



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



**DISEÑO DE UN GERMINADOR AUTOMATIZADO DE BAJO
COSTO, BASADO EN IOT CON ESP32, ORIENTADO AL
CONTROL DE TEMPERATURA DURANTE LA GERMINACIÓN
DE CHENOPODIUM QUINOA**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. BHIL SADAM CALSINA LLAVILLA

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO ELECTRÓNICO

PUNO – PERÚ

2024



Bhil Sadam Calsina LLavilla

DISEÑO DE UN GERMINADOR AUTOMATIZADO DE BAJO COSTO, BASADO EN IOT CON ESP32, ORIENTADO AL CONTR...

 Universidad Nacional del Altiplano

Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:415965085

142 Páginas

Fecha de entrega

13 dic 2024, 5:57 p.m. GMT-5

28,091 Palabras

Fecha de descarga

13 dic 2024, 6:00 p.m. GMT-5

143,955 Caracteres

Nombre de archivo

DISEÑO DE UN GERMINADOR AUTOMATIZADO DE BAJO COSTO, BASADO EN IOT CON ESP32, ORIE....pdf

Tamaño de archivo

3,6 MB





5% Similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para ca...

Filtrado desde el informe

- ▶ Bibliografía
- ▶ Texto citado
- ▶ Texto mencionado
- ▶ Coincidencias menores (menos de 12 palabras)

Fuentes principales

- 5% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 2% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

Marcas de integridad

N.º de alerta de integridad para revisión

- Caracteres reemplazados**
35 caracteres sospechosos en N.º de páginas
Las letras son intercambiadas por caracteres similares de otro alfabeto.

Los algoritmos de nuestro sistema analizan un documento en profundidad para buscar inconsistencias que permitirían distinguirlo de una entrega normal. Si advertimos algo extraño, lo marcamos como una alerta para que pueda revisarlo.

Una marca de alerta no es necesariamente un indicador de problemas. Sin embargo, recomendamos que preste atención y la revise.

Marco Antonio Quispe Barria
Asesor de Tesis

MILDOR ECHEVALLENCA VILCA
SUB DIRECTOR DE INVESTIGACION
EPIE





DEDICATORIA

Dedico este proyecto a Dios, fuente inagotable de sabiduría, fortaleza, misericordia y guía en cada paso de este recorrido. A Dios, que, en medio de los desafíos y las incertidumbres, me sostuvo con su gracia infinita y me mostró el camino hacia la realización inspirándome con su amor expresada en el basto existir del universo infinito.

A mi amado padre, cuya memoria ha sido luz e inspiración constante que ha guiado cada paso de mi camino durante la realización de este proyecto. Agradezco profundamente su apoyo incondicional en vida, sus palabras que resuenan en mi interior y su amor desinteresado. Dedico esta tesis a su memoria, como un humilde y sincero homenaje a su ejemplo e inspiración. Que este trabajo sea un pequeño reflejo de sus enseñanzas, valores y esa pasión incansable que sigue viva en mí, recordándome que su espíritu me acompaña en cada meta y desafío que emprendo. Hoy, al mirar hacia el cielo, sonrío al saber que estaría orgulloso, celebrando conmigo este momento con la misma alegría que siempre iluminó su rostro.

Para cerrar este homenaje y dedicatoria, comparto un versículo que refleja mi agradecimiento profundo y alegría: ***“El Señor es mi fortaleza y mi escudo; en él confía mi corazón, y soy ayudado. Por eso mi corazón se llena de alegría, y con cánticos le daré gracias”*** (Salmo 28:7). Este proyecto es testimonio de la fe que tú, papá, y Dios sembraron en mí y que hoy florece en este resultado.

Bhil Sadam Calsina Lavilla



AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradezco a Dios la luz que guía mis pasos y que por su inmensa misericordia me concede la fortaleza y perseverancia necesarias para emprender y concluir este proyecto. Su presencia en mi vida ha sido un refugio en los momentos de incertidumbre y es la fuente de inspiración de donde bebo para seguir adelante.

A mi mamita adorada, cuya bondad y amor incondicional han sido el motor de mis días. Gracias por tus oraciones, tu apoyo invaluable y por enseñarme que los sueños se alcanzan con esfuerzo y dedicación. Tu vida es el ejemplo más grande de amor y superación que me inspira para seguir mejorando mi vida día a día, gracias infinitas mamita.

A mis hermanas y hermano, que siempre están presentes y me sostienen en cada etapa de este viaje. Su aliento y cariño han sido fundamentales para superar los obstáculos y alcanzar las metas trazadas y celebrarlos juntos.

A mis familiares, su alegría me llena de gratitud y esperanza. Cada sonrisa suya se convierte en un rayo de luz que ilumina mis días, su fe expresada en cada abrazo refleja la confianza y el aprecio mutuo.

A mi asesor mis jurados por su tiempo y valiosas observaciones, que me han ayudado a perfeccionar cada detalle de este proyecto. Su trabajo es un recordatorio y ejemplo del compromiso con la excelencia y la educación.

*A mis amigos, compañeros de alegrías y desafíos, que me acompañan.
Gracias por las risas, el apoyo y por ser esa familia que elegí.*

Bhil Sadam Calsina Lavilla



ÍNDICE GENERAL

	Pág.
DEDICATORIA	
AGRADECIMIENTOS	
ÍNDICE GENERAL	
ÍNDICE DE TABLAS	
ÍNDICE DE FIGURAS	
ÍNDICE DE ANEXOS	
ACRÓNIMOS	
RESUMEN	17
ABSTRACT.....	18
CAPÍTULO I	
INTRODUCCIÓN	
1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	21
1.1.1. Descripción del problema	21
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	22
1.2.1. Problema general	22
1.2.2. Problema específico.....	22
1.3. OBJETIVOS.....	22
1.3.1. Objetivo general.....	22
1.3.2. Objetivo específico	22
1.4. HIPÓTESIS	22
1.4.1. Hipótesis general.....	22
1.4.2. Hipótesis específica	23
1.5. JUSTIFICACIÓN	23



1.5.1. justificación social	23
1.5.2. Justificación teórica	23
1.5.3. Justificación práctica.....	25
1.5.4. Justificación metodológica	25

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO	27
2.1.1. Internacionales	28
2.2. MARCO TEÓRICO	30
2.2.1. Germinado	30
2.2.1.1. Quinoa germinada	31
2.2.1.2. Germinador automatizado.....	32
2.2.2. Sensor.....	34
2.2.2.1. Clasificación de Sensores.....	34
2.2.3. Actuador.....	36
2.2.4. Controlador	37
2.2.5. Comunicación digital	37
2.2.6. Sistema de control.....	37
2.2.7. Sistema de control a lazo cerrado	38
2.2.8. Control ON/OFF	38

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	40
3.1.1. Diseño de investigación	40
3.1.2. Tipo de Investigación.....	41



3.1.3. Nivel de Investigación	41
3.1.4. Población y muestra.....	42
3.1.4.1. Población.....	42
3.1.4.2. Muestra.....	42
3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO.....	44
3.2.1. Ubicación Política y geográfica	44
3.2.2. Ubicación geográfica	45
3.3. MATERIALES.....	46
3.3.1. Software	46
3.3.2. Hardware.....	46
3.3.2.1. Electrobombas.....	47
3.3.2.2. Relé	47
3.3.2.3. Pantalla LCD.....	49
3.3.2.4. Pantalla LCD 20x4.....	49
3.3.2.5. Modulo I2C	50
3.3.2.6. Teclado matricial 4x4.....	50
3.3.2.7. Sensor DHT11 y DHT22	51
3.3.2.8. ESP32 DevKit v1	52
3.3.2.9. Software Arduino IDE	53
3.3.2.10.Arduino IDE 2.3.2.....	54
3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	55
3.4.1. Técnica (Escala de medición)	55
3.4.1.1. Escala de razón o cociente	55
3.4.2. Instrumento (Hoja de codificación)	56



