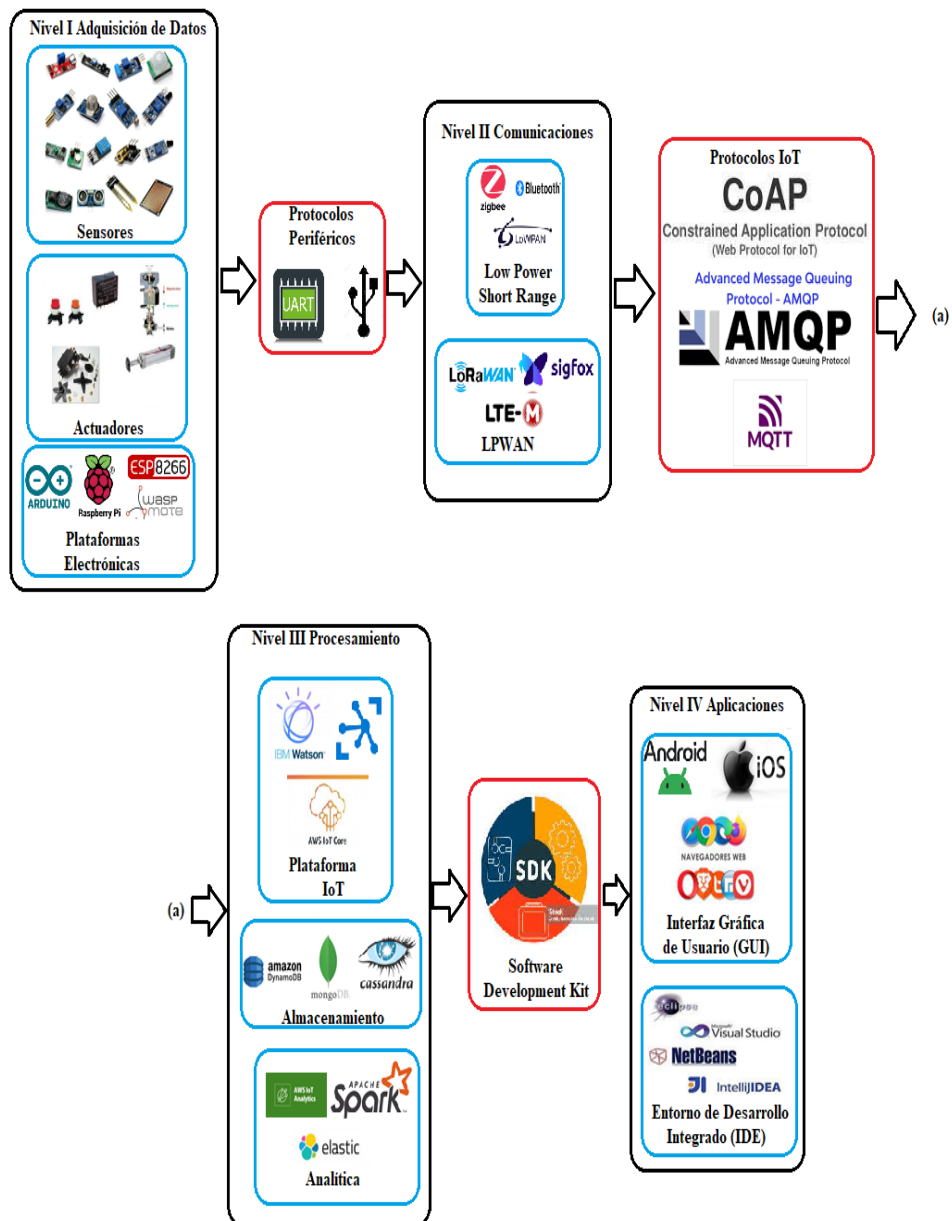
- a) **Detección y Actuación:** Esta fase implica el uso de sensores y actuadores con cierto grado de "inteligencia". Estos dispositivos están diseñados para recopilar datos de las variables a medir y, al mismo tiempo, tomar acciones basadas en estos datos.
- b) **Comunicación:** Los dispositivos mencionados anteriormente tienen la facultad de establecer comunicación utilizando protocolos y estándares definidos. Esta comunicación les permite conectarse con otros objetos o aplicaciones, poniendo así los datos a disposición de los usuarios.
- c) **Procesamiento:** La data recopilada es transferida a bases de datos alojadas en la nube o en sistemas de computación en la niebla. Estos datos se someten a procesos de análisis para proporcionar información o conocimiento útil.
- d) **Aplicación:** Finalmente, la información procesada se proporciona a los clientes mediante interfaces adecuadas. Estas interfaces pueden tomar la forma de datos tabulares o ser representadas por interfaces gráficas. Estas últimas pueden verse en computadoras como en dispositivos móviles.

### 2.2.11 Arquitectura de internet de las cosas

Existen variantes para la arquitectura a implementar. En esta tesis se utilizó el siguiente modelo:

**Figura 7**

*Arquitectura general IoT*



Elaboración propia.

**A) Nivel I: Adquisición de datos**

Aquí se hallan los sensores, actuadores y software necesario responsable de recopilar datos del fenómeno a monitorear. La Figura 3 ilustra este nivel dentro de la estructura de IoT.

## Figura 8

### *Adquisición de datos*

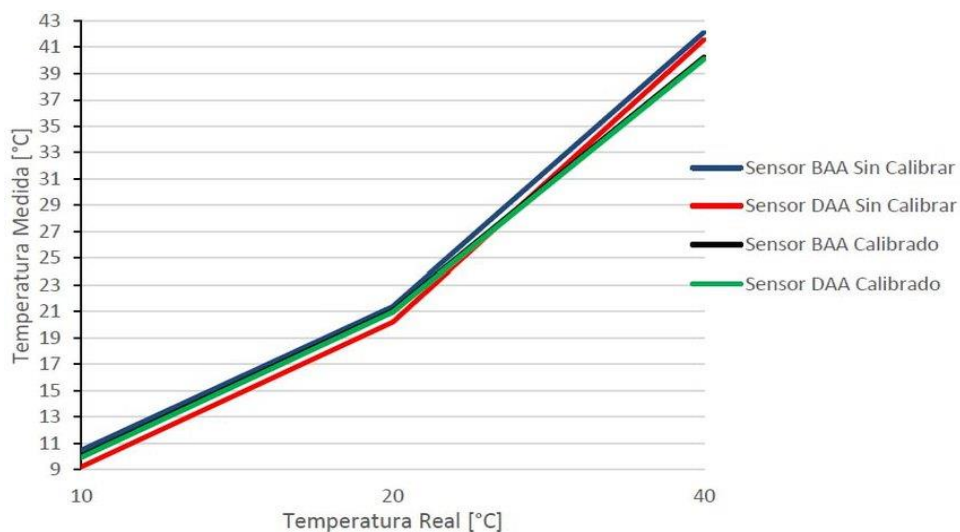


Elaboración propia

Aquí se encuentran los sensores, actuadores y las plataformas de soporte. Los sensores son dispositivos que permiten la captura de datos, mientras que los actuadores actúan sobre el fenómeno a controlar. Ejemplos de sensores son los de temperatura, que son utilizados para obtener valores de temperatura al generar señales pequeñas del orden de los microvoltios. Los sensores de temperatura están compuestos por dos materiales que al medir la temperatura, producen una diferencia de voltaje independiente uno del otro. Estos sensores son óptimos para medir amplios rangos de temperatura. La Figura 4 muestra las características de diferentes tipos de termocuplas calibradas y sin calibrar.

## Figura 9

### *Características del sensor de temperatura*



Fuente: Tosetti, (2018)

Además, están los módulos de sensado de radiación UV. Un ejemplo de esto es el módulo ML8511, el cual funciona como un sensor de radiación ultravioleta (UV) proporcionando valores que oscilan en función de la cantidad de radiación UV detectada. El módulo se utiliza en proyectos destinados al sensado de variables ambientales, tal como la radiación UV. El dispositivo ML8511 tiene la capacidad de detectar luz cuya longitud de onda oscila entre 280 y 390 nm, que abarca la radiación UV-B y UV-A. La salida analógica del sensor guarda una relación lineal con la intensidad de la radiación UV ( $\text{mW}/\text{cm}^2$ ). La señal analógica resultante puede ser enlazada a un microcontrolador para su conversión mediante un convertidor analógico a digital (ADC), permitiendo así el procesamiento de la medición. La Figura 5 detalla de manera gráfica las distintas partes que componen un detector de radiación UV.

## Figura 10

### *Sensor UV*



Fuente: Combustión Ltd, (2019)

Los actuadores, pueden ser categorizados en las siguientes categorías: hidráulicos, son los más antiguos y pueden clasificarse según su forma de operación, ya que funcionan mediante el uso de fluidos a presión. Estos actuadores hidráulicos se dividen en tres grandes categorías: cilindros hidráulicos, motores hidráulicos y motores hidráulicos de oscilación. La Figura 6 muestra algunos modelos de estos actuadores hidráulicos.

## Figura 11

### *Actuadores hidráulicos*



Fuente: <http://actuadoreshidraulicos.blogspot.com/2013/09/actuadores-hidraulicos.html>

Otra categoría son los neumáticos, que transforman la fuerza del aire en fuerza mecánica. A pesar de ser esencialmente similares a los actuadores hidráulicos, estos actuadores neumáticos tienen un rango de compresión mayor.

Además, existe una pequeña diferencia en su uso y estructura, ya que los actuadores neumáticos presentan una menor viscosidad en comparación con los actuadores hidráulicos.

## Figura 12

### *Actuadores neumáticos*



Fuente: De <https://www.litem.info/actuadores-neumaticos/>

Finalmente, los actuadores eléctricos se presentan como una opción simple, ya que solo necesitan energía eléctrica para funcionar. Estos actuadores son altamente versátiles y no tienen restricciones en cuanto a la distancia entre su alimentación y el propio actuador. Además, existe una amplia variedad de modelos disponibles, lo que facilita su utilización con motores eléctricos estándar según las necesidades específicas de la aplicación.

### Figura 13

#### *Actuadores eléctricos*



Fuente: <https://www.interempresas.net/Robotica/Articulos/245870-EleCylinder-los-actuadores-electricos-middle-end.html>

En el contexto del ecosistema tecnológico para implementar soluciones basadas en el Internet de las Cosas (IoT), se destacan diversas plataformas electrónicas, cada una con sus características específicas (Kurniawan, 2016)

- **Arduino:** Se trata de una plataforma de electrónica de código abierto, caracterizada por su flexibilidad y facilidad de uso para creadores y desarrolladores. Basada en hardware y software libre, permite la creación de microordenadores de una sola placa. Utiliza microcontroladores Atmel AVR y se complementa con placas adicionales llamadas "shields" para extender sus capacidades de entrada, salida y funcionalidad.
- **Raspberry Pi:** Este dispositivo, diseñado por Eben Upton con fines educativos, es una computadora compacta y de bajo costo. A pesar de su pequeño tamaño, permite la conexión a una pantalla y teclado para funcionar como cualquier otra computadora. Los modelos principales incluyen un microprocesador de cuatro núcleos de 64 bits y módulos de comunicación Wi-Fi y BLE.





- **Microcontrolador ESP8266:** Este dispositivo Wi-Fi integra el protocolo TCP/IP completo, con diversas variantes como NodeMCU. Esta placa ofrece firmware de código abierto y es programable en Lua. Diseñado para el desarrollo de IoT, y la Industria 4.0, destaca por su bajo costo, consumo eficiente.
- **Waspnote:** plataforma modular de código abierto para controlar redes de sensores inalámbricos. Es ideal en aplicaciones para Internet de las Cosas, ya que ofrece una multitud de placas de sensores que realiza la medición de eventos físicos y parámetros necesarios en el smart metering. Además de admitir diversas placas de comunicación como ZigBee, Wi-Fi, Bluetooth y LoraWAN, permite la incorporación de sensores especializados para aplicaciones en ciudades inteligentes, medio ambiente, seguridad, control industrial y agricultura, entre otras áreas.

## B) Nivel II: Comunicaciones

Un elemento fundamental para la implementación de redes de sensores son las redes de comunicación, las cuales posibilitan la conexión de dispositivos, máquinas, sensores y otros objetos generadores de datos desde cualquier ubicación geográfica del mundo. En otras palabras, al hablar de un proyecto de IoT, no es necesario imaginar millones de sensores interconectados simultáneamente. Tan solo con dos fuentes de datos, incluso si no están cercanos entre sí, conectados a Internet y equipados con una infraestructura de comunicación que les posibilite enviar datos para su procesamiento, se establece un proyecto de IoT. Aunque el sector del IoT no rivaliza comercialmente con la

telefonía móvil en la actualidad, ha suscitado considerable interés e inversión por parte de diversas empresas en este ámbito.

### Figura 14

*Nivel de comunicación*



Elaboración propia

Las tecnologías mencionadas en la figura anterior se agrupan en las categorías:

- Redes de Área Extensa de Baja Potencia (LPWAN): Se caracterizan por proporcionar gran cobertura utilizando anchos de banda reducidos y consumiendo una cantidad mínima de energía. Los nodos LPWAN pueden alcanzar distancias del orden de kilómetros, dependiendo del entorno urbano o rural en el que se desplieguen. La interconexión entre transmisores y receptores en LPWAN se logra mediante una configuración de red en estrella, junto con técnicas de modulación como el espectro ensanchado pulsado y la banda ultraestrecha. Estas redes pueden operar en bandas de frecuencia **licenciadas** (como las bandas de telefonía móvil) y no licenciadas (como el rango de



frecuencias para actividades industriales, científicas y médicas, conocido como ISM) (Ismail, et al., 2019).

- Redes de Corto Alcance de Baja Potencia: Estas redes permiten una cobertura de hasta 100 metros y consumen muy poca energía durante su funcionamiento. Pueden adoptar varias topologías de red, siendo las principales de tipo estrella, malla y punto a punto (P2P). Operan en bandas de frecuencia no licenciadas, como 2.4, 0.868 y 0-915 GHz. Emplean técnicas de modulación como Frequency-hopping spread spectrum (FHSS) y Dynamic Spectrum Sharing, Frequency-hopping spread spectrum (DSSS). Las tecnologías clave en esta categoría incluyen Zigbee y LoWPAN (Ghamari et al., 2016).

Existen diversas tecnologías de Redes de Área amplias y Extensas de Baja Potencia (LPWAN, por sus siglas en inglés) para aplicaciones de Internet de las Cosas, siendo las principales las siguientes (Mekki, et al., 2019):

LoRaWAN: Esta tecnología LPWAN ofrece un alcance de hasta 5 kilómetros en zonas urbanas y hasta 20 kilómetros en zonas suburbanas. Permite una velocidad de datos de hasta 50 kbps sin restricción en el número de tramas que se envían. La infraestructura de comunicación puede ser desplegada por el usuario o contratarse a una empresa específica.