3.4.3. Técnica (observación).....	57
3.4.3.1. Guía de observación.....	57
3.4.4. Instrumento (guía de observación)	57
3.5. DISEÑO DEL GERMINADOR AUTÓNOMO DE BAJO COSTO.....	58
3.5.1. Revisión de modelo matemático.....	59
3.5.2. Planificación	62
3.5.3. Ajuste de lectura de sensor (calibración).....	65
3.5.4. Configuración de fecha y hora actual en Perú	66
3.5.5. Diseño del sistema autónomo	69
3.5.5.1. Diagrama de flujo del ciclo loop.....	69
3.5.5.2. Descripción del diagrama de flujo	69
3.5.5.3. Diagrama de flujo del proceso	71
3.5.5.4. Descripción del diagrama de flujo	71
3.5.6. Diseño de control On/Off	72
3.5.7. Software de diseño esquemático Proteus8.....	73
3.5.8. Diseño en EAGLE	75
3.5.8.1. Placa de Circuito Impreso (PCB) en EAGLE.....	77
3.5.9. Software de programación	78
3.5.9.1. Direccionamiento de entradas, salidas y comunicación.....	79
3.5.9.2. Librerías usadas.....	80
3.5.10. Plataforma Blynk.....	82
3.5.11. Funciones principales del código	84
3.5.11.1. Función para enviar datos a blynk	84
3.5.11.2. Función para conectarse a una red Wifi.....	85
3.5.11.3. Mensaje de inicialización.....	86



3.5.11.4. Menús principales del sistema	87
3.5.11.5. Datos del proceso en pantalla LCD.....	89
3.5.11.6. Descripción del programa	90
3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL	93
3.6.1. Germinación de quinua (Chenopodium quinoa).....	93
3.6.1.1. Recepción y pesado.....	94
3.6.1.2. Limpieza.....	94
3.6.1.3. Lavado.....	94
3.6.1.4. Desinfección.....	94
3.6.1.5. Hidratación.....	95
3.6.1.6. Acondicionamiento	95
3.6.1.7. Germinación.....	95
3.6.2. Configuración, Monitoreo y registro de datos	96
3.6.3. Análisis de los resultados.....	97
3.6.3.1. Validación estadística	97
CAPÍTULO IV	
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	
4.1. PARA EL OBJETIVO GENERAL.....	100
4.2. PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO	102
4.3. PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO	104
4.4. DISCUSIONES.....	106
V. CONCLUSIONES.....	110
VI. RECOMENDACIONES.....	111
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	112
ANEXOS.....	119



AREA: Control e instrumentación

TEMA: Control de temperatura

FECHA DE SUSTENTACION: 18 de diciembre de 2024



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Cronograma de actividades realizadas.....	63
Tabla 2 Definición de pines de entrada, salida y comunicación.....	79
Tabla 3 Resultados del análisis estadístico	99
Tabla 4 Cuadro de datos durante la germinación.....	103
Tabla 5 Fotos de resultado a 4 y 7 días	105



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Germinación de la Quinoa Blanca de Hualhuas.....	32
Figura 2 Germinador automatizado	33
Figura 3 Esquema de un sistema de control (lazo cerrado)	38
Figura 4 Mapa provincial de puno	45
Figura 5 Ubicación satelital del proyecto.	46
Figura 6 Diagrama de un relé SPDT (Single Pole Double Throw)	48
Figura 7 Conexión de modulo I2C con pantalla LCD y Arduino.....	50
Figura 8 Teclado matricial 4x4	51
Figura 9 Sensor DHT22 conexión a Arduino Uno	52
Figura 10 ESP32 y distribución de pines de ESP32.	53
Figura 11 Software Arduino IDE.....	54
Figura 12 Hoja de recolección de datos propuesto	56
Figura 13 Guía de observación propuesto.	58
Figura 14 Código para configurar la fecha y hora	67
Figura 15 Fecha y hora con zona horaria correcta.....	68
Figura 16 Diagrama de flujo principal.....	69
Figura 17 Diagrama de flujo del proceso.....	71
Figura 18 Diseño del esquemático en Proteus	74
Figura 19 Diseño del esquemático en Wokwi	75
Figura 20 Esquemático de ESP32 en EAGLE.....	76
Figura 21 Esquemático de alimentación para los periféricos y para ESP32.....	77
Figura 22 PCB Diseñado	78
Figura 23 Librerías usados.....	82



Figura 24	Plataforma de Internet de las Cosas (IoT) Blynk	83
Figura 25	Función subir datos a blynk.....	84
Figura 26	Función que permite conectarse a una red guardada.....	85
Figura 27	Primer mensaje en pantalla LCD	85
Figura 28	Código que muestra el mensaje de inicialización en la función Setup.....	86
Figura 29	Mensaje de inicialización	87
Figura 30	Menú principal del sistema.....	87
Figura 31	Menú germinar	88
Figura 32	Menú alimentos	88
Figura 33	Menú personalizar	89
Figura 34	Menú proceso	89
Figura 35	Pantalla de proceso	90
Figura 36	Diagrama de flujo para germinación de quinua.....	96
Figura 37	Pasos a seguir para un análisis estadístico.....	98
Figura 38	Germinador de bajo costo.....	101
Figura 39	Inicio de experimento	102
Figura 40	Gráfico comparativo de temperatura	103
Figura 41	Gráfico comparativo de temperatura a 28°C	104
Figura 42	Grafica comparativa de humedad.....	105



ÍNDICE DE ANEXOS

	Pág.
ANEXO 1 Tabla de datos.....	119
ANEXO 2 Tabla de control y observación.....	128
ANEXO 3 Tabla de control y observación en el cuarto día	129
ANEXO 4 Cuadro de control segundo experimento primer día	130
ANEXO 5 Cuadro de control segundo experimento cuarto día	131
ANEXO 6 Cuadro de control segundo experimento séptimo día	132
ANEXO 7 Costos de materiales y herramientas	133
ANEXO 8 Estadísticos descriptivos para 25°C.....	134
ANEXO 9 Estadísticos descriptivos para 28°C.....	135
ANEXO 10 Histograma 25°C	136
ANEXO 11 Prueba T.....	137
ANEXO 12 Pruebas no paramétricas 24°C.....	138
ANEXO 13 Pruebas no paramétricas 25°C.....	139
ANEXO 14 Graficas de Pruebas no paramétricas.....	140
ANEXO 15 Declaración jurada de autenticidad de tesis.....	141
ANEXO 16 Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional	142



ACRÓNIMOS

IoT:	Internet de las cosas
WiFi:	Wireless Fidelity
PCB:	Placa de Circuito Impreso
COM:	Común
NO:	Normalmente abierto
NC:	Normalmente cerrado
ICSP:	Programación serial en circuito
MOSI:	Entrada maestra/ salida esclava
MISO:	Salida maestra / entrada esclava
SCK:	Señal del reloj del bus
IDE:	Entorno de desarrollo integrado
RTC:	Reloj de tiempo real
SPI:	Interfaz de comunicación serie
I2C:	Circuito Integrado Interconectado