- Sigfox: Esta LPWAN, creada por una empresa francesa, opera en frecuencias no licenciadas con una cobertura de hasta 10 kilómetros en zonas urbanas. Usa modulación BPSK alcanzando velocidades de hasta 100 bps. La capacidad en subida de datos es de 12 bytes y la bajada de datos es de 8 bytes. Se permite un máximo de 140 mensajes por día en el uplink y 4 en el downlink. Para utilizar



esta red, es necesario contar con el servicio de un proveedor de servicios de telecomunicaciones.

- **Narrow-Band IoT (NB-IoT):** Esta tecnología, estandarizada por el Proyecto de 3° Generación, opera en bandas de frecuencia licenciadas destinadas a la telefonía móvil. Tiene un alcance de hasta 1 kilómetro en áreas urbanas y emplea la modulación QPSK. Puede ser implementada de manera autónoma en anchos de banda de 200 kHz, en bandas de guarda o integrada en una portadora LTE. Ofrece velocidades de hasta 200 kbps y una carga útil de 1600 bytes. Su utilización requiere la disponibilidad de servicios proporcionados por una empresa de comunicaciones móviles en la región geográfica específica de interés.
- **LTE-M:** Esta red de área amplia de baja potencia (LPWAN), también estandarizada por la 3GPP, supera en alcance al NB-IoT, llegando hasta los 5 kilómetros en entornos urbanos. Emplea las modulaciones QPSK y 16QAM en un espectro de 1.4 MHz, alcanzando una tasa de transmisión de 1 Mbps. De manera similar al NB-IoT, la prestación de servicios se realiza a través de un operador de telefonía móvil.

### **C) Nivel III: Procesamiento**

En esta etapa se ubican las plataformas informáticas del IoT, los sistemas de bases de datos para conservar registros históricos y las herramientas analíticas que permiten adquirir información a partir de los datos obtenidos. La Figura 10 ilustra este nivel de procesamiento.

**Figura 15**

*Nivel III Procesamiento*



Elaboración propia

- **Computación en la nube:** tecnología que facilita el acceso remoto a software, almacenamiento de archivos y capacidad de procesamiento de datos desde cualquier ubicación en el mundo y en cualquier momento, a través de Internet, sin depender de una computadora personal o servidor local. Esta tecnología utiliza la infraestructura y la escala global de Internet para alojar diversos recursos, programas e información, permitiendo a los usuarios acceder a ellos desde cualquier dispositivo, ya sea computadora,



tableta o teléfono móvil. Algunos de los atributos clave de la computación en la nube son los siguientes (Mell & Grance, 2011):

- a) **Servicio bajo demanda:** Los usuarios pueden acceder a recursos computacionales de manera autónoma y automática por parte del proveedor.
- b) **Amplio acceso a la red:** Las funcionalidades se encuentran disponibles en la red y son accesibles mediante procedimientos que permiten su utilización en diversas plataformas de clientes.
- c) **Recursos compartidos:** Los entornos informáticos del proveedor se encuentran consolidados para atender a múltiples usuarios mediante un sistema multiusuario, con asignaciones tanto físicas como virtuales que se distribuyen y reasignan según las necesidades del cliente.
- d) **Elasticidad instantánea:** Los recursos pueden ser provisionados y liberados rápidamente para adaptarse a cambios en la demanda, escalando de manera ágil según sea necesario.
- e) **Servicio medido:** Los servicios de la nube administran y ajustan el consumo de recursos de manera automática, empleando un sistema de control adaptado para diversas modalidades de servicio.
- f) **Plataformas IoT:** constituyen la infraestructura fundamental para la interconexión de dispositivos y la creación de un entorno IoT completo. En términos sencillos, una plataforma web integrada al Internet de las Cosas (IoT) es un software que vincula hardware,



puntos de acceso y redes de datos con la aplicación que generalmente utiliza el usuario. Así, se puede describir una plataforma IoT como un conjunto de servicios informáticos que supervisan el funcionamiento de dispositivos remotos, gestionan las comunicaciones y protocolos de seguridad, procesan los datos recopilados y los envían a diversas aplicaciones o servicios informáticos. Los componentes principales de estas plataformas son:

- **Conectividad y normalización:** A través de diversas interfaces asegura la correcta transmisión de datos y la interoperabilidad con instrumentos que utilizan diferentes protocolos y tipos de datos.
- **La gestión de dispositivos:** Asegura el adecuado funcionamiento de todas las "cosas" interconectadas, supervisando su estado y operación
- **Base de datos:** Ofrece un espacio para el almacenamiento de los datos proporcionados por los dispositivos en la nube, optimizando su uso debido a la cantidad, tipo, velocidad de acceso y fiabilidad de los datos.
- **Gestión y tratamiento de la acción:** Proporciona datos basados en reglas de acción desencadenadas por eventos, permitiendo las acciones "inteligentes" basadas en función del sensor utilizado.



- Analítica: Realiza análisis complejos de los datos básicos, empleando técnicas de aprendizaje automático y agrupación de datos para extraer información significativa.
- Visualización: Presenta resultados mediante visualización de datos, representando gráficamente la información mediante gráficos y diagramas.
- Herramientas adicionales: Facilita a los gestores la creación de modelos de funcionamiento rápido, pruebas y comercialización, permitiéndoles en control completo del sistema.
- Interfaces que permiten la integración con terceros y otros componentes de tecnología de la información (TI) dentro del ecosistema mediante interfaces de programación de aplicaciones, kits de desarrollo de software y pasarelas

Algunos ejemplos son:

- **Amazon Web Services – IoT Core:** ofrece servicios en la nube que interconectan dispositivos IoT y servicios en la nube dados por Amazon. Con software amigable para la integración de soluciones de AWS con los dispositivos IoT, esta plataforma puede vincularlos a los servicios en la nube que AWS proporciona. Permite el flujo bidireccional de los dispositivos con la infraestructura de la nube a través de protocolos como MQTT o similares. Ofrece múltiples herramientas de desarrollo de software para diversos lenguajes de programación y sistemas operativos.





Referente a la seguridad, se utiliza certificados X.509 y servicios de Administración de Acceso de Identidad.

- **Microsoft Azure - IoT Hub:** Azure Stack Hub representa una extensión de Azure diseñada para ejecutar aplicaciones en entornos locales y facilitar servicios de Azure en centros de datos regionales. Con la presencia de Azure IoT Hub en Azure Stack Hub, tanto clientes como colaboradores tienen la capacidad de desarrollar aplicaciones híbridas de IoT que funcionen parcial o completamente en entornos locales, proporcionándoles una mayor flexibilidad. Este sistema utiliza protocolos como MQTT, AMQP y HTTPS para conectarse con dispositivos alejados, y ofrece kits de desarrollo de software (SDK) para diversos lenguajes, como C, Java y Python, así como para el sistema operativo iOS. En cuanto a la autenticación, se implementan certificados X.509 y tokens.
- **IBM - Watson IoT** desarrollado por IBM, representa la plataforma integral para el Internet de las cosas (IoT). Se configura como un servicio en la nube de gestión completa que abarca características esenciales, tales como el registro de dispositivos, la interconexión, la supervisión, la visualización instantánea y la preservación de datos. Esta plataforma opera con los protocolos MQTT y HTTP, y pone a disposición kits de desarrollo de software (SDK) compatibles con diversos lenguajes como Node.js, Python y Java.



La autenticación en Watson IoT se realiza a través de tokens, complementada por un servicio de autenticación exclusivo.

- **Bases de datos para IoT:** El aumento de información de IoT ha generado problemas especiales para los sistemas que manejan bases de datos. Se debe tener poder de procesamiento, capacidad de integración sólida, rendimiento a nivel empresarial y bajos costos de propiedad. Las bases de datos utilizadas en IoT son de la clase NoSQL y procesan rápidamente enormes cantidades de datos de diversos tipos, desde distintas ubicaciones, en comparación con los manejadores de bases de datos comúnmente utilizados. Entre ellas tenemos:
  - a) **DynamoDB:** Servicio de base de datos NoSQL proporcionada por Amazon Web Services. Soporta estructuras de datos de tipo clave-valor y documentales. Permite desarrollar tablas para almacenar todo tipo de datos, que pueden expandirse y modificarse rápidamente sin afectar el rendimiento
  - b) **MongoDB:** Igualmente basada en NoSQL de código abierto con esquemas basados en información similar al formato JSON. Puede instalarse en diversas plataformas computacionales, aunque su instalación y configuración son complejas y requieren usuarios experimentados.



- c) **Cassandra:** También realizada en NoSQL de código abierto construida en familias de columnas. Puede implementarse en diversos tipos de nubes con redundancia.
- d) **Plataformas de analítica para aplicaciones de IoT** Estas plataformas se utilizan para obtener datos valiosos a partir del análisis de grandes volúmenes de información generados por los equipos conectados. La información de datos obtenidos permite a los usuarios tomar decisiones más precisas sobre los sistemas que están siendo supervisados. Algunas plataformas incluyen:
  - e) **AWS IoT Analytics:** Para analizar aplicaciones de IoT desarrollado por Amazon Web Services. Analiza los datos extraídos por los dispositivos de adquisición, almacenándolos en esquemas de datos para su análisis mediante consultas SQL, análisis de series temporales o técnicas de aprendizaje automático para realizar predicciones precisas. Ofrece soporte para varios lenguajes de desarrollo de software de clientes. (Amazon Web Services, 2019).
  - f) **ElasticSearch:** De código abierto que funciona como motor de búsqueda desarrollado por Elasticsearch B.V. Ofrece una interfaz web para búsquedas exhaustivas de texto utilizando documentos JSON sin esquema. Puede utilizarse para diversas aplicaciones, incluyendo inteligencia de negocios, análisis de registros y IoT, entre otros. (Elasticsearch B.V., 2019).



- g) **Apache Spark:** Impulsado por la Fundación de Software Apache para analizar para grandes volúmenes de datos. Utiliza búsquedas de datos relacionales y puede utilizarse en una variedad de sistemas, como Hadoop, Apache Mesos, Kubernetes y nubes computacionales. Admite el desarrollo de aplicaciones en Java, Scala, Python y R. (Apache Software Foundation, 2019).
  
- h) **Protocolos de comunicación para IoT:** Se tienen diferentes protocolos de mensajería diseñados específicamente para aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT). Estos protocolos se caracterizan por ser eficientes, seguros y escalables en el manejo de datos. A continuación, se presentan los principales protocolos de mensajería IoT:
  
- i) **Transporte de telemetría de cola de mensajes (MQTT):** Este protocolo de circulación de mensajes es ligero y simple, basándose en el concepto de suscribirse y publicar mensajes. Fue creado para dispositivos con recursos limitados y conexiones no confiables, que pueden tener alta latencia y bajo ancho de banda. Su objetivo es reducir el uso de recursos de red y los requisitos de servicios del dispositivo mientras asegura la confiabilidad y una cierta certeza en la entrega de mensajes. MQTT fue inventado en 1999 por Andy Stanford Clark y Arlen Nipper y, desde 2014, ha sido normalizado(según estándar) por la Organización para el Avance de las Normas de Información Estructurada (OASIS). Los puertos TCP/IP 1883 se hallan en reserva para el protocolo MQTT por la



Autoridad de Asignación de Números de Internet (IANA).  
(mqtt.org, 2019).

- j) **Protocolo de aplicación restringida (CoAP):** Utilizados para compensar los sistemas con limitaciones hacia los ecosistemas IoT. Basado en el RFC 7252 y sigue el modelo de Transferencia de Estado Representacional. Funciona sobre el protocolo UDP sobre IP y utiliza Datagram Transport Layer Security (DTLS) como mecanismo de seguridad. (Bormann, 2019).
- k) **Protocolo de colas de mensaje avanzado (AMQP):** Se centra en la comunicación orientada a control de flujo. La data se envían por la modalidad serial. Cada mensaje enviado incluye un identificador único para su identificación y gestión eficientes (Lea, 2018).

#### **D) Nivel IV: Aplicaciones**

En este nivel, se encuentran las aplicaciones destinadas a los usuarios que operan como interfaces visuales de usuario. Las aplicaciones se elaboran en entornos de desarrollo integrado (IDE) mediante el uso de herramientas para el desarrollo de software. La Figura 11 ofrece una representación visual del nivel de aplicaciones dentro de la arquitectura propuesta.

**Figura 16**

*Nivel IV Aplicaciones*



Elaboración propia

- a) **Interfaz gráfica de usuario (GUI):** Es el equivalente a la capa de aplicación del modelo OSI y se encarga de representar de forma visual mediante la interacción con un terminal computacional utilizando ventanas, gráficos, animaciones, entre otros elementos. Esta interfaz permite a los usuarios acceder a los datos proporcionados por el sistema de manera amigable y sencilla, facilitando la comprensión y el acceso a la información. En el contexto de IoT, las interfaces gráficas de usuario pueden presentarse como aplicaciones web en navegadores de internet, tales como Chrome, Microsoft Edge, Firefox, así como para dispositivos móviles, con sistemas operativos como Android o IOS.



**b) Entorno de desarrollo integrado (IDE):** Estos entornos dan el soporte para la elaboración de aplicaciones de software utilizando un lenguaje de programación específico, aprovechando un editor de código, bibliotecas, herramientas de compilación, pruebas y depuración. Facilitan la elaboración de aplicaciones IoT a través de la creación de páginas web o aplicaciones para dispositivos móviles, utilizando kits de desarrollo de software (SDK) adaptados a un lenguaje de programación o sistema operativo concreto.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

Se llevó a cabo en el distrito de Conima, provincia de Moho, departamento de Puno cuyas coordenadas son: 15°27'41"S 69°26'14"O

#### **Figura 17**

*Distrito de Conima*



Elaboración propia





### **3.2 TIPO Y MÉTODO DE INVESTIGACIÓN**

La presente investigación es de tipología aplicada, ya que consiste en el empleo práctico del conocimiento o teorías de los sistemas de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola utilizando internet de las cosas, con la finalidad de mejorar y resolver el problema concreto de la sociedad a nivel de producción de alimentos.

Se utilizó el método Hipotético Deductivo, Deductivo, fundamentado en los conceptos de Klimovsky mencionados en el estudio de Pérez (2018). Este método permite organizar y difundir el conocimiento aplicable a diversos problemas o investigaciones en múltiples campos de la ciencia, con la excepción de las matemáticas. Su objetivo es estructurar la investigación de manera lógica y deductiva, comenzando con hipótesis y llegando a conclusiones coherentes.

### **3.3 TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE DATOS**

Como técnica de recojo de datos se utilizó la observación, que es un tipo de técnica de recopilación de datos semi-primaria donde quien está haciendo la investigación actúa sobre los hechos a veces con la ayuda de algunos instrumentos.

El instrumento utilizado fue la guía de observación de campo: que son los pasos que sigue rigurosamente el investigador para la elaboración de una buena estrategia de observación de los hechos.

### **3.4 POBLACIÓN Y MUESTRA DEL ESTUDIO**

Son las medidas realizadas en la ubicación en estudio,



Se tomaron todas las medidas realizadas del 06 de enero al 26 de enero del 2023 que fueron 12770 conjuntos de valores, como muestra debido a que se necesitan muchos valores para que las posibles investigaciones a partir de los datos obtenidos sean fiables.

### **3.5 DISEÑO ESTADÍSTICO**

#### **3.5.1 Diseño de la Investigación**

Esta tesis se clasifica como aplicada, ya que se inscribe en un tipo de investigación que emplea los principios y la lógica inherentes a las ciencias, los cuales se aplican en un prototipo específico.. En el contexto de esta tesis, se centra en la implementación de un sistema de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola ubicado en el distrito de Conima.

#### **3.5.2 Nivel de la Investigación**

Se entiende al detalle en el conocimiento que se quiere alcanzar y se enfoca en investigar un tema o problema específico del cual hay conocimientos limitados o, en muchos casos, nulos. Este tipo de investigación tiene como objetivo principal familiarizarse con el tema, comprenderlo en profundidad y proporcionar una visión preliminar o introductoria sobre el mismo. La investigación exploratoria se lleva a cabo cuando hay pocas o ninguna información disponible sobre el tema que se va a estudiar. Está caracterizada por: explorar un tema desconocido o poco estudiado, plantea una hipótesis o preguntas de investigación, utiliza métodos cualitativos y/o cuantitativos, proporcionar orientación para investigaciones futuras y es flexible y adaptable. Por lo que la presente tesis se clasifica como exploratoria debido a la novedad del tema y la escasa literatura existente en este campo específico. La falta de conocimientos consolidados y soluciones

estandarizadas en la integración de IoT en la acuicultura hace necesario un enfoque de exploración profunda. La tesis se adentrará en territorio desconocido, investigando soluciones personalizadas para desafíos específicos de la acuicultura y tiene el potencial de generar conocimiento innovador en este campo emergente.

## **3.6 PROCEDIMIENTO**

### **3.6.1 Procedimiento para el Diseño e Implementación**

Para el diseño e implementación de la presente tesis se realizaron los siguientes pasos:

Primero se realizó un análisis de la actividad acuícola en el distrito de Conima. Para ello se llevó a cabo una revisión detallada del tipo de sistema de acuicultura utilizada, las prácticas existentes, los tipos de instalaciones acuícolas, las especies cultivadas y los métodos empleados. Se realizarán visitas de campo y entrevistas con los actores clave, como son los responsables de instalaciones acuícolas, para obtener una comprensión completa de la dinámica y los desafíos específicos de la actividad acuícola en la región.

En segundo lugar con la información recopilada en el paso anterior, se procedió al diseño detallado del sistema de monitorización. Esto incluyó la selección de sensores apropiados, la definición de parámetros críticos a monitorear, como la eficiencia de los paneles solares, la calidad del agua y las condiciones ambientales. Se desarrolló un plan de conectividad IoT que garantizó la transmisión efectiva de datos desde los paneles solares hasta el centro de control. Todo enmarcado en arquitectura de 4 niveles de IoT: Nivel de adquisición de datos, Nivel de Comunicaciones, Nivel de procesamiento y por último el Nivel de aplicación.



En tercer lugar, se realizó la fase de implementación que inició con la adquisición de los componentes necesarios para el sistema, como sensores, dispositivos de conectividad IoT y equipos de monitoreo en el centro de control. Se procedió a la integración de los dispositivos anteriores en un módulo de metal para su posterior ubicación. Posteriormente se llevó a cabo la instalación física del módulo de metal que contenían los sensores y el sistema de recolección y transmisión de datos, en las jaulas, junto con los paneles solares en un área estratégica de las instalaciones acuícolas. A continuación, se realizó la configuración de la red IoT y se establecieron los protocolos de comunicación. El sistema se puso en marcha y se realizaron pruebas para garantizar su funcionalidad y eficacia en condiciones reales.

Por lo que el procedimiento utilizado garantizó que el diseño e implementación del sistema de monitorización se ajustó de manera óptima a las necesidades y condiciones específicas de la actividad acuícola en Conima.

### **3.6.2 Descripción del Hardware y Software del prototipo**

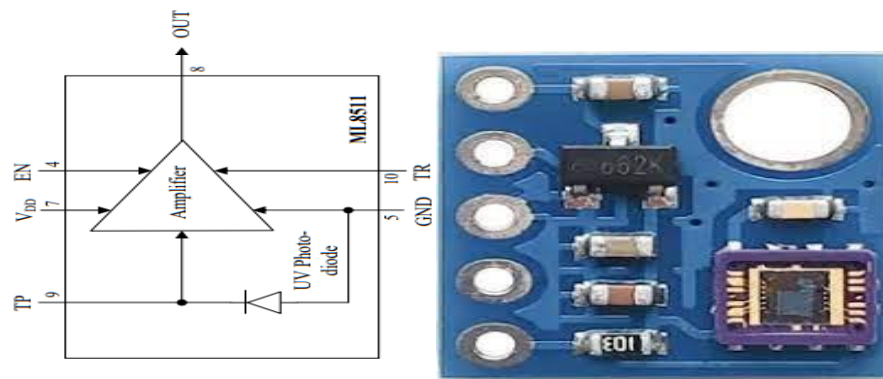
#### **A) Nivel de Adquisición de datos:**

Se empleó la placa ML8511 para obtener los valores de irradiancia ultravioleta (UV) en este estudio. Este dispositivo, adecuado para la captura de la intensidad UV tanto en entornos interiores como exteriores, se basa en la tecnología SOI-CMOS, lo que lo hace apropiado para los propósitos de la presente tesis. El principio de funcionamiento del sensor se fundamenta en la conversión de la fotocorriente en voltaje, lo que permite la detección de la intensidad de los rayos UV, convirtiéndolo en una elección idónea para su implementación en

exteriores. Es importante destacar que este sensor entrega valores analógicos proporcionales a la irradiancia ultravioleta, como se detalla en la Figura 18.

**Figura 18**

*Sensor GYML8511 y su diagrama interno*

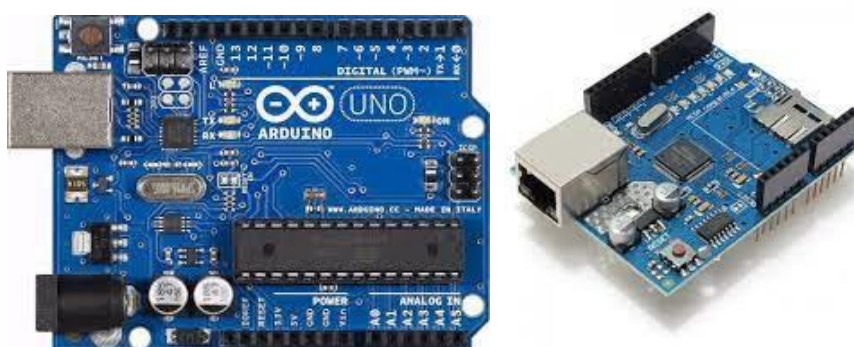


Elaboración propia

Para la recolección de datos se emplearon: un Arduino 1 junto con un Ethernet Shield W5100, como se ve en la Figura 19.

**Figura 19**

*Hardware utilizado: Arduino UNO y Ethernet Shield W5100*



Elaboración propia

El accesorio utilizado para el control del Arduino a través de Internet es el Shield Ethernet W5100. Se aplica en diversos campos, como control de los sistemas hogareños de manera automática, IoT, sistemas de control remoto, entre

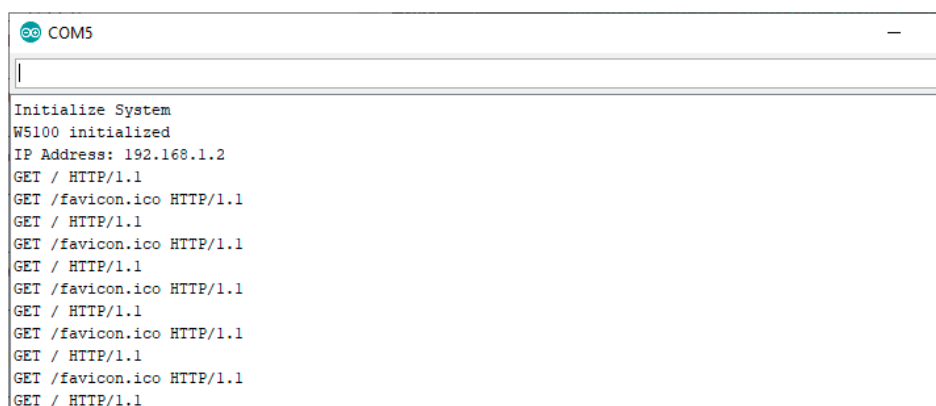
otros. Totalmente funcional con Arduino Uno, Mega entre otros. Tiene librerías que le permite trabajar de manera confiable con el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino. Tienen un slot para dispositivos micro-SD, que puede utilizarse para contener archivos accesibles a través de la red. Un aspecto destacado es la presencia de un controlador de reset, asegurando el inicio adecuado del módulo al ser alimentado. El dispositivo utiliza una interfaz SPI, por lo que es crucial identificar los pines correspondientes utilizados; los pines digitales 11, 12 y 13 se destinan a este propósito, mientras que el pin 10 se selecciona el W5100 y el pin 4 selecciona la tarjeta SD.

Este shield ya tiene incluido el puerto para el conector RJ45, así como con un solo reset se reinician ambos dispositivos. Tiene la capacidad de ser apilable por lo que es compatible con otros shields.

Se utilizó el entorno de desarrollo integrado (IDE) de Arduino para la programación de ambos dispositivos. Utilizando el lenguaje C y la plataforma proporcionada se facilita el desarrollo del programa como se representa en la Figura 20.

## Figura 20

### *Interface de programación IDE*



```
COM5
Initialize System
W5100 initialized
IP Address: 192.168.1.2
GET / HTTP/1.1
GET /favicon.ico HTTP/1.1
GET / HTTP/1.1
GET /favicon.ico HTTP/1.1
GET / HTTP/1.1
GET /favicon.ico HTTP/1.1
GET / HTTP/1.1
GET /favicon.ico HTTP/1.1
GET / HTTP/1.1
GET /favicon.ico HTTP/1.1
GET / HTTP/1.1
```

Elaboración Propia

## B) Nivel de comunicaciones

En esta fase de comunicación, se hace uso de Long Term Evolution (LTE) para establecer la conexión, ya que se solicita a un servicio en Internet para el contener y procesar los datos. La tecnología antes mencionadas constituye un estándar de comunicaciones no guiadas que proporciona velocidades de transmisión de datos elevadas para dispositivos móviles y terminales de datos. Es considerado una evolución del estándar 3GPP UMTS (3G) por algunos, mientras que otros lo conceptualizan como un nuevo enfoque en la arquitectura evolutiva (4G). LTE se caracteriza por su puerto radioeléctrico basada en OFDMA para enlazar descendentemente (DL) y SC-FDMA para el enlace ascendente (UL). La elección de la modulación por parte del estándar 3GPP facilita la implementación de diversas tecnologías de antenas (MIMO). En este contexto, el servicio fue brindado por la operadora Movistar (Telefónica del Perú) vía el sistema AWS (Clase 4) con una frecuencia de 1700/2100 MHz (bloque A) y un ancho de banda de 20 MHz.

### Figura 21

#### *Tecnología LTE utilizada*



Fuente: <https://www.con-cafe.com/2013/10/14/telefonica-del-per-despliega-lte-4g/>

### C) Nivel de procesamiento

Para administrar las bases de datos, se utilizó MariaDB, un sistema que se deriva de MySQL como se muestra en la figura 22, está bajo la licencia GPL (General Public License). Este sistema es desarrollado por Michael Widenius, quien es el fundador de MySQL, la fundación MariaDB y la community de desarrolladores de software libre. MariaDB incorpora dos nuevos motores de almacenamiento: Aria, que toma el lugar de MyISAM, y XtraDB, que reemplaza a InnoDB. Es relevante señalar que MariaDB exhibe una notoria compatibilidad con MySQL en términos de comandos, interfaces, API y bibliotecas, lo que facilita la posibilidad de cambiar de un servidor a otro de manera directa. Este sistema de gestión de bases de datos surgió como respuesta a la adquisición de Sun Microsystems, la empresa que anteriormente había adquirido MySQL, por parte de Oracle.

#### Figura 22

*Gestión de Base de datos*



Fuente: <https://universo-digital.net/aumentar-tamano-redo-log-mysql-mariadb/>





## **D) Nivel de aplicación**

Para llevar a cabo el desarrollo en su integridad del proyecto, se utilizó un Entorno de Desarrollo Integrado (IDE), que consiste en un conjunto de herramientas de programación. Este IDE puede estar especializado únicamente en un lenguaje de programación o puede ser versátil y abarcar varios. Este entorno de programación se presenta como una aplicación que incorpora un editor de código, un compilador, un depurador y un generador de interfaces gráficas (GUI). En el ámbito de Arduino, el IDE también incluye las herramientas esenciales para cargar el programa, previamente compilado, en la memoria flash del hardware a través del puerto serie. Además, en colaboración con el sistema de gestión de bases de datos MariaDB.

En cuanto a la Interfaz Gráfica de Usuario (GUI), comúnmente conocida como Interfaz Gráfica de Usuario (IGU o GUI por sus siglas en inglés, Graphical User Interface), se refiere a un programa que sirve como intermediario entre el usuario y la máquina. En otras palabras, este software representa visualmente todas las acciones y datos disponibles en una plataforma, permitiendo a los usuarios interactuar de manera más intuitiva sin necesidad de poseer un conocimiento profundo de informática. En nuestro caso, la información recopilada se visualizará mediante cualquier navegador web, lo que facilita la portabilidad del programa. Este aspecto se presenta en la Figura 23 del proyecto.

**Figura 23**

*Interfaz gráfica de usuario*



Elaboración Propia

Es fundamental resaltar que todas estas etapas se realizaron mediante un esfuerzo colaborativo, en el cual participé activamente junto con los ingenieros José Cruz de la Cruz y Christian Romero Goyzueta.



## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 RESULTADOS

La actividad acuícola en Conima, ubicada en las orillas del lago Titicaca en el departamento de Puno, Perú, se caracteriza por ser una práctica que se viene implementando en las comunidades locales. Este lago, considerado el lago navegable más alto del mundo, proporciona un entorno propicio para diversas actividades acuícolas que han sido desarrolladas a lo largo del tiempo. La comunidad de Conima ha empezado a realizar la crianza de especies acuáticas en el lago, aprovechando sus aguas ricas en recursos naturales.

Tomando como base las estadísticas proporcionadas por el Ministerio de Producción en el año 2023 (Ministerio de la Producción, 2024) para el departamento de Puno, se puede observar que la evaluación de cosechas en toneladas métricas tuvo un retroceso del 39% respecto al año anterior. De la misma forma la producción también tuvo índices negativos con valores cercanos al 50,7%. En consecuencia, la evolución de las ventas internas decayó en 32%. Esto expresado en números indican que la cosecha fue de 13 968 Toneladas Métricas, la producción fue de 605TMB, con un registro total de acuicultores de 589, siendo los derechos otorgados a 611 asociaciones. Las especies de peces cultivadas en la región incluyen truchas, pejerreyes y carpas, entre otras, siendo estas adaptadas a las condiciones particulares del lago Titicaca. La crianza de estas especies se realiza en jaulas flotantes, estanques y sistemas de cultivo que se distribuyen estratégicamente en diferentes zonas del lago.