RESUMEN

En la actualidad la germinación de quinua se realiza de forma manual y/o tecnificado, con tecnologías complejas y de alto costo, esto implica mayor intervención humana y con conocimientos técnicos en el área, por lo que se abordó esta problemática durante el desarrollo de este trabajo en el año 2024, tomando como foco principal el control de parámetros que ayuden a la automatización del germinado de quinua. No obstante, se consideró a diferentes autores que afirman que el consumo de la quinua es vital para la población en general, y más en niños que se encuentran en la etapa de desarrollo y crecimiento, lo cual sugiere que es imprescindible aprovechar de manera más consistente este super alimento en su forma germinada, entonces el problema descrito resalta en la falta de automatización en el proceso de germinación de la quinua. En respuesta se diseñó un dispositivo automatizado capaz de germinar la quinua facilitando esta tarea, el objetivo del presente proyecto fue diseñar un germinador automatizado de bajo costo, con capacidad de controlar la temperatura dentro del área de germinación, lo que ayuda a disminuir el tiempo de germinación. Para lograr estos objetivos se empleó el método de tecnología aplicada por usar tecnologías actuales de código abierto para su realización. Los resultados que se obtuvieron fue el control eficiente de la temperatura a 25°C disminuyendo del tiempo de germinado de 12 a 7 días, registradas en fotos y cuadros comparativos. En conclusión, se logró diseñar un dispositivo automatizado lo que nos facilita el acceso a alimentos frescos y de mejor aporte nutricional, fue de mucha ayuda el empleo de tecnologías IoT para el monitoreo en tiempo real, el empleo de tecnologías de código abierto convierte al proyecto en replicable y escalable.

Palabras clave: Automatización, ESP32, Germinador, Quinua.



ABSTRACT

Currently, the germination of quinoa is carried out manually and/or through technical methods, with complex and high-cost technologies. This implies greater human intervention and requires technical knowledge in the field. For this reason, this problematic was addressed during the development of this work in the year 2024, focusing on the control of parameters that help automate quinoa germination. Nevertheless, different authors consider that quinoa consumption is vital for the general population, especially for children in their growth and development stages. This suggests that it is essential to make more consistent use of this superfood in its germinated form. Therefore, the described problem highlights the lack of automation in the quinoa germination process. In response, an automated device was designed, capable of germinating quinoa and facilitating this task. The objective of this project was to design a low-cost automated germinator with the ability to control the temperature within the germination area, which helps reduce germination time. To achieve these objectives, the applied technology method was used, employing current open-source technologies for its implementation. The results obtained were efficient temperature control at 25°C, reducing the germination time from 12 to 7 days. These results were recorded in photos and comparative tables. In conclusion, an automated device was successfully designed, facilitating access to fresh foods with better nutritional value. The use of IoT technologies was very helpful for real-time monitoring, and the use of open-source technologies makes the project replicable and scalable.

Keywords: Automation, ESP32, Germinator, Quinoa.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

Actualmente se tiene una gran preocupación por la seguridad alimentaria a nivel mundial, esto incluye también a nuestro país y particularmente al departamento Puno, ya que en nuestra región se ven cifras alarmantes de anemia y desnutrición en niños menores de 5 años, estas cifras se elevan hasta 62,6% y 11,4% respectivamente, a nivel nacional en zonas rurales se tienen para anemia 40,9% y desnutrición 20,3% (INEI, 2023). Como respuesta interesante a estas problemáticas globales se tiene el germinado de quinua, este pseudocereal fue ganando popularidad a nivel global por sus beneficios, se conocen muchos otros cereales y pseudocereales que también al someterse al proceso de germinado cambian su perfil nutricional, esto es valorado por la población como menciona (Ponce de León De Lama et al., 2020).

Los germinados, también llamados brotes, son alimentos que han ido conquistando a los consumidores por su agradable frescura y su interés nutricional y se usan acompañando a diversos platos, tanto a nivel doméstico como en un gran número de restaurantes de todo el mundo. (p. 63)

Bajo esta premisa, además la revaloración de la quinua como alimento y legado ancestral, nos es preciso investigar procesos de germinación utilizando tecnología en armonía de las tradiciones y cultura Puneña. La germinación de semillas de quinua es un proceso que requiere un control de variables ambientales, en nuestro caso la temperatura, para asegurar una germinación eficiente y uniforme, con la finalidad de mejorar el perfil nutricional de este pseudocereal.



En esta primera sección del trabajo se profundiza más en este grandioso mundo de la germinación, se revisan las propiedades nutricionales a diferentes autores, lo que nos da a conocer un perfil más amplio de este gran pseudocereal. No obstante, se definen la problemática, el objetivo, la hipótesis y se le dedica especial énfasis a la justificación.

En el segundo capítulo se enumeran los diferentes antecedentes referentes al proyecto, estos antecedentes fueron consultados y tomados en cuenta con antigüedad no mayor a 5 años lo que no permite tomar en cuenta trabajos nacionales disponibles en las redes de búsqueda más conocidas, en el marco teórico se profundiza en conceptos esenciales y tecnologías empleadas durante la ejecución del presente trabajo, estos conceptos y demás material teórico nos da una visión más focalizada sobre el proyecto que se planteó.

En el tercer capítulo se define los métodos de investigación y se muestra minuciosamente el proceso de diseño del germinador propuesto en anteriores capítulos, en este capítulo también se describe las herramientas de recolección de datos utilizado, garantizando un dispositivo funcional y al mismo tiempo intuitivo gracias a su interfaz que permite una interacción fluida hombre máquina.

En el cuarto capítulo se describen los resultados y discusiones, estos responden a las hipótesis y objetivos de manera que ayudaron llegar a conclusiones más certeras, estos resultados se muestran de forma que reflejan el funcionamiento en tiempo real del dispositivo que tuvo durante las pruebas y experimentos, se discute con los diferentes antecedentes tomados en cuenta en el capítulo dos del presente trabajo.

Finalmente se llegó a conclusiones interesantes y se brinda diferentes recomendaciones importantes para trabajos posteriores.



1.1. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1.1. Descripción del problema

El consumo de quinua (*chenopodium quinoa*) germinada ha demostrado tener múltiples beneficios para la aplicación en alimentos, tal como menciona (Pilco Quesada, 2020, p. 8) "Los resultados alientan la aplicación de quinua y kiwicha germinadas y horneadas como ingredientes potenciales para el desarrollo de productos innovadores y nutritivos". tales como un mayor aporte de nutrientes y una mejor digestibilidad como menciona (Casanave Zevallos & Ruiz Chocano, 2022, p. 4) "Los resultados indicaron que los granos germinados de quinua, kiwicha y cañihua aportarían un mayor valor nutricional en minerales, proteína y grasa". Sin embargo, el proceso de germinación manual de quinua puede ser tedioso y más para personas sin conocimiento en el tema. Factores como la temperatura, humedad y tiempo de germinación son críticos para obtener un germinado. Además, muchas personas no cuentan con el tiempo necesario para realizar el proceso de manera adecuada, lo que puede afectar la calidad del germinado y el poco consumo de este alimento en su forma germinado. Por ello, surge la necesidad de desarrollar un germinador autónomo que no solo controle las condiciones ambientales necesarias, sino que también permita el monitoreo remoto a través de una plataforma IoT, facilitando su uso para personas sin experiencia en la germinación de alimentos y garantizando la germinación de la quinua.



1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. Problema general

¿Será posible diseñar un germinador autónomo de bajo costo, para germinar semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) en la Universidad Nacional del Altiplano Puno?

1.2.2. Problema específico

- ¿Será posible controlar la temperatura en el área de germinación del dispositivo?
- ¿Será posible Disminuir el tiempo de germinación de la semilla de quinua (*Chenopodium quinoa*)?

1.3. OBJETIVOS

1.3.1. Objetivo general

Diseñar un germinador autónomo de bajo costo, para germinar semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) en la Universidad Nacional del Altiplano Puno.

1.3.2. Objetivo específico

- Controlar la temperatura en el área de germinación del dispositivo.
- Disminuir el tiempo de germinación de la semilla de quinua (*Chenopodium quinoa*).

1.4. HIPÓTESIS

1.4.1. Hipótesis general

El germinador será de bajo costo y autónomo, tendrá capacidad de germinar semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*).



1.4.2. Hipótesis específica

- Se controlará la temperatura no menos de 24° Celsius ni más de 25° Celsius en el área de germinación.
- Se disminuirá el tiempo de germinado de la semilla de quinua (*Chenopodium quinoa*) de 12 días a 7 días.

1.5. JUSTIFICACIÓN

1.5.1. justificación social

El diseño del proyecto por su sencillez en su manejo y funcionamiento, tiene un alto impacto social ya que facilita el uso por personas con poca experiencia en el uso de tecnologías de este tipo, como también la disponibilidad de la tecnología que facilita la germinación de la quinua que al consumirlo en su estado germinado ayuda con la lucha contra la anemia y muchas otras deficiencias alimenticias. El proyecto diseñado realiza un manejo eficiente On/Off de los relays que controlan a diferentes actuadores como la calefacción y el riego, El diseño del Germinador domestico automatizado beneficia en el germinado adecuado de la quinua (*chenopodium quinoa*).

1.5.2. Justificación teórica

El presente proyecto se fundamenta en conceptos clave de ingeniería electrónica y tecnologías de código abierto, lo que permite flexibilidad en el diseño y adaptación del sistema. Esta tecnología fomenta la colaboración y mejora constante a través de una comunidad global, permitiendo un acceso más económico y fácil a soluciones avanzadas, orientados específicamente en este proyecto a la germinación de la quinua (*Chenopodium quinoa*). La automatización en este proceso de germinado aporta mejoras significativas mediante el uso de



tecnología electrónica de código abierto, que permite gestionar de forma precisa las condiciones ambientales micro climáticas, como la temperatura y el riego, que son esenciales para la germinación. El diseño del sistema automático se apoya en teorías de control Automático, electrónica aplicada, sensores de instrumentación y programación en lenguaje C++, permitiendo optimizar el control de estas variables de manera eficiente para garantizar un entorno adecuado que promueva el crecimiento saludable de las semillas de quinua. la tecnología IoT (Internet de las Cosas) que se integra al proyecto, permite el monitoreo y control remoto de las condiciones del germinador a través de internet, facilitando la toma de decisiones en tiempo real y optimizando aún más el proceso de germinación de la quinua. Gracias a la IoT, el germinador puede enviar datos a plataformas en la nube, donde los usuarios pueden visualizar la información desde cualquier lugar mediante dispositivos móviles o computadoras. Esto permite que, si se detectan desviaciones en las condiciones ambientales, se puedan realizar ajustes de manera inmediata, sin necesidad de estar físicamente presentes. Además, se pueden establecer alertas y umbrales para que el sistema tome decisiones autónomas, como activar sistemas de riego o calefacción, garantizando así un ambiente controlado óptimo para el desarrollo de las semillas. Esta integración no solo facilita el seguimiento del proceso de germinación, sino que también reduce la intervención humana y optimiza recursos, contribuyendo a una agricultura más eficiente y sostenible. La posibilidad de generar históricos de datos también abre las puertas a análisis detallados que pueden mejorar futuros germinados y ajustar las condiciones específicas a las necesidades de cada fase de crecimiento de la quinua.



1.5.3. Justificación práctica

En este proyecto su justificación práctica se basa en la aplicación de principios de ingeniería electrónica en la implementación de un germinador autónomo. Este sistema facilita la gestión precisa de las condiciones ambientales necesarias para la germinación de las semillas de quinua, como la temperatura y la humedad. Al integrar sensores para monitorear estos parámetros y actuadores para controlar el riego, la calefacción, extracción y luz, el germinador automatizado puede mantener condiciones óptimas sin necesidad de supervisión humana constante. Esta automatización mejora la eficiencia del proceso de germinación, asegura un ambiente controlado y reduce la intervención humana, contribuyendo a una mayor tasa de germinación y supervisión telemétrica gracias a tecnología IoT.

1.5.4. Justificación metodológica

La metodología de este proyecto está dada en un enfoque de diseño de tecnología aplicada, que abarca la planificación, diseño, implementación de prototipo y evaluación de un sistema de germinación automatizado para semillas de quinua. El proceso metodológico incluye la instalación de sensores para medir variables críticas como la temperatura y la humedad en el área de germinación como también por fuera, así como la implementación de actuadores que controlan el riego, calefacción y extracción. Además, se recopilan y analizan datos en tiempo real para asegurar que las condiciones del entorno se mantengan dentro de



los rangos óptimos definidos para el germinado de la quinua. La metodología también involucra la programación de un sistema de control automático, que permite la supervisión y ajuste continuo de los parámetros del germinador, minimizando la intervención manual y optimizando la eficiencia del proceso de germinación.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. ANTECEDENTES DEL ESTUDIO

Numerosas investigaciones han examinado el impacto de la automatización y la tecnología IoT en áreas clave como la domótica, la Industria 4.0 y el sector agrícola. En estos campos, la integración del IoT ha sido reconocida como una herramienta fundamental para mejorar la eficiencia y precisión en el monitoreo y control de procesos críticos. En particular, el uso de IoT en la agricultura ha permitido optimizar el proceso de germinación de semillas, donde la automatización y la telemetría juegan un papel crucial para reducir la intervención humana y mejorar la toma de decisiones basada en datos en tiempo real. El monitoreo continuo de variables como la temperatura, la humedad, combinados con el control automatizado de las condiciones de germinación, han demostrado ser efectivos para garantizar un ambiente óptimo que favorezca el germinado de la quinua u otros alimentos. No obstante, en diversas investigaciones se relata los beneficios del consumo de quinua germinado, el cual puede darle un valor agregado a las diversas variedades de alimentos preparados con el fin de luchar contra alguna condición de salud como la anemia

En la siguiente sección se enumeran los diferentes antecedentes tomados en cuenta que no sobrepasan los 5 años de antigüedad, por esta misma condición solo se tomó en cuenta antecedentes internacionales.



2.1.1. Internacionales

Aspiazu Mendieta & loor Parrales (2023) busco desarrollar un prototipo usando tecnología de código abierto (placa de desarrollo Arduino) para automatizar el proceso de germinación de semillas para hortalizas que permita el monitoreo remoto. Para su desarrollo se han considerado diversos aportes teóricos sobre la germinación de semillas y las tecnologías relacionadas como hortalizas. En conclusión, este prototipo tiene el potencial de mejorar significativamente la eficiencia en la agricultura, reduciendo costos, tiempo, consumo de agua y la necesidad de mano de obra.