Además, la acuicultura en Conima se limita a la producción de Truchas cuyos índices respecto a esta especie si bien muestran índices de crecimiento respecto a la producción de trucha en jaulas flotantes en 37,5 por ciento respecto al año 2021 (BCR, 2022), tiene problemas en todo el proceso de producción. Entre los problemas mas resaltantes se tiene según el Plan Regional de Acuicultura de Puno (Ministerio de la Producción 2019):

- Dependencia de Semilla Importada: La alta dependencia de semillas de trucha importadas limita la autonomía del sector acuícola local, generando vulnerabilidades en el suministro de insumos clave.
- Infraestructura y Acceso Deficientes: Las vías de acceso en mal estado y la insuficiencia energética en las zonas de producción impactan negativamente en la logística y eficiencia operativa de los centros acuícolas.
- Limitada Organización Empresarial: La falta de una sólida organización empresarial contribuye a la inestabilidad en la oferta de productos acuícolas, obstaculizando la participación competitiva en los mercados.
- Desconocimiento de Mercados y Normativas: La falta de información sobre los mercados de acuicultura y la escasa comprensión de las normativas del sector limitan las oportunidades de crecimiento y exportación.
- Carencia de Sistemas de Tratamiento de Residuos: La falta de sistemas adecuados para el tratamiento de residuos sólidos y aguas residuales provenientes de las plantas de procesamiento acuícola representa una amenaza ambiental y sanitaria, comprometiendo la sostenibilidad a largo plazo.



- **Débil Coordinación Interinstitucional:** La coordinación limitada entre entidades gubernamentales como SERNANP, ANA, PELT y DIREPRO dificulta la obtención de conformidad previa para otorgar derechos, generando obstáculos burocráticos para los acuicultores.
- **Limitada Generación de Valor Agregado:** La acuicultura en la región Puno enfrenta desafíos en la generación de valor agregado a los productos, lo que limita su competitividad en mercados internos y de exportación.
- **Escasas Evaluaciones de Ecosistemas Hídricos:** La falta de evaluaciones integrales sobre los ecosistemas hídricos limita la comprensión del potencial acuícola y la capacidad de carga, lo que podría llevar a una explotación no sostenible de los recursos.

El análisis anterior fue corroborado con las conversaciones que se tuvieron con los miembros de la asociación, los que expresaron el deseo de contar con sistemas que eleven su producción. Sin embargo, aclararon que no cuentan con los medios económicos suficientes para adquirir soluciones tecnológicas para la solución de su problemática. Es por ello que accedieron temporalmente a la prueba del módulo instalado. Cabe mencionar que tampoco existe un plan a largo plazo de desarrollo, pues la actividad se rige por las propuestas y objetivos que plantea cada Junta Directiva, que se cambia cada dos años, por lo que no existe un Plan director que guíe sus actividades.

#### **4.1.1 Sistema De Adquisición De Datos**

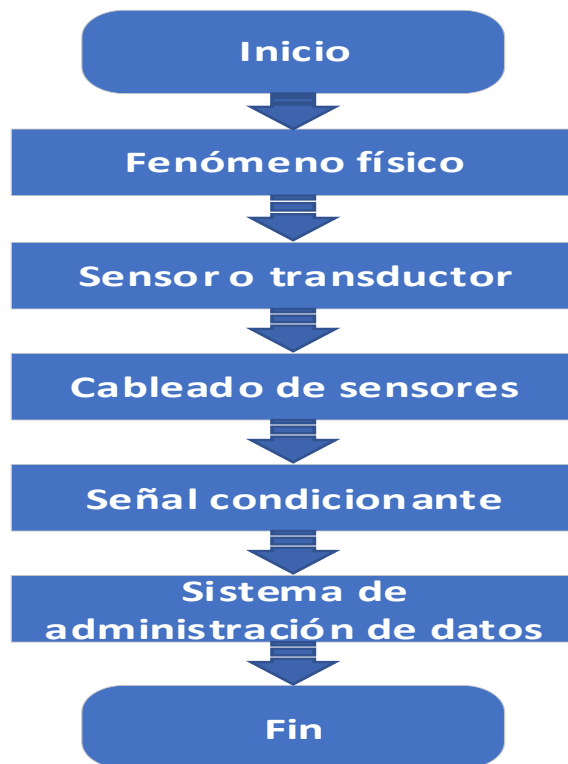
Constituyen una combinación de un sistema de medición y un sistema de procesamiento capaz de registrar el fenómeno para su posterior análisis. Con el avance tecnológico, las capacidades informáticas han evolucionado

significativamente, permitiéndonos procesar y almacenar datos de manera rápida y versátil. Los sistemas DAQ ejemplifican este progreso, al capturar datos del mundo real y almacenarlos en un formato accesible para futuros análisis científicos. Los sistemas de adquisición de datos al ser portátiles permiten por ejemplo mediciones remotas donde la presencia humana es de difícil acceso.

Para la presente tesis se establece que el sistema de adquisición de datos el funcionamiento se registrará por lo mostrado en la Figura 24.

### Figura 24

*Funcionamiento del sistema de adquisición de datos*



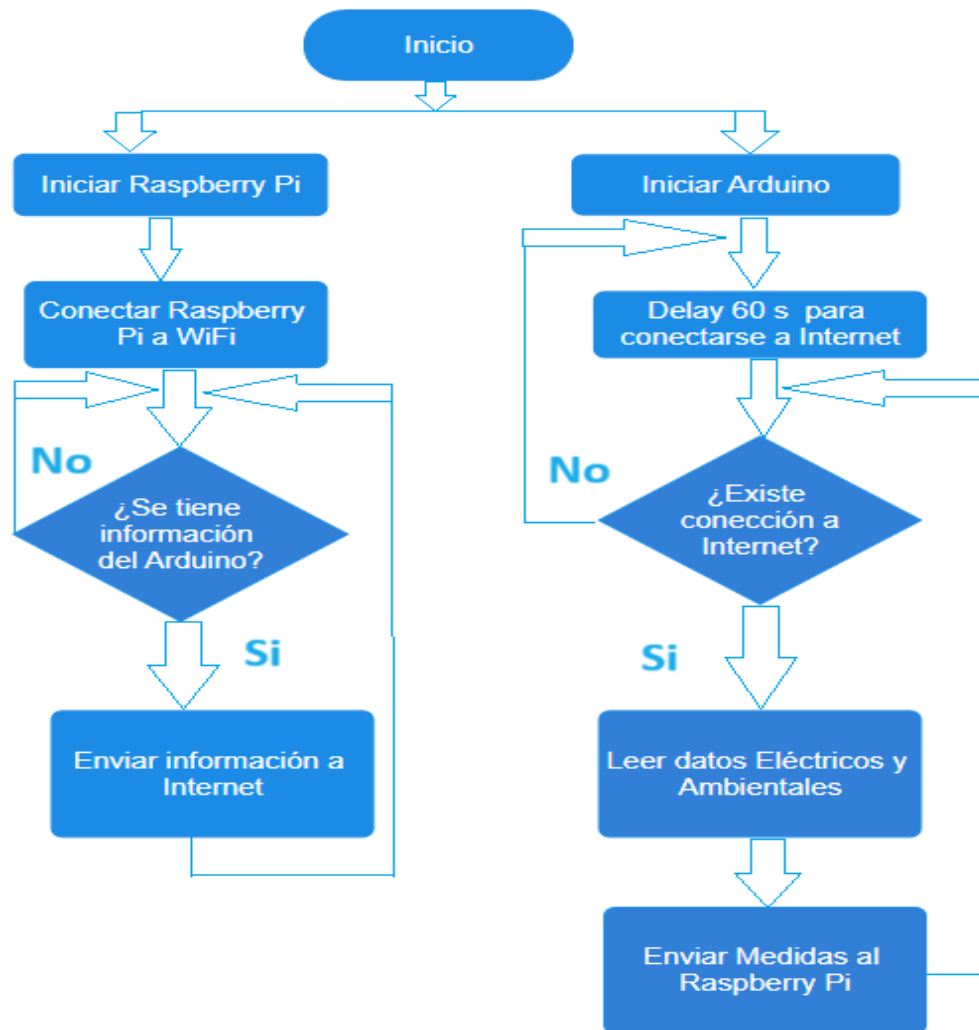
Elaboración propia

Por ejemplo, para el sistema propuesto el sistema de adquisición se encuentra ubicado en una estructura galvanizada para evitar interferencias en las medidas. Esta configuración demostró ser eficaz al proteger toda la circuitería de

la humedad y de posibles daños causados por la lluvia, garantizando así el buen funcionamiento del sistema.

**Figura 25**

*Flujograma del Sistema de adquisición de datos*



Elaboración propia

El funcionamiento en conjunto del Raspberry Pi y del Arduino con su Shield respectivo es detallado en el Flujograma de la Figura 26. Ambos conjuntos de dispositivos se activan cuando reciben alimentación de energía; y se desactivan al desconectar la corriente eléctrica por completo, ya que han sido programados

para iniciar un bucle que recolecta información y la envía posteriormente. Es importante destacar que la Raspberry Pi y el Arduino operan de forma independiente entre sí pero teniendo en cuenta la sincronización para su funcionamiento en conjunto.

Además, se ha dispuesto la carga fuera de la caja que contiene los dispositivos para asegurar su protección. Esto se debe a que la carga tiende a generar calor y requiere una adecuada ventilación. Por lo tanto, se ha ubicado la carga en un área al aire libre, protegida de la lluvia y la humedad para evitar daños. Esta disposición se ha llevado a cabo para simplificar el cableado y la monitorización de las variables. este IDE genera los resultados que se detallan en la Figura 26 del proyecto.

**Figura 26**

*Valores obtenidos de medición de la radiación UV*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	ID	Temperatu	Humedad	UV	Voltaje Pa	Amperaje	Iluminanci	IP	LUGAR	Date Time
2	17036	40.4	14	3.83	880.5	551.65	8.8	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:41
3	17037	42.1	13.6	4.1	886.3	551.4	8.15	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:42
4	17038	42.9	12.9	3.49	875.05	551.3	8.45	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:43
5	17039	43.8	12.7	4.24	873.4	551.2	8.35	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:44
6	17040	44.5	12.4	3.5	860.9	551.2	8.8	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:45
7	17041	45.1	12	3.81	856.45	550.9	9.05	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:46
8	17042	45.2	11.4	3.76	845.25	550.25	9.8	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:47
9	17043	45.2	11.6	3.89	852.55	550.45	9.65	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:48
10	17044	45.2	11.9	3.41	838.45	549.6	10.9	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:49
11	17045	45.1	11.9	3.3	845.1	549.7	11.4	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:50
12	17046	44.5	11.4	2.43	788.9	546.95	14.55	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:51
13	17047	43.3	12.9	2.12	746.05	545.4	16.1	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:52
14	17048	42	12.1	2.34	779.55	547	15.05	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:53
15	17049	40.7	13.7	3.08	851.75	550	11.8	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:54
16	17050	40	14.7	3.51	870.35	550.35	10.55	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:55
17	17051	39.8	14.4	3.74	877.8	551.1	10.75	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:56
18	17052	39.9	14.6	3.42	865.3	550.3	10.3	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:57
19	17053	40.1	14	3.78	877.1	550.85	10	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:58
20	17054	40.4	14	3.82	875.25	550.9	9.8	190.42.16	Puno	06/01/2023 12:59
21	17055	40.8	13.8	3.6	864.6	550.55	10.05	190.42.16	Puno	06/01/2023 13:00
22	17056	41.2	13.1	3.46	863.3	550.1	10.7	190.42.16	Puno	06/01/2023 13:01
23	17057	41.4	13.5	3.35	859.4	550.6	11.3	190.42.16	Puno	06/01/2023 13:02
24	17058	41.3	13.1	3.07	850.15	550.3	11.4	190.42.16	Puno	06/01/2023 13:03
25	17059	41.3	13.3	2.37	797.7	547.05	14.7	190.42.16	Puno	06/01/2023 13:04
26	17060	40.8	13.7	2.44	809.85	548.05	14.2	190.42.16	Puno	06/01/2023 13:05

Elaboración propia



#### 4.1.2 Panel Solar

Los paneles solares monocristalinos se fabrican a partir de células solares monocristalinas, cada una de las cuales es una porción de un solo cristal de silicio cultivado específicamente para la producción de paneles solares.

Los paneles solares monocristalinos se distinguen por su color negro característico y generalmente tienen una eficiencia que varía entre el 15 % y el 20 %. Algunos modelos experimentales más recientes han alcanzado eficiencias cercanas al 50 % (Wallender y Allen, 2022). En el contexto de esta investigación, se utilizó este tipo de panel con las siguientes características principales: 100W de potencia nominal, máximo voltaje de 18.6 V, máxima corriente de 5.81 A, como se muestra en la Figura 27.

#### Figura 27

*Panel solar de 100W*



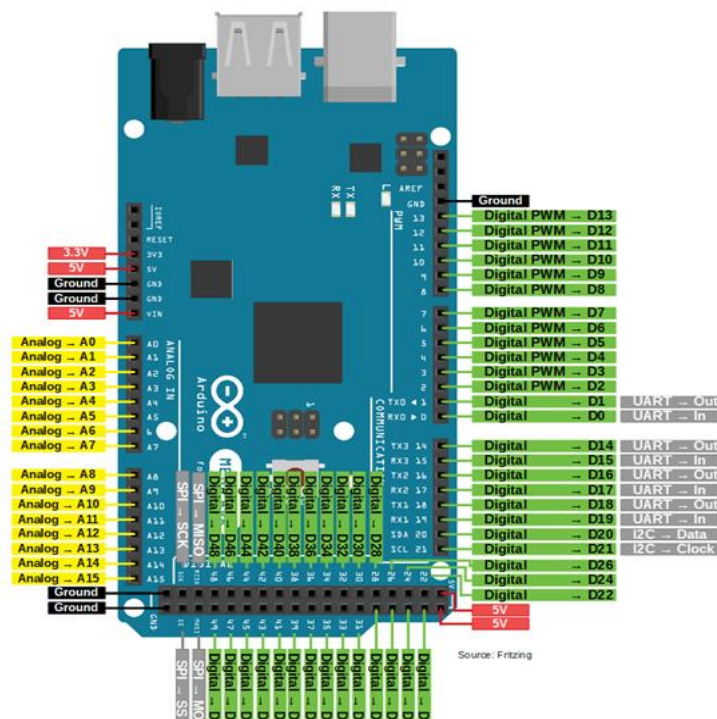
Elaboración propia

### 4.1.3 Microcontrolador – Arduino Mega

El modelo utilizado fue el 2560 con arquitectura de 8 bits construido en función al microprocesador ATmega16U2. La programación se llevó a cabo utilizando el lenguaje de programación dedicado. Esta placa fue elegida debido a que tiene las siguientes características: 54 entradas/salidas digitales y 16 analógicas, 14 tiene la funcionalidad de PWM, puerto serie UART, puerto USB, funcionalidad ICSP y el respectivo botón de reinicio, como se muestra en la Figura 28.

**Figura 28**

*Arduino Mega*



Fuente: (elosciloscopio, 2019).

Así mismo la Figura 28 presenta el esquema de disposición de las conexiones del dispositivo utilizada en la presente investigación. Esta disposición es determinante, ya que se utilizó los pines analógicos y digitales para conectar

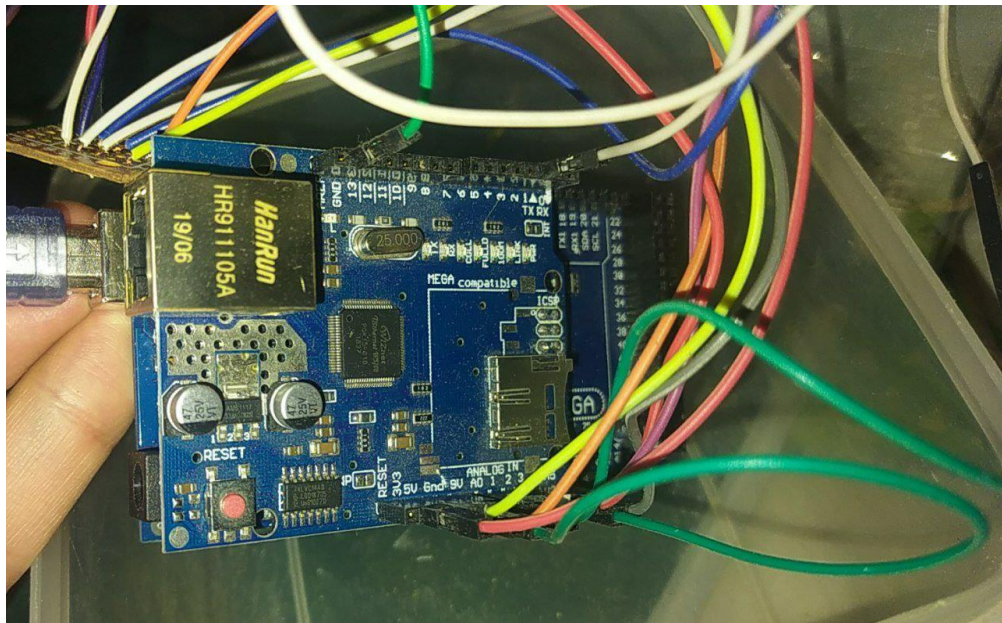
los sensores, suministrar energía a los mismos y ubicar el módulo que habilita la conectividad a Internet del Arduino Mega.

#### 4.1.4 Modulo Ethernet

Este componente tiene el propósito de recopilar y enviar todos los datos a internet obtenidos por el sistema de adquisición: temperatura, voltaje, amperaje para ser almacenados. El dispositivo permite que el Arduino Mega se conecte con la base de datos y se comunique mediante el protocolo Web, mediante el programa realizado en Arduino. El módulo junto con la conexión a los sensores se muestra en la figura 29.

**Figura 29**

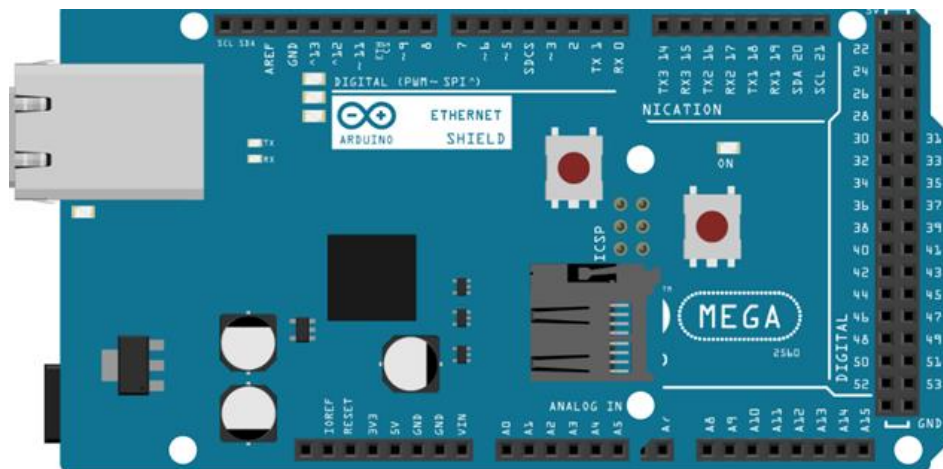
*Ethernet Shield W5100*



Elaboración propia

**Figura 30**

*Conexiones del Ethernet W5100*



Elaboración propia

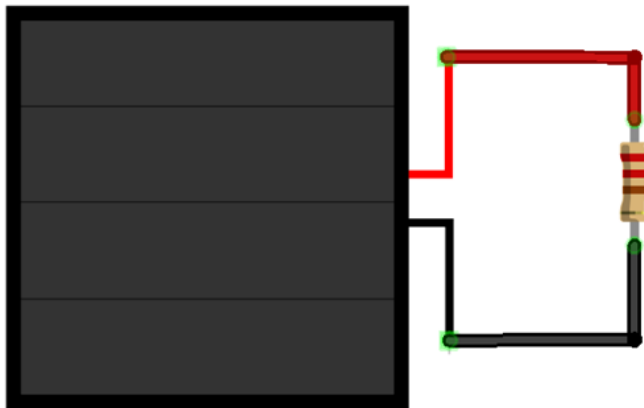
La Figura 30 ilustra el diagrama gráfico del módulo completo que controlará el sistema, realizando la toma de valores de los sensores para ser enviados a internet.

#### 4.1.5 Carga Constante

Para realizar mediciones precisas y eficientes de las variables eléctricas y meteorológicas, se incluyó una resistencia de potencia capaz de manejar la salida del panel solar de 100W. La resistencia empleada tiene un valor de 8.7 ohmios. La salida del panel que es de 22 voltios, al ser dividida entre  $8.7\Omega$ , se obtiene un valor de 2.53 amperios. Multiplicando el voltaje por la corriente, determinamos la potencia de la carga constante. En este caso, 22V multiplicados por 2.53A resulta en 55.66 vatios.

### Figura 31

*Diagrama de panel solar y circuito de carga constante*



Elaboración propia

El diagrama de la Figura 31 ilustra el panel solar y la resistencia de alta potencia empleada en la investigación. Esta carga representa un dispositivo que estaría en uso de forma continua y proporciona mayor precisión debido a su funcionamiento constante.

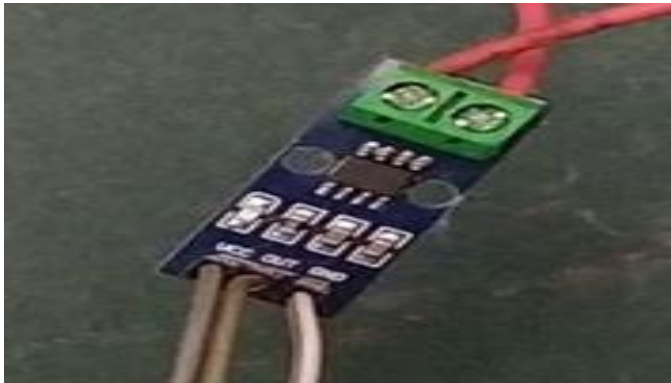
#### 4.1.6 Sensor De Amperaje

Mediante el efecto Hall y la fuerza de Lorentz generan una diferencia de potencial que es perpendicular tanto al flujo de corriente como al campo magnético aplicado que es débil pero se puede medir. Este conjunto de principios es utilizado por el sensor de corriente modelo ACS712T para su funcionamiento. Sus características son: voltaje de 5V, corriente de 5 A, respuesta en 5 uS, error de 1.5%, resistencia de 1.2M $\Omega$ , acepta corriente continua y alternas con ancho de banda de 80kHz y sistema analógico de reducción de ruido.

En la Figura 32 se ilustra el sensor de corriente con sus tres conexiones que se van hacia el Arduino para monitorizar los datos necesarios para el sistema.

**Figura 32**

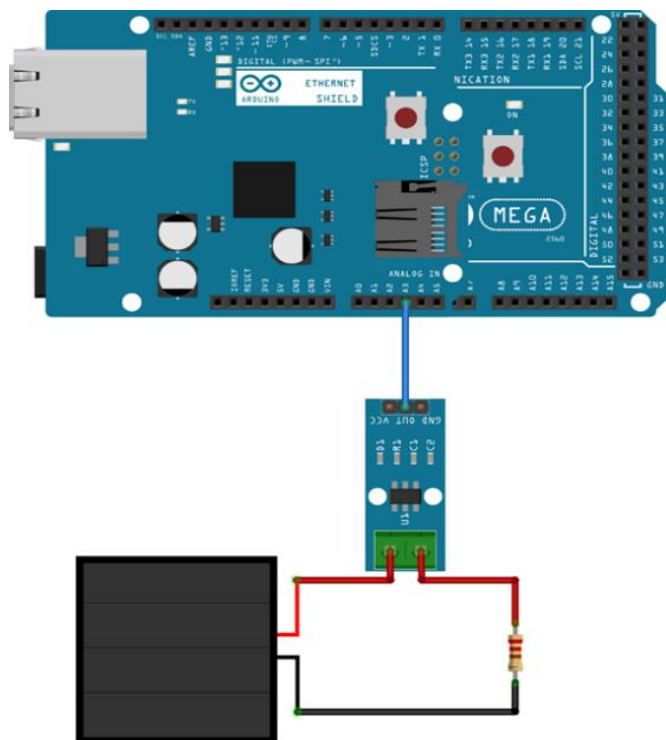
*Sensor de corriente ACS712*



Fuente Elaboración propia

**Figura 33**

*Diagrama de circuito pictórico del sensor ACS712*



Elaboración propia

En la Figuras 33 se presenta las conexiones relacionadas con el sensor de corriente, el cual realiza lecturas continuas de la corriente consumida

por la carga constante. Estos datos son posteriormente transmitidos al Arduino a través del módulo de conexión a internet, conectándose al pin A3 del Arduino para su procesamiento.

#### 4.1.7 Sensado De Temperatura Y Humedad

Se utilizó el modelo DHT22, cuyo rendimiento es óptimo en comparación con el precio. Este sensor cuenta con un termistor para la temperatura y un dispositivo capacitivo para la detección de humedad. Posteriormente, los datos recolectados son enviados en formato digital.

El dispositivo DHT22 es compatible con Arduino y las plataformas equivalentes como Raspberry Pi, lo que facilita su programación mediante software. Es importante mencionar que su máximo alcance es de veinte metros. Las especificaciones técnicas incluyen: alimentación 5 V, rango de medición en temperatura de 80 a – 40 grados, humedad en porcentaje de 0 a 100%, precisión de 0.5° en temperatura y 2% en humedad.

#### Figura 34

*Sensor DHT22 para medición de temperatura y humedad*



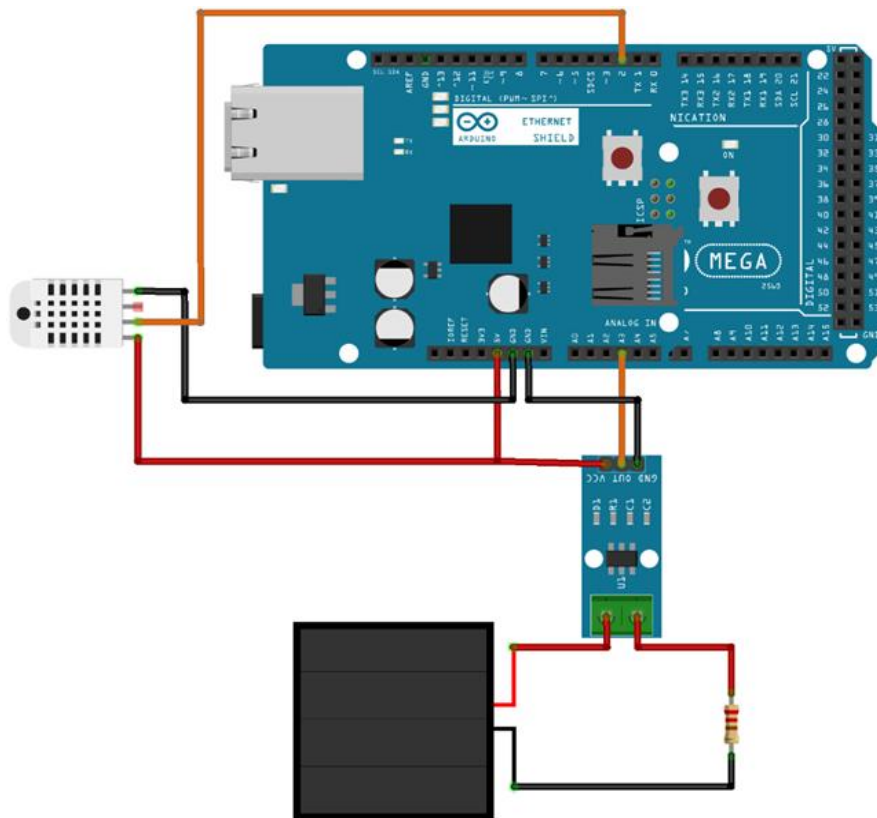
Elaboración propia

En la Figura 34 se ilustra la conectorización del DHT22, que cuenta con tres pines. Los extremos se utilizan para suministrar energía al sensor, proporcionando 5 voltios y conexión a tierra, mientras que el pin central se encarga de transmitir los datos obtenidos. Es importante destacar que el sensor se encuentra ubicado en el exterior de la caja para una lectura eficiente de las medidas de humedad y temperatura.

En la Figura 35 se muestran las conexiones del DHT22 con los dispositivos Ether Shield y el Arduino. Como se indicó anteriormente se notan los tres pines para su correcto funcionamiento incluyendo la humedad y la temperatura capturadas por el sensor, mediante una señal digital.

**Figura 35**

*Conexiones del sensor DTH22*





Elaboración propia

#### 4.1.8 Medida De Iluminancia

La cantidad de luz que se mide en una determinada ubicación se emplea un sensor conocido como LDR, el cual es un dispositivo que internamente incluye una resistencia que varía según la intensidad de luz. El sensor funciona con un voltaje de 5 voltios y tiene la capacidad de transmitir la resistencia en formato tanto digital como analógico. Para los propósitos de esta investigación, se utilizó el sensor en modo analógico por razones prácticas. El módulo presenta una relación significativa entre la potencia generada por el panel, lo que contribuye positivamente al módulo implementado.