Flores Morales (2023) desarrolló un germinador de semillas que responde a los objetivos de desarrollo sostenible, es un avance significativo en la lucha contra el hambre y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles. Este prototipo se diseñó para el control de la temperatura y la humedad, el cual pudo mantener en un rango de 25-30°C, 85-90% respectivamente, representa una herramienta valiosa para optimizar el uso de recursos y reducir costos. Los resultados experimentales obtenidos con semillas de alfalfa y frijol demuestran la eficacia del sistema aumentando el crecimiento significativamente, destacando la importancia de la humedad en el crecimiento óptimo de los germinados, como también se rescata la importancia del papel filtro para mantener la humedad con resultados significativos.

Figuroa Villavicencio (2023) definió las especificaciones técnicas requeridas de humedad para el crecimiento de las semillas de lechuga, se diseñó y construyó la estructura para el prototipo incluyendo todo el mecanismo de control de humedad, el sistema de control cuenta con una interfaz hombre –



máquina (HMI) facilitando la visualización de los valores de humedad, como también se desarrolló un sistema de monitoreo remoto el cual ayudo a realizar un análisis más profundo. El sistema también facilita realizar pruebas de sensores y actuadores, así como el ingreso del umbral de humedad. Se realizo experimentos dentro y fuera del prototipo para evaluar los resultados de forma comparativa.

Polanco Arias (2023) para mejorar la germinación de semillas en el sector agrícola en Ecuador, desarrolló un prototipo de germinador que utiliza el control por histéresis para regular la temperatura, se diseñó el germinador tomando en cuenta factores de temperatura para llegar a un valor referencial de 19.5, este valor ayudo a mantener límites entre los 18.02 y 20.97°C. se integró una interfaz hombre-máquina (HMI) que facilita la interacción del usuario para definir parámetros y visualizar el proceso, junto con una aplicación móvil que permite supervisar el estado del proceso en tiempo real a través de internet, lo que ayudo a llegar a la conclusión a partir de comparaciones.

Chicaiza Calero (2024) comenzó con un análisis de las técnicas actuales de germinación orientadas a plantas ornamentales, el diseño incluye los sistemas de ventilación, riego, control de temperatura y HMI, como parte de los objetivos se tomó mucha importancia a la temperatura y humedad para acelerar la germinación. Se implementó la lógica difusa para gestionar todas las variables mencionadas del proceso, las pruebas fueron de forma comparativas con métodos tradicionales de germinación, concluyendo de se disminuye de 30 a 20 días la germinación.

Diaz et al. (2024) Afirma que en el sector agrícola ha sido uno de los principales beneficiarios de la expansión del Internet de las Cosas (IoT), ya que



facilita la recolección y gestión de grandes volúmenes de datos sobre el entorno de los cultivos. En este proyecto de investigación se cuenta con la prueba de un prototipo recolector de datos para el monitoreo de variables agrícolas, cuyas mediciones pueden ser almacenadas y consultadas a través de la nube. se emplearon sensores y sistemas de procesamiento económicos y de código abierto como el ESP32 que se viabilizan para el uso de los mismos en entornos agrícolas. Los resultados demuestran la importancia de implementar estos sistemas sin depender de tecnologías de costo elevado y herramientas computacionales avanzadas.

Fernández (2023) Encuentra que en la actualidad se requiere un mejor cuidado y más atención a los recursos naturales y Por ello, es crucial contar con un monitoreo en tiempo real de las condiciones de los cultivos, que es por lo cual se propuso un sistema de monitoreo que usa internet de las cosas (IoT), emplea tecnología de código abierto como el ESP32 por su sencillez y bajo consumo energético, esta propuesta es capaz de monitorizar la humedad del suelo y envía los datos mediante una comunicación WiFi para su posterior manejo, lo cual se concluye que ayudara a mejorar la gestión de los recursos hídricos, también ayudara a la economía familiar de los usuarios por la mejora en la producción.

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Germinado

Para entender el mecanismo de la germinación y su importancia al momento de consumir como un alimento, tendremos que revisar la naturaleza de las semillas, de manera superficial sin embargo es importante tomarlo en cuenta. En la historia humana hasta el día de hoy se presenta a las semillas como fuente



de alimentación ya sea de forma directa o de forma indirecta, la estructura de las semillas está compuesta por carbohidratos, grasas y a veces proteínas (Doria, 2010) que para el ser humano son una fuente de alimentación también, por otro lado las semillas de quinua tienen un alto contenido de nutrientes, hoy en día se valora y se usa para elaborar alimentos de todo tipo con el objetivo de proporcionar una alimentación más sana y nutritiva, la quinua muy trabajada en zonas altoandinas se usa para alimento de bebés y muchos otros alimentos con el fin de ofrecer un alimento más nutritivo (Gómez et al., 2022).

La germinación es un proceso fundamental para el inicio de una nueva plántula, este proceso suele ser un poco complejo biológicamente hablando ya que a simple vista no se observa muchos cambios hasta que ya son muy evidentes los cambios, todo este proceso con el fin de una nueva plántula y sustentar el ciclo de la vida, no obstante se tienen diferentes problemas como los cambios climáticos, plagas, poco manejo de riego y muchos otros aspectos de vital importancia en este proceso, la germinación tiene varias etapas como la absorción de agua por la semilla (imbibición) y llega a su fin con la (Diferenciación de células y tejidos) la cual ya se puede visualizar como Crecimiento y diferenciación de tejidos (Doria, 2010).

2.2.1.1. Quinua germinada

No es un misterio que la Quinua es un super alimento, contiene grandes beneficios para la salud y además su producción y venta del mismo ayuda a miles de familias que cultivan este producto, al germinar la quinua se le da un valor agregado con el cual se pueden realizar muchos derivados como galletas, bebidas, e infinidad de productos comercializables a nivel

nacional e internacional, según (Casanave Zevallos & Ruiz Chocano, 2022) la cantidad de ceniza, proteína y grasa fueron de 2.52, 12.44 y 1.35g/100g, respectivamente y la germinada: 4.05, 18.19 y 4.81g/100g. se encontró también que la digestibilidad varia 81.43g/100g para quinua cocida y 79.93g/100g para quinua germinada, estos datos sugieren que la quinua germinada a diferencia de la quinua cocida tiene más ventajas sobre la quinua cocida con un pequeño margen entre la quinua germinada y cosida en la digestibilidad a favor de la quinua cosida.

Figura 1

Germinación de la Quinua Blanca de Hualhuas



Nota: Adaptado para ilustrar la germinación de la Quinua Blanca de Hualhuas. Tomado de *Quinua-Día 3*, en 2022. Por (Casanave Zevallos & Ruiz Chocano, 2022, p. 102), (p.102), Evaluación del aporte nutricional de los granos germinados y sin germinar de quinua, kiwicha y cañihua.

2.2.1.2. Germinador automatizado

Durante la germinación es importante el control de diferentes parámetros como la temperatura y la humedad, para garantizar el óptimo

germinado de los granos como la quinua se emplean sistemas embebidos de control y automatización los cuales son de diferentes tipos como la de código abierto que es usado por su bajo costo y tecnologías más avanzadas como Plcs las cuales llegan a tener costos elevados.

La germinación automatizada consiste en gestionar de manera autónoma las condiciones ambientales de temperatura y humedad, con el fin de optimizar el crecimiento y desarrollo de las semillas durante la fase de germinación. Esto se lleva a cabo a través de sistemas embebidos autónomos en invernaderos o cámaras de germinación, reducen la necesidad de intervención humana además esta automatización contribuye a mejorar la eficiencia del control climático dentro de la cámara de germinación (Chicaiza Calero, 2024).