#### Figura 36

*Modulo LDR*



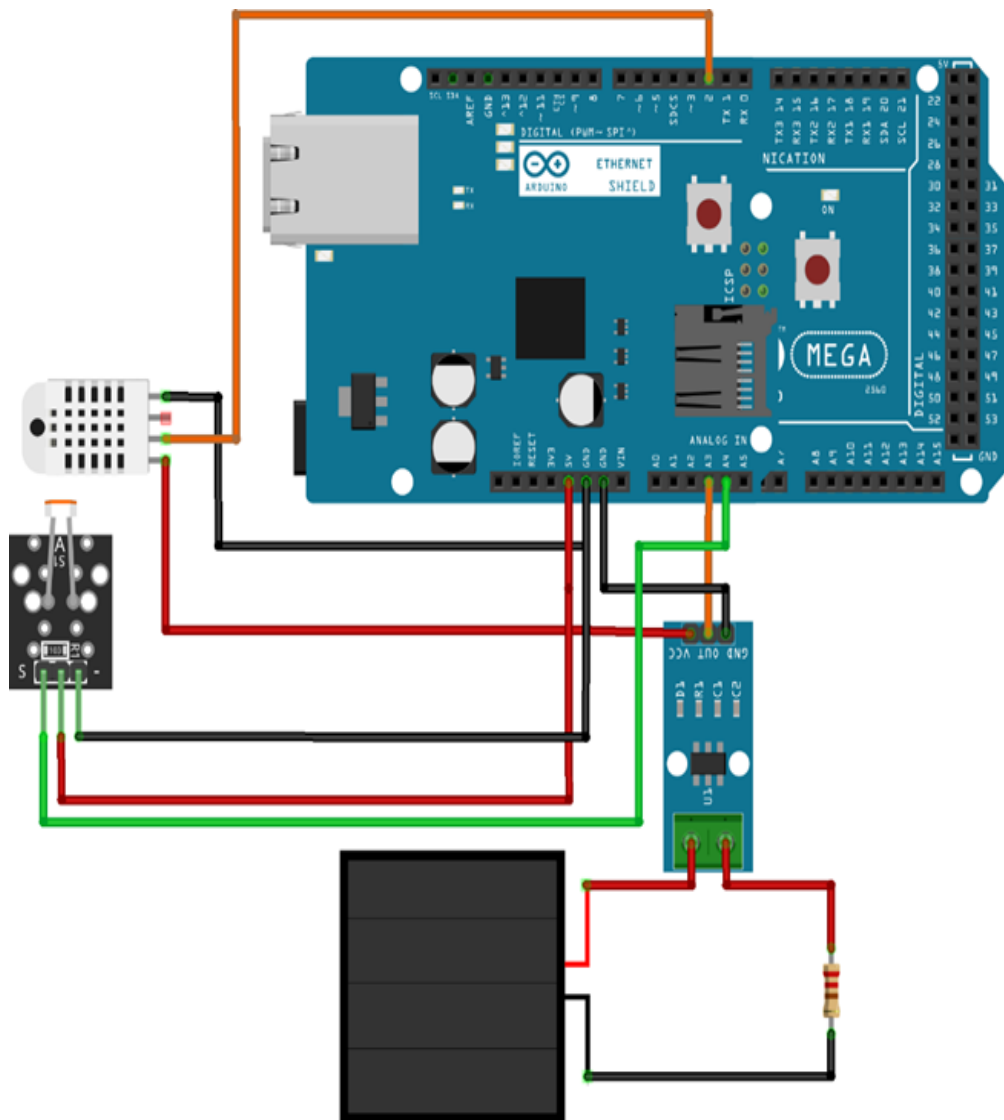
Elaboración propia

En la Figura 36 se presenta el LDR asegurado a una base flexible para mantenerse perpendicular al sol de forma constante, permitiendo una medición precisa de la iluminación. Las especificaciones son: alimentación de 5V, ambos tipos de salidas analógica y digital, tiene un LM393 como elemento comparador.

Las Figura 37 muestra los diagramas del sistema formado por el LDR el Ethernet Shield y el Arduino con su respectivo sistema de alimentación y el tercer pin que es encargado de la transmisión de datos. También funciona como una resistencia variable en función de la luz captada, y la información se envía a través del pin analógico respectivo.

**Figura 37**

*Circuito de conexión del LDR*



Elaboración propia

#### 4.1.9 Módulo De Radiación Uv

Se utilizó el módulo ML8511 que genera valores analógicos en función de la cantidad de radiación ultravioleta detectada en un área específica. Es especialmente adecuado para medir radiación UV en estaciones meteorológicas y otras aplicaciones similares. Las medidas realizadas se hicieron de los 280 nm a 390 nm, es decir las radiaciones tipo A y B. El terminal analógico proporciona una representación de la intensidad de la radiación UV en milivatios por centímetro cuadrado. La señal es alimentada al Arduino para su registro correspondiente.

#### Figura 38

*Elemento de medida de radiación UV - ML8511*



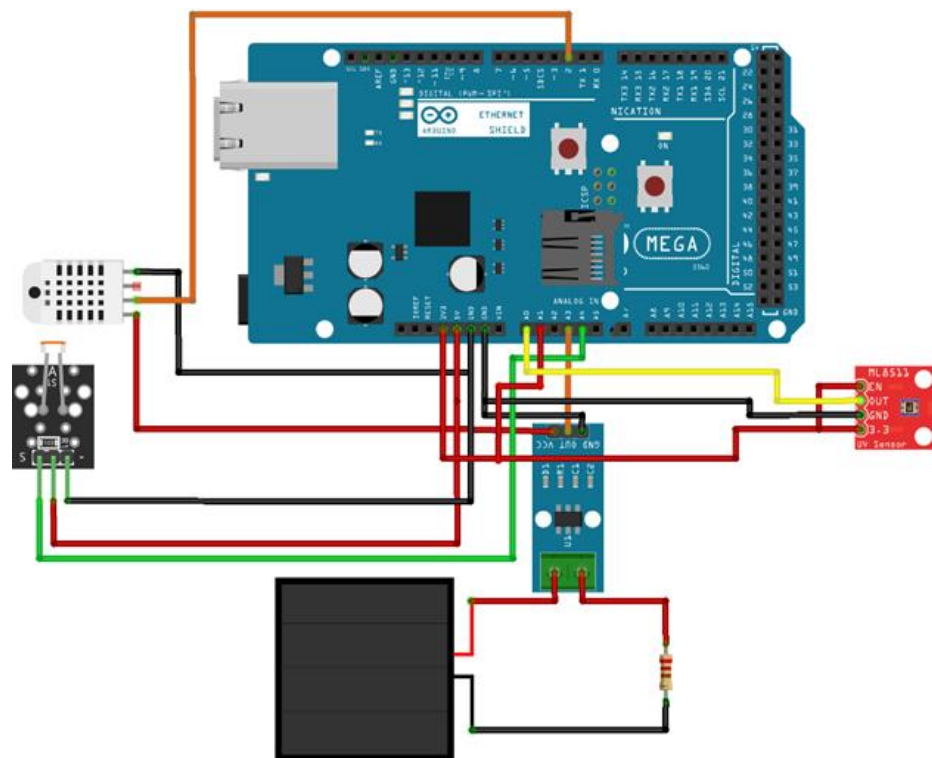
Fuente Elaboración propia

Conforme se ilustra en la Figura 38, el elemento de medida de radiación UV se encuentra montado en una superficie aislante para prevenir mediciones incorrectas. En la Figura 39 se detallan los diagramas de las conexiones de los sensores. El sensor ML8511, a diferencia de los sensores anteriores tiene cuatro

pinos: dos de alimentación 3.3V y GND. Según las especificaciones el pin "EN" se conecta tanto a 3.3V como a la entrada analógica 1 del Arduino (A1). El cuarto pin "OUT" se conecta al Arduino a través del terminal utilizando también el módulo Ethernet Shield.

### Figura 39

*Diagrama de circuito pictórico del sensor UV ML8511*



Elaboración propia

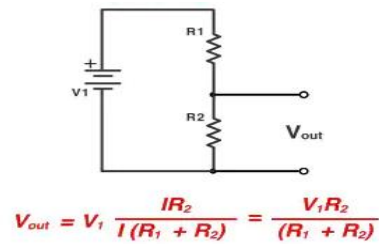
#### 4.1.10 Medida De Voltaje

Para este fin se implementó un divisor de resistencias según se ilustra en la Figura 40. En este diagrama, se consideraron los valores de resistencia, donde  $R_1$  equivale a 20K y  $R_2$  a 5K. SE determinaron estos valores de resistencias para que el valor máximo a ingresar al Arduino no supere los %V, teniendo en cuenta que el voltaje de salida del panel solar es de 24 voltios. Esta señal de salida se

digitaliza en el rango de 0 a 1024, con sus respectivas correspondencias, 0 para el menor valor y 1024 para el mayor valor, es decir 24V.

### Figura 40

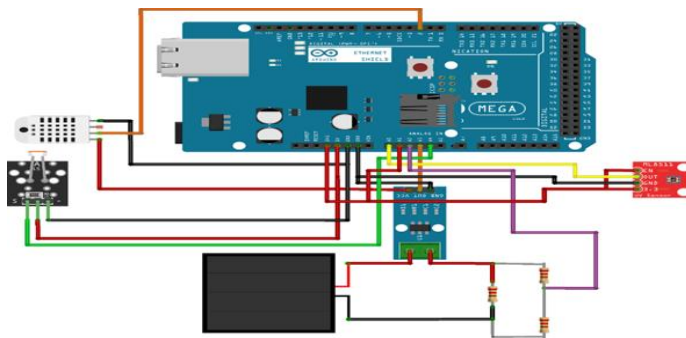
*Divisor de voltaje*



Elaboración propia.

### Figura 41

*Conexiones para el divisor de tensión*



Elaboración propia

En la Figura 41 se presentan las conexiones del módulo implementado hacia el Arduino y el Ethernet Shield. Como se indicó anteriormente se muestra el divisor de resistencias para medir el comportamiento del panel en condiciones de carga constante.

#### 4.1.11 Raspberry Pi

El sistema Raspberry Pi funciona como una computadora que incluye el sistema operativo, en el caso de la presente tesis es un sistema operativo Linux. Sus especificaciones incluyen alimentación en CC de 5V, soporte para el sistema Ethernet Wiznet W5100, velocidades de transmisión de datos de 10 Mbps o 100 Mbps en el protocolo Ethernet, con soporte para UDP y TCP en la capa de transporte del modelo de referencia OSI. Siendo compatible con todos los sistemas basados en Arduino.

En esta investigación, el Raspberry Pi desempeñó un papel crucial al controlar toda la parte de adquisición de los fenómenos a adquirir, todo a través de un algoritmo plasmado en un script. Así mismo funcionó como router pues fue el encargado de transmitir los datos utilizando internet hacia la base de datos que se encuentra en la nube de internet. La Figura 42 ilustra el dispositivo, que se conecta al internet a través de su interfaz WiFi y se comunica con Arduino a través de su puerto Ethernet.

**Figura 42**

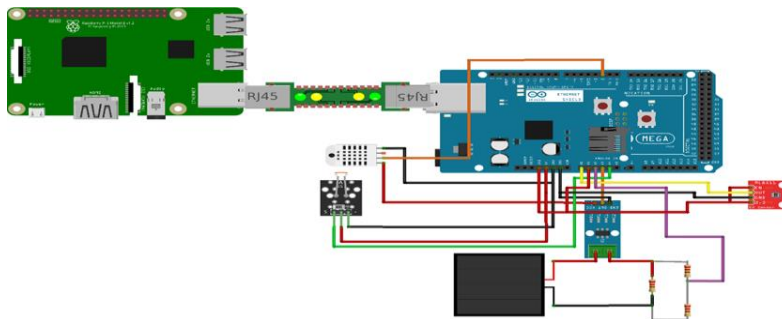
*Raspberry utilizado*



Elaboración propia

### Figura 43

*Conexiones del Raspberry Pi 3 con modulo Arduino Ethernet Shield y sensores implementados*



Elaboración propia

En la Figura 43 se presenta el diagrama completo del sistema implementado: sensores, Raspberry Pi, Arduino y Ethernet Shield. Además, la imagen muestra el papel del módulo Ethernet Shield en la conexión a Internet, estableciendo una conexión cableada hacia el Raspberry Pi, que actúa en forma de enrutador habilitando la conectividad a internet.

#### 4.1.12 Servicios De Internet

Para la conexión al servidor ubicado en la nube de internet se utilizó como sistema operativo una distribución Linux, específicamente Ubuntu Server versión 20.04. El sistema operativo está equipado con el servicio web Apache 2 y MariaDB como manejador de base de datos. Para la interconexión se utilizó el PHP como lenguaje de programación. El servicio HTTP se implementó a través de servidor web Apache y el manejo de la base de datos generada se logró a través del manejador de base de datos MariaDB. Todos los recursos de hardware y software implementados se integraron para lograr el sistema propuesto de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola utilizando internet de las cosas.



## V. CONCLUSIONES

- Se realizó el diseño e implementación de un sistema de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola utilizando Internet de las Cosas (IoT). La actividad acuícola en Conima y Puno enfrenta desafíos integrales, desde limitaciones estructurales hasta problemas ambientales y comerciales. La dependencia de semillas de calidad, la carencia de sistemas de tratamiento de residuos y la débil coordinación entre entidades gubernamentales son algunos de los obstáculos identificados. El diseño e implementación propuestos de un sistema de monitorización de paneles solares no solo se alinean con el objetivo de describir la actividad acuícola, sino que también ofrecen una solución integral, al intentar abordar la eficiencia energética y mejorar las condiciones operativas.
- Se logró diseñar el sistema de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola utilizando Internet de las cosas (IoT), utilizando para ello la arquitectura de 4 niveles: Nivel de adquisición de datos, conformada por sensores, actuadores y plataformas electrónicas, nivel de comunicaciones, con protocolos de comunicación de corto y largo alcance,, nivel de procesamiento, conformado por la plataforma IoT, almacenamiento y analítica y por último el nivel de aplicación , que estaba formado por el entorno de desarrollo integrado IDLE y la interfaz gráfica de usuario, en este caso la aplicación Web donde se muestran los resultado.
- Se realizó la implementación del sistema de monitorización de paneles solares en condiciones de actividad acuícola formado por los sensores correspondientes, Arduino, Ethernet Shield y Raspberry Pi, que recolectaron 12770 medidas en el ambiente acuícola del 06 de enero al 26 de enero del 2023 logrando determinar la





temperatura, humedad, UV, voltaje panel, amperaje penal y la iluminancia del panel solar.



## VI. RECOMENDACIONES

- Todo sistema de recolección de datos puede presentar problemas en la fase de censado, recolección, transmisión y almacenamiento de los datos. Para corregir este inconveniente se sugiere por ejemplo utilizar técnicas de Machine Learning para completarlos, si fuera el necesario, como la imputación de datos
- Para mejorar la recolección de datos se puede implementar otro módulo de recolección de datos en otra zona del lago en la provincia de Moho, que sirva como referencia y sistema de backup en caso de que el sistema completo falle.
- A partir de este módulo, se puede implementar con otro tipo de sensores, específicos para la actividad acuícola, pues el sistema soporta el almacenamiento de mayor cantidad de señales.



## VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abal, G. (2010). *Fundamentos de energía solar*. Montevideo: Uruguay: Universidad de la Republica.
- Aguilar Zavaleta, S. (2020). *Diseño de una solución basada en el internet de las cosas (IoT) empleando Lorawan para el monitoreo de cultivos agrícolas en Perú*. Lima, Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Alanoca, F. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de internet de las cosas para la gestión del alumbrado público en la ciudad universitaria de la Universidad Nacional del Altiplano Puno 2019*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano- Puno.
- Antón, M. (2007). *Modelos Empíricos para la Estimación de la Irradiancia Solar Ultravioleta*. España: Universidad de Extremadura.
- Apache Software Foundation. (2019). Apache Spark™ - Unified Analytics Engine for Big Data. Recuperado el 9 de junio de 2019, de <https://spark.apache.org/>
- Becerra López, H.; Agredano Díaz, J.; Huacuz Villamar, J. (2010). *Guía de usuario Sistemas Fotovoltaicos Interconectados con la Red, Aplicaciones de Pequeña Escala*. Mexico: Guia de Usuario primera edición.
- Bormann, C. (2019). *CoAP — Constrained Application Protocol | Overview*. Recuperado el 9 de junio de 2019, de <https://coap.technology/>.
- Calvo, N. (2020). *Comunicación industrial para monitorización de paneles solares*. España: Universidad del País Vasco.



- Antonio Millan (2019). *Estudio de Implementación del Protocolo CoAP*. España, Sevilla: Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Universidad de Sevilla.
- Cañizares, B. (2019). *Implementación de un Sistema de Control y Monitoreo para la Radiación Ultravioleta en la Universidad Técnica de Cotopaxi en el Periodo Marzo 2019 – Agosto 2019*. Latacunga, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi.
- Ccora, O. (2015). *Radiación ultravioleta B, vulnerabilidad y riesgos en el verano*. Lima: SENAMHI.
- Comision Federal de Electricidad. (2018). *Interconexión a la Red Eléctrica de Baja Tensión de Sistemas Fotovoltaicos con Capacidad hasta 30 kw*. <https://lapem.cfe.gob.mx/normas/pdfs/f/G0100-04.pdf>
- Elasticsearch B.V. (2019). *Open Source Search & Analytics • Elasticsearch | Elastic*. Recuperado el 9 de junio de 2019. <https://www.elastic.co/>
- FAO. 2022. *El estado mundial de la pesca y la acuicultura 2022. Hacia la transformación azul*. Roma, FAO. <https://doi.org/10.4060/cc0461es>
- Gaikwad, S. V., Vibhute, A. D., Kale, K. V., & Mehrotra, S. C. (2021). *An innovative IoT based system for precision farming*. Computers and Electronics in Agriculture, 187, 106291.
- Gorjian, S., Singh, R., Shukla, A., & Mazhar, A. R. (2020). *On-farm applications of solar PV systems*. In Photovoltaic solar energy conversion (pp. 147-190). Academic Press.



- Herrera, A. & Ojeda, R. (2019). *Diseño de un Prototipo para el Monitoreo de Radiación UV Ambiental en el Municipio de Popayán*. Cauca, Colombia: Fundación Universitaria de Popayan.
- Hongpin, L., Guanglin, L., Weifeng, P., Jie, S., & Qiuwei, B. (2015). *Real-time remote monitoring system for aquaculture water quality*. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 8(6), 136-143.
- IBM (2023). *What is the internet of things?* <https://www.ibm.com/topics/internet-of-things>.
- Internet Engineering Task Force. (2019). *The Internet of things. Recuperado el 2 de junio de 2019*. <https://www.ietf.org/topics/iot/>
- IRENA. 2020. *The renewable energy transition in Africa. Country studies for Côte d'Ivoire, Ghana, South Africa, Morocco and Rwanda*. Abu Dhabi, IRENA y Eschborn (Alemania), GIZ.
- International Telecommunication Union. (2012). *Overview of the Internet of things*. [https://www.itu.int/rec/dologin\\_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-E&type=items](https://www.itu.int/rec/dologin_pub.asp?lang=e&id=T-REC-Y.2060-201206-I!!PDF-E&type=items)
- Ismail, I. S., Abdul Latiff, N. A., Rokhani, F. Z., & Abdul Aziz, S. (2019). *A Review on Performances Evaluation of Low Power Wide Area Networks Technology*. (Vol. 547, pp. 343–349). Springer Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-6447-1\\_43](https://doi.org/10.1007/978-981-13-6447-1_43)
- Kurniawan, A. (2016). *Making Your IoT Project Smart*. En *Smart Internet of Things Projects* (1a ed., pp. 10–18). Packt Publishing Ltd.



- Lea, P. (2018). *Internet of Things for Architects*. Packt Publishing Ltd. (1a ed.). Birmingham: Packt Publishing Ltd.
- Matulić, D., Andabaka, Ž., Radman, S., Fruk, G., Leto, J., Rošin, J., ... & Karoglan, M. (2023). *Agrivoltaics and Aquavoltaics: Potential of Solar Energy Use in Agriculture and Freshwater Aquaculture in Croatia*. *Agriculture*, 13(7), 1447.
- Mekki, K., Bajic, E., Chaxel, F., & Meyer, F. (2019). *A comparative study of LPWAN technologies for large-scale IoT deployment*. *ICT express*, 5(1), 1-7.
- Mell, P., & Grance, T. (2011). *The NIST Definition of Cloud Computing Recommendations of the National Institute of Standards and Technology No. NIST Special Publication 800-145*. *Special Publication 800-145*. Recuperado de <https://nvlpubs.nist.gov/nistpubs/legacy/sp/nistspecialpublication800-145.pdf>
- Minerva, R., Biru, A., & Rotondi, D. (2015). *Towards a definition of the Internet of Things (IoT)*. *IEEE Internet of Things*, 1, 72–75. Recuperado de [https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE\\_IoT\\_Towards\\_Definition\\_Internet\\_of\\_Things\\_Revision1\\_27MAY15.pdf](https://iot.ieee.org/images/files/pdf/IEEE_IoT_Towards_Definition_Internet_of_Things_Revision1_27MAY15.pdf)
- Ministerio de la Producción(2024). *Acuicultura 2023. Red nacional de Actividad Acuícola RNIA*. <https://rnia.produce.gob.pe/estadistica-y-mercado/>
- Ministerio de la Producción (2019). *Plan Regional de Acuicultura*. <https://rnia.produce.gob.pe/wp-content/uploads/2019/07/Plan-Regional-de-Acuicultura-Puno.pdf>
- Ministerio de la Producción, Oficina General de Evaluación de Impacto y Estudios Económicos. (2020). *Anuario Estadístico Pesquero y Acuícola 2020*.



<https://ogeiee.produce.gob.pe/index.php/en/shortcode/oe-documentos-publicaciones/publicaciones-anales/item/1001-anuario-estadistico-pesquero-y-acuicola-2020>.

- Ocampo Salazar, O. E. (2020). *Monitoreo de la eficiencia de paneles fotovoltaicos bajo condiciones de lluvia y polvo*. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquía.
- Perdomo, D, Venegas, A. (2019). *Sistema de monitoreo de paneles solares por medio del paradigma del internet de las cosas*. Pontificia Universidad Javeriana de Colombia.
- Portillo, M. P., Pérez, V. H. C., & de la Riva Rodríguez, J. (2022). *Metodología de administración para el mantenimiento preventivo como base de la confiabilidad de las máquinas*. RIDE Revista Iberoamericana para la Investigación y el Desarrollo Educativo, 12(24).
- Quispe, R. (2019). *Diseño e implementación de un sistema de riego basado en internet de las cosas aplicando tecnologías LPWAN en la irrigación Majes-Siguas I - El Pedregal – Arequipa 2019*. Puno, Perú: Universidad Nacional del Altiplano.
- Rivera Herrera, D. I., & Yopez Aroca, E. A. (2015). *Diseño e implementación de un prototipo para la medición de calidad del agua y control de la oxigenación en forma remota orientado a la producción acuícola*. Ecuador: Universidad Politécnica de Saleciana.
- Sasmanto, A. A., & Dewi, T. (2020). *Eligibility Study on Floating Solar Panel Installation over Brackish Water in Sungsang, South Sumatra*. EMITTER International Journal of Engineering Technology, 8(1), 240-255.



- Silva Alarcón, D. E. (2022). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para la acuicultura usando la plataforma de Google Sites y Telegram*. Chile: Universidad Católica de Chile
- Tacca, E. (2017). *Diseño de una red FOG basado en internet de las cosas para monitorear la contaminación en la bahía del Lago Titicaca Puno 2017*. Universidad Nacional del Altiplano- Puno.
- Tosetti, S., Capraro, F., Soria, C., Aubone, E., & Mulet, J. (2018). *Sistema de medición de temperatura foliar sin contacto y geo-referenciado*. In X Congreso de AgroInformática (CAI)-JAIIO 47 (CABA, 2018).
- Vicente, R. (2020). *Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de desempeño de una micro-red basada en paneles solares y turbinas eólicas*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Vo, T. T. E., Je, S. M., Jung, S. H., Choi, J., Huh, J. H., & Ko, H. J. (2022). *Review of photovoltaic power and aquaculture in desert*. *Energies*, 15(9), 3288.
- Vo, T. T. E., Ko, H., Huh, J. H., & Park, N. (2021). *Overview of solar energy for aquaculture: The potential and future trends*. *Energies*, 14(21), 6923.
- Zea, C. & Salas, L. (2018). *Sistema y monitoreo de módulos de recolección y almacenamiento de variables meteorológicas en tiempo real del río Ollachea – Carabaya - Puno*. Universidad Nacional del Altiplano- Puno.
- Zikria, Y. B., Ali, R., Afzal, M. K., & Kim, S. W. (2021). *Next-generation internet of things (iot): Opportunities, challenges, and solutions*. *Sensors*, 21(4), 1174.





## ANEXOS

### ANEXO 1. Constancia

#### CONSTANCIA

El que suscribe el presidente de la Asociación de Productores Crianza de Trucas Brisas del Mallco con RUC: 20606647850, representado por el Sr. Lucio Toque Apaza identificado con DNI: 02045510 del distrito de Conima, Provincia de Moho, departamento de Puno; hace constar que:

Como asociación hemos brindado todas las facilidades para que el Sr. José Santos Panca Chipana realice su proyecto de tesis titulado: "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE PANELES SOLARES EN CONDICIONES DE ACTIVIDAD ACUÍCOLA UTILIZANDO INTERNET DE LAS COSAS" durante el año 2023.

Se expide la presente para los fines que estime conveniente.

Conima, 28 de Setiembre de 2023



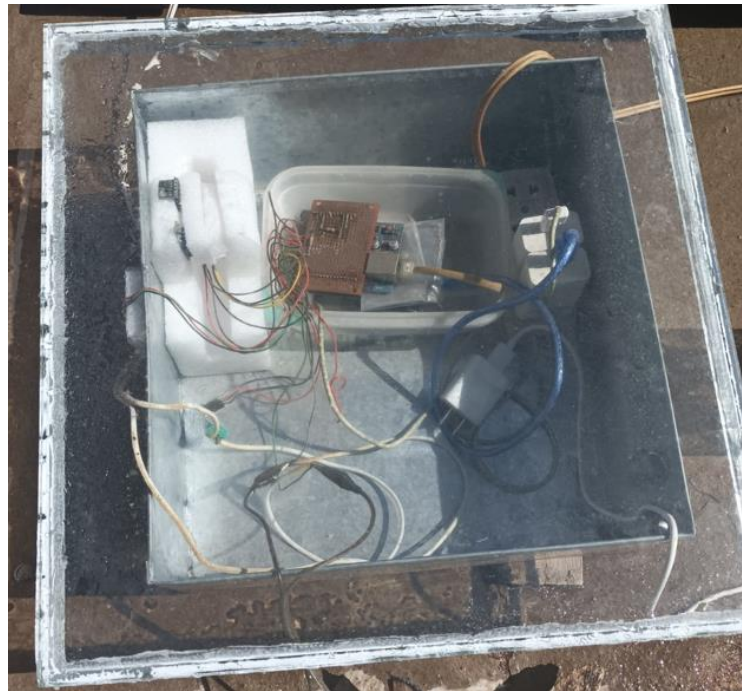
Lucio Toque Apaza  
DNI: 02045510  
Presidente



## ANEXO 2. Monitoreo de las variables en el sistema

COM14	
20:40:44.772	-> Rx T = 9.00 H = 79.00
20:40:44.772	-> P.A. = 64814 UV = -1.02
20:40:44.772	-> Vel. V = 0.00
20:40:44.772	-> RSSI -86
20:40:58.028	-> Rx T = 9.00 H = 79.00
20:40:58.028	-> P.A. = 64813 UV = -0.95
20:40:58.028	-> Vel. V = 0.00
20:40:58.028	-> RSSI -86
20:41:11.280	-> Rx T = 9.00 H = 79.00
20:41:11.362	-> P.A. = 64818 UV = -1.03
20:41:11.362	-> Vel. V = 0.00
20:41:11.362	-> RSSI -87
20:41:24.562	-> Rx T = 9.00 H = 79.00
20:41:24.562	-> P.A. = 64812 UV = -1.02
20:41:24.562	-> Vel. V = 0.00
20:41:24.562	-> RSSI -88
20:41:37.844	-> Rx T = 9.00 H = 79.00
20:41:37.844	-> P.A. = 64816 UV = -1.06
20:41:37.844	-> Vel. V = 0.00
20:41:37.844	-> RSSI -86
20:41:51.102	-> Rx T = 9.00 H = 79.00
20:41:51.102	-> P.A. = 64810 UV = -1.05
20:41:51.102	-> Vel. V = 0.00
20:41:51.102	-> RSSI -87
20:42:04.388	-> Rx T = 9.00 H = 79.00
20:42:04.388	-> P.A. = 64819 UV = -1.03
20:42:04.388	-> Vel. V = 0.00
20:42:04.388	-> RSSI -83
20:42:17.630	-> Rx T = 9.00 H = 80.00
20:42:17.665	-> P.A. = 64820 UV = -1.05
20:42:17.665	-> Vel. V = 0.00
20:42:17.665	-> RSSI -82
20:42:30.918	-> Rx T = 9.00 H = 80.00
20:42:30.918	-> P.A. = 64819 UV = -1.02

### ANEXO 3. Fotografías



Módulo implementado



Módulo instalado



#### ANEXO 4. Programa implementado para conectividad

```
#include <SPI.h>

#include <Ethernet.h>

#include <DHT.h>;

#define DHTPIN 2

#define DHTTYPE DHT22

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

int chk;

float hum;

float tem;

//byte mac[] = { 0xDE, 0xAD, 0xBE, 0xEF, 0xFE, 0xEE };

byte mac[] = { 0x54, 0xAB, 0x3A, 0x5B, 0xAD, 0x05 };

//byte mac[] = { 0x54, 0xAB, 0x3A, 0x5B, 0xAF, 0x15 };

//char server[] = "ecc-ingenieros.com";

//IPAddress server(23,82,16,187);

IPAddress server(108,62,123,70);

IPAddress ip(172,16,100,133);

byte gateway[] = { 172, 16, 100, 1 };

byte subnet[] = { 255, 255, 255, 0 };

//byte myDns[] = { 192, 168, 1, 252 };

//byte myDns[] = { 190, 113, 220, 18};

byte myDns[] = { 8, 8, 8, 8 };

EthernetClient client;

bool printWebData = true;
```



```
//float var1 = 0;

//float var2 = 0;

char sensor_id[] = "PUN-JG167-S1";

void setup() {

  Ethernet.begin(mac, ip, myDns, gateway, subnet);

  dht.begin();

  //Serial.begin(9600);

}

void loop() {

  delay(1000);

  if (client.connect(server, 80)) {

    // var1 = analogRead(0);

    // var2 = analogRead(1);

    hum = dht.readHumidity();

    tem = dht.readTemperature();

    client.print("GET /TEMHUM/formacion_temhum.php?hum=");

    client.print(hum);

    client.print("&tem=");

    client.print(tem);

    client.print("&sensor_id=");

    client.print(sensor_id);

    client.println(" HTTP/1.1");

    client.print("Host: ");

    client.println(server);

    client.println("Connection: close");

    client.println();
```



```
//Serial.print("GET /TEMHUM/formaction_temhum.php?hum=");  
  
// Serial.print(hum);  
  
//Serial.print("&tem=");  
  
// Serial.print(tem);  
  
// Serial.print("&sensor_id=");  
  
// Serial.print(sensor_id);  
  
// Serial.println(" HTTP/1.1");  
  
// Serial.print("Host: ");  
  
// Serial.println(server);  
  
// Serial.println("Connection: close");  
  
// Serial.println();  
  
} else {  
  
}  
  
while (client.connected()) {  
  int len = client.available();  
  if (len > 0) {  
    byte buffer[80];  
    if (len > 80) len = 80;  
    client.read(buffer, len);  
    if (printWebData) {  
      }  
    }  
  }  
}  
  
if (!client.connected()) {  
  client.stop();  
  delay(58358);  
}  
}
```



## ANEXO 5. Extracto de data obtenida \*

ID	Temperatura	Humedad	UV	Voltaje Panel	Amperaje Panel	Iluminancia	IP	LUGAR	Date Time
1	40.4	14	3.83	880.5	551.65	8.8	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:41
2	42.1	13.6	4.1	886.3	551.4	8.15	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:42
3	42.9	12.9	3.49	875.05	551.3	8.45	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:43
4	43.8	12.7	4.24	873.4	551.2	8.35	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:44
5	44.5	12.4	3.5	860.9	551.2	8.8	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:45
6	45.1	12	3.81	856.45	550.9	9.05	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:46
7	45.2	11.4	3.76	845.25	550.25	9.8	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:47
8	45.2	11.6	3.89	852.55	550.45	9.65	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:48
9	45.2	11.9	3.41	838.45	549.6	10.9	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:49
10	45.1	11.9	3.3	845.1	549.7	11.4	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:50
11	44.5	11.4	2.43	788.9	546.95	14.55	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:51
12	43.3	12.9	2.12	746.05	545.4	16.1	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:52
13	42	12.1	2.34	779.55	547	15.05	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:53
14	40.7	13.7	3.08	851.75	550	11.8	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:54
15	40	14.7	3.51	870.35	550.35	10.55	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:55
16	39.8	14.4	3.74	877.8	551.1	10.75	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:56
17	39.9	14.6	3.42	865.3	550.3	10.3	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:57
18	40.1	14	3.78	877.1	550.85	10	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:58
19	40.4	14	3.82	875.25	550.9	9.8	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 12:59
20	40.8	13.8	3.6	864.6	550.55	10.05	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:00
21	41.2	13.1	3.46	863.3	550.1	10.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:01
22	41.4	13.5	3.35	859.4	550.6	11.3	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:02
23	41.3	13.1	3.07	850.15	550.3	11.4	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:03
24	41.3	13.3	2.37	797.7	547.05	14.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:04
25	40.8	13.7	2.44	809.85	548.05	14.2	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:05
26	40	13.9	2.24	783.35	547	14.4	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:06
27	39.3	15	2.37	805.25	548.25	14.3	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:07
28	38.8	15.3	2.25	786.45	546.8	15.05	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:08
29	38.1	15	2.28	781.2	546.55	15.3	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:09
30	37.5	16	2.16	756.9	545.55	16.45	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:10
31	37	16.6	2.1	736.05	544.6	16.85	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:11
32	36.4	17.2	2.04	701.65	543.15	16.75	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:12
33	35.8	17.7	2.01	681.2	541.8	17.35	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:13
34	35.4	18.3	2.01	663.55	541.3	18.2	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:14
35	34.9	18.5	1.98	651.05	540.8	18	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:15
36	34.3	18.4	1.97	638.4	540.15	18.75	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:16
37	33.6	18.8	1.99	630.3	539.95	18.75	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:17
38	32.9	19.3	1.96	623.75	539.45	19.2	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:18
39	32.4	20.5	1.98	616.9	539.1	18.85	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:19
40	32.1	20.9	1.95	609.1	539.15	18.65	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:20
41	31.9	20.4	1.91	601.9	538.5	18.55	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:21
42	31.6	21.2	1.9	597.1	538.3	19.15	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:22
43	31.1	21.4	1.96	589.1	538.3	19.05	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:23
44	30.8	22.6	1.95	585.65	537.25	19.55	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:24
45	30.4	23.1	1.93	578.5	537.35	19.4	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:25



46	30	23.1	1.91	569.5	536.85	19.5	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:26
47	29.8	23.8	1.92	560.8	536.6	20.45	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:27
48	29.7	23.8	1.89	548.5	535.7	20.25	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:28
49	29.4	24.3	1.87	535.3	535.4	20.5	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:29
50	29.2	23.4	1.83	522.95	534.55	20.85	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:30
51	29	23.9	1.83	512.65	534.55	20.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:31
52	28.8	23.8	1.81	505.9	533.95	21.4	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:32
53	28.5	24.6	1.8	497.6	533.65	21.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:33
54	28.3	24.5	1.77	489.05	532.55	21.6	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:34
55	28	24.8	1.78	481.65	532.25	21.75	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:35
56	27.7	25.9	1.73	474.05	532.3	22	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:36
57	27.5	25.9	1.73	464.9	531.8	22.8	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:37
58	27.3	26.4	1.71	457.25	531.7	22.65	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:38
59	27.1	26.2	1.71	448.45	531.1	22.6	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:39
60	26.9	26.2	1.67	440.7	530.35	22.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:40
61	26.8	26.9	1.68	436.5	530.6	23.2	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:41
62	26.6	27.2	1.68	434.3	530.3	23.55	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:42
63	26.4	26.8	1.7	430.8	529.9	23.75	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:43
64	26.1	27.3	1.67	424.95	529.7	23.8	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:44
65	25.9	28	1.67	417.4	529.85	24	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:45
66	25.8	28.1	1.67	413.95	529.45	24.4	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:46
67	25.7	28.4	1.69	412.4	529.5	24.5	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:47
68	25.6	28.3	1.67	410.55	529.55	24.65	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:48
69	25.4	28.4	1.69	407.85	528.8	24.55	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:49
70	25.2	29.2	1.66	404.2	528.8	24.6	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:50
71	25.2	29.5	1.66	401.9	528.95	24.5	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:51
72	25.1	30	1.66	400.05	528.55	24.8	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:52
73	25	29.5	1.66	397.95	528.65	24.65	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:53
74	24.9	29.3	1.66	396.75	527.95	24.95	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:54
75	24.7	29.5	1.66	395.45	528.3	24.95	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:55
76	24.6	30.5	1.66	393.8	528.4	24.9	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:56
77	24.5	30.2	1.62	393.45	528.7	24.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:57
78	24.3	30.2	1.68	393.35	528.35	24.85	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:58
79	24.1	31.5	1.65	393.2	528.4	25.15	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 13:59
80	24	32	1.65	394.55	528.35	24.5	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:00
81	23.9	31.9	1.69	395.65	528.15	24.85	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:01
82	23.8	30.9	1.65	394.6	528.2	24.75	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:02
83	23.8	32.1	1.66	390	528.4	25	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:03
84	23.8	31.7	1.66	383.5	527.8	25	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:04
85	23.7	32.4	1.66	378.2	527.25	25.15	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:05
86	23.5	32.3	1.62	375.8	527.8	25.6	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:06
87	23.5	32.6	1.62	372.5	527.25	25.85	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:07
88	23.5	32.5	1.62	368.95	527.25	25.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:08
89	23.5	32	1.61	368.3	527.15	25.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:09
90	23.4	32.3	1.61	367.5	527.2	26.25	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:10
91	23.5	32	1.57	361.8	526.95	25.9	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:11
92	23.4	32.6	1.56	354.4	526.15	26.45	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:12
93	23.3	31.7	1.54	351.1	526.75	26.15	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:13





94	23.3	32	1.54	353.5	526.65	27.05	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:14
95	23.4	32.8	1.58	360.35	526.85	26.05	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:15
96	23.3	33.3	1.62	368.35	527	25.8	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:16
97	23.4	32.7	1.62	379.55	527.55	25.4	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:17
98	23.4	33.2	1.66	396.05	528.3	24.4	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:18
99	23.5	33.7	1.75	414.2	529.35	23.9	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:19
100	23.6	32.9	1.79	433.6	530.55	22.95	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:20
101	23.6	31.5	1.81	457.05	531.55	22	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:21
102	23.8	32	1.85	475.1	532.1	21.35	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:22
103	24	32.1	1.84	478.65	532.25	21.5	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:23
104	24.2	31.7	1.82	475.15	532.3	21.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:24
105	24.4	30.9	1.86	479.1	532.35	21.65	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:25
106	24.5	30.6	1.88	492	533.2	21.2	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:26
107	24.6	31.5	1.9	499.1	533.5	21.1	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:27
108	24.8	30.2	1.9	488	533	21.15	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:28
109	24.8	30.2	1.81	467.6	531.85	21.45	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:29
110	24.9	30.5	1.77	452.1	531.7	21.85	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:30
111	25.1	30.1	1.74	441.25	530.55	22.45	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:31
112	25.1	29.5	1.69	423.1	529.9	23.15	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:32
113	24.9	29.9	1.68	401.4	528.8	24.35	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:33
114	24.9	30.2	1.68	394.95	528.65	24.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:34
115	24.9	30.1	1.65	388.2	528.25	24.85	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:35
116	24.8	30.5	1.63	382.25	527.35	25.1	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:36
117	24.6	30.8	1.59	378.05	527.65	25.25	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:37
118	24.4	31.4	1.61	370.2	527.25	25.75	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:38
119	24.3	31.9	1.58	353.2	526.35	26.45	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:39
120	24.3	31.8	1.49	330.75	525.05	27.5	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:40
121	24	32.2	1.43	316.1	524.45	28.4	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:41
122	23.8	32.8	1.46	308.65	524.3	29.1	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:42
123	23.5	32.6	1.48	304.5	524.25	28.95	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:43
124	23.4	32.6	1.48	297.85	523.65	29.15	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:44
125	23.2	33.2	1.42	290.65	523.5	29.8	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:45
126	23.1	34	1.43	286	523.35	30.1	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:46
127	23.1	33.9	1.39	281.45	522.6	30.15	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:47
128	23	34.1	1.41	273.45	522.55	30.9	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:48
129	22.7	34.5	1.37	266.9	522	31.6	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:49
130	22.6	34.4	1.37	257.35	521.9	32.5	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:50
131	22.5	34.9	1.34	240.15	520.9	33.55	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:51
132	22.4	34.6	1.26	215.85	519.6	35.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:52
133	22.2	35.2	1.18	189.55	518.55	39.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:53
134	22	35.3	1.14	173.85	517.85	42.3	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:54
135	21.8	36.1	1.15	173.1	517.85	42.65	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:55
136	21.6	36.3	1.18	188.1	518.15	41	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:56
137	21.5	36.5	1.27	208.7	519.4	37.6	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:57
138	21.4	37	1.31	225.25	520.25	35.7	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:58
139	21.2	37.8	1.33	226.85	519.95	35.05	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 14:59
140	21.1	36.5	1.33	213.45	519.4	36.05	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 15:00
141	21	37.6	1.25	191.2	518.25	38.5	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 15:01



142	20.9	38	1.18	168.4	517.45	42.15	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 15:02
143	20.7	38.3	1.14	147.95	516.2	46.15	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 15:03
144	20.5	38.4	1.1	131.5	515.65	50	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 15:04
145	20.3	39.3	1.07	125.15	514.95	52.5	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 15:05
146	20.1	40.3	1.07	126	515.4	51.55	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 15:06
147	20	40.8	1.07	130.9	515.5	50.85	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 15:07
148	19.9	40.8	1.11	140.9	516.05	47.75	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 15:08
149	19.8	41.1	1.17	152.25	516.45	45.4	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 15:09
150	19.6	41.3	1.21	160.95	516.6	44.1	190.42.16.137	Puno	06/01/2023 15:10

\*El presente anexo sólo muestra el extracto de los 150 primeros datos obtenidos del total de 12770 observaciones durante todo el período de observación.



## ANEXO 6. 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 JOSE SANTOS PANCA CHIPANA  
identificado con DNI 41605155 en mi condición de egresado de:

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

informo que he elaborado el/la  Tesis o  Trabajo de Investigación denominada:  
" DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN  
DE PANELES SOLARES EN CONDICIONES DE ACTIVIDAD ACUÍCOLA  
UTILIZANDO INTERNET DE LAS COSAS "

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 24 de JULIO del 2024


  
José Santos Panca Chipana  
DNI: 41605155




Huella




## ANEXO 7. Autorización para el depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad Nacional  
del Altiplano Puno



VRI  
Vicerrectorado  
de Investigación



Repositorio  
Institucional

---

**AUTORIZACIÓN PARA EL DEPÓSITO DE TESIS O TRABAJO DE INVESTIGACIÓN EN EL REPOSITO** **AL**

Por el presente documento, Yo JOSE SANTOS PANCA CHIPANA identificado con DNI 44605155 en mi condición de egresado de:

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

INGENIERIA ELECTRÓNICA

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

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITORIZACIÓN DE PANELES SOLARES EN CONDICIONES DE ACTIVIDAD ACUÍCOLA UTILIZANDO INTERNET DE LAS COSAS"

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.

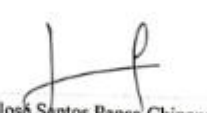
En consecuencia, la Universidad tendrá la posibilidad de divulgar y difundir los Contenidos, de manera total o parcial, sin limitación alguna y sin derecho a pago de contraprestación, remuneración ni regalía alguna a favor mío; en los medios, canales y plataformas que la Universidad y/o el Estado de 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 24 de JULIO del 2024



José Santos Panca Chipana  
DNI: 41605155



Huella