Figura 2

Germinador automatizado



Nota: Adaptado de *Imagen generada de un germinador automatizado* para ilustrar un germinador automatizado, por (Meta AI, 2024),

https://www.meta.ai/?utm_source=ai_meta_site&utm_medium=web&utm_content=AI_nav&utm_campaign=April_moment).



2.2.2. Sensor

Un sensor es un componente esencial en los sistemas de control electrónicos, cuyo propósito es detectar y medir cambios físicos o químicos en el entorno donde se quiere controlar o monitorear. Estos dispositivos transforman las variaciones físicas de variables en señales eléctricas, que son interpretadas por un sistema de control electrónico, lo que les permite actuar en consecuencia. A diferencia de los transductores que convierten el dominio de la variable física medida, los sensores usando un transductor entregan una señal eléctrica al que se le puede manejar con sistemas electrónicos, pueden captar una amplia gama de parámetros, como temperatura, humedad, presión, luz, movimiento, entre otros.

Los sensores son clave para la automatización en la industria, domótica, y en aplicaciones tecnológicas avanzadas como la robótica y la IoT. La información obtenida por los sensores es utilizada para tomar decisiones automatizadas en tiempo real, lo que mejora la eficiencia y precisión en diversos procesos. Estos dispositivos pueden operar en una gran variedad de condiciones y entornos, desde el control climático en invernaderos, germinadores, etc. hasta la monitorización de señales vitales en sistemas médicos, ofreciendo así una versatilidad enorme en su aplicación (Corona Ramírez et al., 2014).

2.2.2.1. Clasificación de Sensores

Existen muchas variedades de sensores y revisar todos los sensores y sus clasificaciones puede ser difícil. Sin embargo, tomamos en cuenta Según el tipo de señal que generan y Según su funcionamiento.



Sensores analógicos: Convierten valores físicos en señales eléctricas continuas, miden magnitudes físicas como temperatura, luz, etc. cuyo voltaje varía proporcionalmente a la magnitud medida, permite monitorear cambios graduales. Ejemplos comunes incluyen termistores y LDRs.

Sensores digitales: A diferencia de los sensores analógicos, los digitales generan una salida discreta, es un dispositivo que detecta una magnitud física y la convierte en una señal digital, generalmente representada en valores binarios. Ejemplos comunes incluyen sensores de movimiento PIR y botones pulsadores.

Sensores resistivos: existen varios de estos sensores como los potenciómetros que varían su resistencia según la posición de la perilla, otros sensores cambian la resistencia eléctrica como respuesta a un estímulo físico temperatura, presión, otros.

Sensores capacitivos: uno de los ejemplos más resaltantes sería los sensores de proximidad capacitivos estos sensores pueden detectar cambios en la capacitancia eléctrica, lo que permite detectar objetos y de más sin la necesidad de contacto físico.

Sensores ópticos: el principio de funcionamiento de estos equipos está en la detección de luz la que varía su valor en su salida, como ejemplo importante son los sensores de imagen empleados para inteligencia artificial.



Sensores ultrasónicos: este tipo de sensores utiliza sonido para detectar proximidad midiendo la cantidad de tiempo que se demora en regresar el sonido al sensor, para no interferir esta lectura con presencia de otros sonidos, utiliza sonidos de alta frecuencia por lo que no es perceptible.

2.2.3. Actuador

Los actuadores en nuestro contexto son un componente fundamental para los dispositivos, ya que permiten realizar movimientos físicos o una acción de acuerdo a su función. Convierten la energía, normalmente eléctrica en neumática, hidráulica, fuerza mecánica, energía térmica (calor), etc. En este caso en particular se define el actuador como dispositivos o periféricos, estas se encuentran comunicadas con el controlador ESP32, para el control de la temperatura se está usando un calefactor, que es capaz de recircular el aire dentro del germinador al mismo tiempo lo calienta gracias a una resistencia, a continuación, se muestra algunos tipos de actuadores:

- Actuadores Eléctricos:
 - Utilizan energía eléctrica para producir movimiento.
 - Ejemplo: Motores eléctricos, solenoides.
- Actuadores Hidráulicos:
 - Utilizan líquidos presurizados para generar fuerza y movimiento.
 - Ejemplo: Pistones hidráulicos, bombas hidráulicas.
- Actuadores Neumáticos:
 - Utilizan aire comprimido para realizar movimientos mecánicos.
 - Ejemplo: Cilindros neumáticos, válvulas de control neumáticas.
- Actuadores Térmicos:
 - Utilizan cambios de temperatura para generar movimiento.
 - Ejemplo: Válvulas termostáticas, calefactores.



2.2.4. Controlador

Se trata de un dispositivo o sistema que gestiona datos y da respuesta en consecuencia de su algoritmo de funcionamiento, regula y dirige el funcionamiento un sistema mediante periféricos o actuadores, asegurando que opere dentro de los parámetros configurados inicialmente por el usuario. Los controladores son esenciales en diversas aplicaciones domésticas, industriales, etc. Para el presente proyecto es necesario usar un sistema embebido, existen diferentes controladores según su uso en nuestro caso se usó un controlador de código abierto ESP32.

2.2.5. Comunicación digital

La comunicación digital implica el intercambio de información y conocimientos a través de diversas plataformas tecnológicas que han sido creadas gracias al avance de la investigación y el desarrollo en el ámbito tecnológico (Gutierrez Quispe & Choque Quispe, 2022). Estas herramientas digitales permiten una conexión más rápida y eficiente entre las personas, facilitando la transmisión de datos de manera instantánea y sin las barreras geográficas tradicionales. Además este tipo de comunicación ha transformado significativamente la forma en que interactuamos, colaboramos y accedemos al conocimiento, en el ámbito de la investigación nos ayuda a compartir diferentes datos y almacenar los mismos para luego procesarlos (Cañazaca Limachi, 2024).

2.2.6. Sistema de control

Es la unión de diferentes componentes que juntos logran realizar un determinado objetivo, como controlar la temperatura de un horno o la humedad

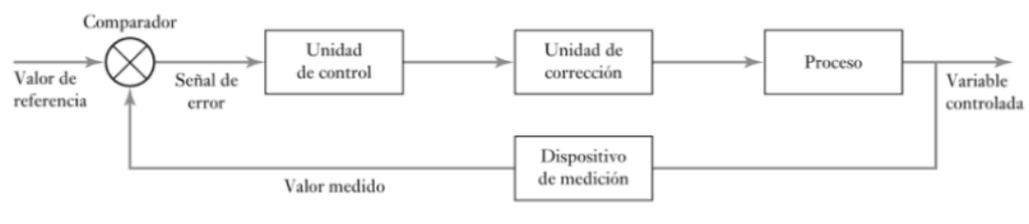
en un campo de cultivos, este conjunto de componentes no necesariamente son físicos en muchos casos son fenómenos abstractos y dinámicos por lo que se implica sistemas biológicos, económicos y similares (Massaccesi, 2014).

2.2.7. Sistema de control a lazo cerrado

Este es un sistema de control realimentado desde la salida hacia la entrada pasa un control mucho más exacto, esta señal debe compararse con la referencia obteniéndose una señal proporcional a la diferencia de la entrada y la salida para corregir el error. Este sistema a diferencia de un sistema a lazo abierto es mucho más exacto y más adaptable (Kuo, 1996).

Figura 3

Esquema de un sistema de control (lazo cerrado)



Nota: Adaptado de *Elementos de un sistema de control de lazo cerrado* (p. 12) para ilustrar el Esquema de un sistema de control (lazo cerrado), (Bolton, 2013), (*Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y ... - William Bolton - Google Libros*).

2.2.8. Control ON/OFF

Este sistema de control representa un sistema realmente básico, pero ampliamente aplicado en diferentes aplicaciones de control. Este método funciona con solo dos estados ON/OFF los que se pueden controlar de acuerdo a condiciones específicos del sistema. Debido a su confiabilidad y simplicidad en determinadas situaciones donde se requiere activar o desactivar un dispositivo



como en la domótica y la industria que no necesita un control intermedio diferente o gradual. Este tipo de control es eficaz en sistemas donde no es necesario un ajuste gradual o continuo, y se prefiere un enfoque directo y de fácil implementación. (Ogata, 2010).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Diseño de investigación

La presente investigación se clasifica como tecnológica según (Ñaupas Paitán et al., 2018, p. 136), ya que su objetivo es diseñar un germinador automatizado, utilizando herramientas tecnológicas como la placa de desarrollo ESP32, sensores y actuadores para el monitoreo y control de las condiciones idóneas para la germinación de la quinua.

Desde un enfoque cuantitativo, por tener la posibilidad de registrar y almacenar datos numéricos (Behar Rivero, 2008), este proyecto recopilará datos numéricos sobre las condiciones del entorno de germinación a través de sensores digitales, los cuales serán procesados para ajustar automáticamente el ambiente de germinación, para lograr este estudio se miden las temperaturas dentro y fuera del dispositivo. Este enfoque permitirá analizar el rendimiento del sistema en términos medibles temperaturas en grados centígrados (°C), evaluando cómo las variaciones en los parámetros influyen en el éxito del proceso de germinación. Además, los datos serán utilizados para comparar los resultados obtenidos con las condiciones óptimas de germinación (temperatura umbral o punto de ajuste), generando una base cuantitativa sólida para futuras mejoras en el prototipo.



3.1.2. Tipo de Investigación

De acuerdo con (Ñaupas Paitán et al., 2018), la investigación desarrollada en este proyecto es de tipo tecnológica, ya que busca ofrecer una solución práctica y efectiva al problema del proceso para un control eficiente, este enfoque no tiene como propósito el descubrimiento de nuevas leyes o teorías científicas, sino la utilización de principios ya conocidos, como la automatización y el control automático, así como la integración de tecnologías IoT, todas estas tecnologías conocidas se usaran para mejorar la eficiencia en la supervisión del proceso como el control del mismo de forma eficiente y mejorar la germinación de la quinua. El germinador diseñado pretende optimizar el control de las condiciones micro climáticas, reduciendo la intervención humana y asegurando una germinación de quinua más rápida y eficiente, lo cual responde a una necesidad puntual de quienes desean consumir quinua germinada por sus beneficios nutricionales. Por lo tanto, esta investigación se orienta a resolver un problema real de forma directa y tangible, aplicando conocimientos previos en una tecnología accesible y de código abierto.

3.1.3. Nivel de Investigación

Para este proyecto se considera el nivel explicativo. Este nivel de investigación está enfocado a contestar por las causas de los eventos y fenómenos físicos como la mejora del germinado de quinua. Explica el porqué de un fenómeno, en nuestro caso la mejora de la germinación de quinua y en qué condiciones controladas (variable independiente temperatura dentro del dispositivo), frente a condiciones naturales (germinación sin la aplicación de tecnologías de control, temperatura fuera del dispositivo), este nivel de



investigación es más estructurado que los demás, además implica los propósitos de los mismos, como también ofrece una comprensión del fenómeno (Hernández Sampieri et al., 2014).

3.1.4. Población y muestra

3.1.4.1. Población

La población del proyecto se considera conceptualmente **infinito** por tener un conjunto de mediciones relativamente grande ya que el dispositivo mide la temperatura (°C) en un lapso de tiempo muy corto con la finalidad de realizar un control mucho más preciso, luego en este proyecto el experimento se puede realizar una infinidad de veces y estos experimentos se someten a diferentes condiciones medioambientales, estos mismos no se repiten durante el año por las estaciones cambiantes, además el planeta sufre cambios considerables, lo que también supone una población conceptualmente infinita de acuerdo a (Sucasaire Pilco, 2022).

Para aclarar la noción de conceptualmente infinito se toma como ejemplo los estudios experimentales donde la población se compone del conjunto de resultados del experimento. Luego, se sabe que ciertos experimentos pueden efectuarse una infinidad de veces, con esto se llega a la noción de una población conceptualmente infinita. (p. 90)

3.1.4.2. Muestra

En el enfoque cuantitativo, la muestra se refiere a un subconjunto de la población objetivo, a partir del cual se obtendrán datos. Es crucial



que este grupo esté claramente definido y delimitado con exactitud. Además, que sea representativo de toda la población. El objetivo del investigador es que los hallazgos obtenidos en la muestra puedan ser aplicados o extendidos al conjunto de la población, asegurando la validez externa. Por tanto, la representatividad estadística de la muestra es fundamental para que los resultados sean generalizables (Hernández Sampieri et al., 2014).

A consecuencia de que la población se considera conceptualmente infinita, estadísticamente la muestra se calcularía considerando la fórmula de muestreo de poblaciones infinitas (Sucasaire Pilco, 2022), considerando el nivel de confianza del 95% y nivel de error de 5%. Considerando la siguiente fórmula:

$$n = \frac{Z^2 \cdot pq}{e^2} \quad (\text{Ecu. 1})$$

Donde:

n = Es el tamaño de la muestra.

Z = Nivel de confianza (1.96 para un nivel de confianza del 95%).

p = Es la proporción esperada (se considera 0.5, por considerar un 50%).

q = La proporción complementaria $1-p$ (como resultado 0.5)

e = Es el margen de error o precisión deseada (0.05 para un 5%).

Reemplazando:



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

$$n = \frac{3.8416 * (0.25)}{0.0025}$$

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

$$n = 384.16$$

n = 384 tamaño de muestra óptimo para el proyecto.

De acuerdo a este cálculo, se toma como muestra las medidas de temperatura a cada 15 minutos, de tal manera se pueda llegar a este número de medidas calculada, la unidad de medida que se propone para la temperatura es grados Celsius (°C), estos datos se comparan y analiza (temperatura experimental) más adelante entre si (temperatura dentro del dispositivo, temperatura fuera del dispositivo).

3.2. UBICACIÓN GEOGRÁFICA DEL ESTUDIO

3.2.1. Ubicación Política y geográfica

- Región: Puno
- Provincia: Puno
- Distrito: Puno

En la figura 10 se puede apreciar el mapa de ubicación donde se realizó el trabajo de investigación.

Figura 4

Mapa provincial de puno



Nota: Adaptado de *Distritos de la provincia de Puno*, por (FamilySearch, 2023) (https://www.familysearch.org/es/wiki/Puno,_Puno,_Per%C3%BA_Genealog%C3%ADa).

3.2.2. Ubicación geográfica

En cuanto a su ubicación geográfica está ubicada a una altitud de 3,817 msnm, con una coordenada de una longitud oeste de 70°0'56"W y una latitud sur de 15°49'29"S. En la figura 11 se puede apreciar la ubicación satelital donde se diseñó el proyecto en la Universidad Nacional del Altiplano Puno, Av. Floral N° 1153 – Puno.

Figura 5

Ubicación satelital del proyecto.



Nota: Adaptado de *Google Earth*, 2024.

3.3. MATERIALES

Se detalla en seguida los materiales que se emplearon para el diseño del germinador y cumplir con los objetivos del proyecto.

3.3.1. Software

- EAGLE
- Proteus 8 profesional
- Wokwi
- Arduino IDE

3.3.2. Hardware

- ESP32
- LCD 4 x 20
- Modulo LCD I2C
- Módulo de 4 Relés
- Teclado Matricial 4x4
- Modulo RTC DS1307
- Sensor DHT11
- Bomba de agua 12v



- Calefacción con ventilador
- Extractor
- Luces LED
- Carcasa de horno Microondas
- Jumper

3.3.2.1. Electrobombas

Se trata de un dispositivo que transforma energía eléctrica en energía mecánica, se usa para impulsar fluidos usados en gran parte de los procesos en el mundo, en cuestiones de autonomía para electrobombas de capacidad considerable depende de una fuente confiable de energía eléctrica como la red eléctrica o redes de energía solar (Cañazaca Limachi, 2024), como también existen electrobombas de menor capacidad que son usados en proyectos que no demanden de mucha capacidad, estas por su bajo consumo energético son ideales para proyectos portátiles.

3.3.2.2. Relé

Es un dispositivo electromecánico que se activa mediante una pequeña corriente eléctrica para abrir o cerrar sus contactos. Su más importante función es controlar otros dispositivos de mayor potencia con una pequeña señal que puede ser además transmitida mediante un opto acople, ofrece aislamiento eléctrico entre el circuito de control y el de potencia gracias a un opto acople la cual realiza la comunicación de control y potencia gracias a una señal óptica. Los relés son comunes en sistemas de automatización control de motores y protección de circuitos, siendo esenciales para gestionar y proteger equipos eléctricos y electrónicos en

diversas aplicaciones (Gurevich, 2005). Los relés tienen las siguientes terminales.

Bobina: Entradas 1 y 2, se trata de una bobina interna en el relevador, que activa y desactiva los contactos gracias al campo magnético que genera, se alimenta con un voltaje pequeño desde los 5v con una corriente pequeña.

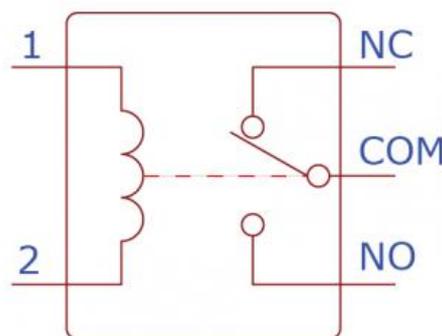
Común (COM): Este terminal actúa como el conector común de los terminales relevados el cual en el estado de reposo del relé se encuentra conectado al terminal NC del relé, cuando el relé se encuentra activo el terminal COM se conecta al terminal NO.

Normalmente abierto (NO): cuando el relé se encuentra en reposo o inactivo este terminal se encuentra desconectado del terminal COM, una vez activo el relé se conecta el terminal COM con este terminal.

Normalmente cerrado (NC): este terminal normalmente se encuentra conectado con el terminal COM, una vez que se activa el relé se desconecta.

Figura 6

Diagrama de un relé SPDT (Single Pole Double Throw)





Nota: adaptado de *Relevador SPDT* para ilustrar diagrama de relé, por (AbrahamG, 2019). (<https://www.automatizacionparatodos.com/relevador-con-arduino/>).

3.3.2.3. Pantalla LCD

Es un dispositivo de visualización que utiliza la tecnología de cristal líquido (LCD), con capacidad para representar caracteres alfabéticos y numéricos. Este tipo de pantallas está basado en la tecnología de matriz pasiva o activa, donde las moléculas de cristal líquido se alinean en respuesta a un campo eléctrico posibilitando la visualización. Las pantallas LCD integran retroiluminación LED lo que facilita su uso en condiciones de poca luz o ambientes con iluminación variable, ofrecen un contraste ajustable para mejorar la legibilidad. Están diseñados para una amplia gama de aplicaciones, desde proyectos con microcontroladores como Arduino, ESP32, sistemas embebidos y equipos industriales.

3.3.2.4. Pantalla LCD 20x4

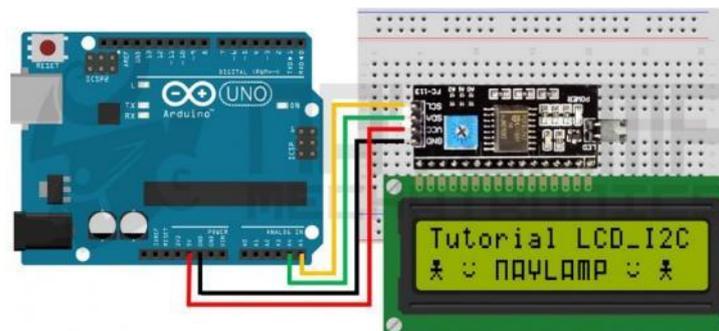
Esta pantalla LCD cuenta con la capacidad de mostrar 20 columnas y 4 filas, se tiene que declarar de esa manera en el código para mostrar mensajes, estas pantallas están basadas en el controlador estándar HD44780 o compatibles (Castaño Giraldo, 2019), lo que garantiza la compatibilidad con bibliotecas de software ampliamente utilizadas en diversas plataformas de desarrollo. Gracias a su bajo consumo energético, robustez y capacidad para mostrar una cantidad considerable de datos, son ideales para sistemas de monitoreo y sistemas IoT.

3.3.2.5. Módulo I2C

El módulo I2C para pantallas LCD es un adaptador que permite simplificar la conexión entre un microcontrolador, como una placa de desarrollo que normalmente usa al menos pines para comunicarse, y una pantalla LCD pueden ser pantallas de diferentes dimensiones como el LCD 16x2 y 20x4 (Lozano, 500).

Figura 7

Conexión de modulo I2C con pantalla LCD y Arduino



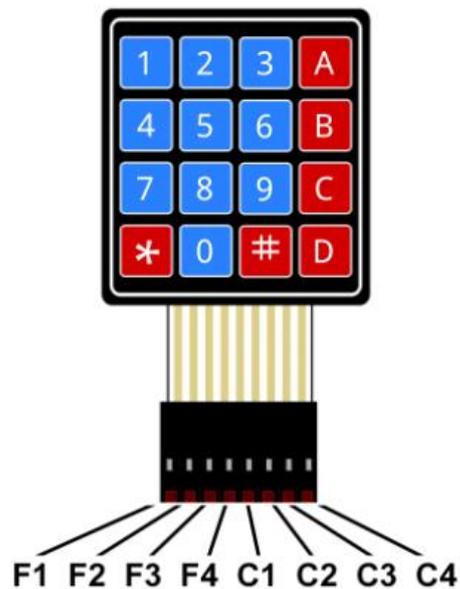
Nota: adaptado de *Tutorial LCD con I2C, controla un LCD con solo dos pines* para ilustrar conexiones de pantalla LCD con conexión I2C. Por (Naylamp, 2024), (https://naylampmechatronics.com/blog/35_tutorial-lcd-con-i2c-controla-un-lcd-con-solo-dos-pines.html).

3.3.2.6. Teclado matricial 4x4

Dispositivo de entrada compuesto por 16 botones organizados en una matriz de 4 filas y 4 columnas. Cada botón está situado en la intersección de una fila y una columna, lo que permite detectar la pulsación de una tecla al identificar la fila y la columna correspondientes. La disposición matricial permite ahorrar pines de conexión, ya que en lugar de usar un pin por cada botón solo se requieren 8 pines (Tesla_Electronic, 2019).

Figura 8

Teclado matricial 4x4



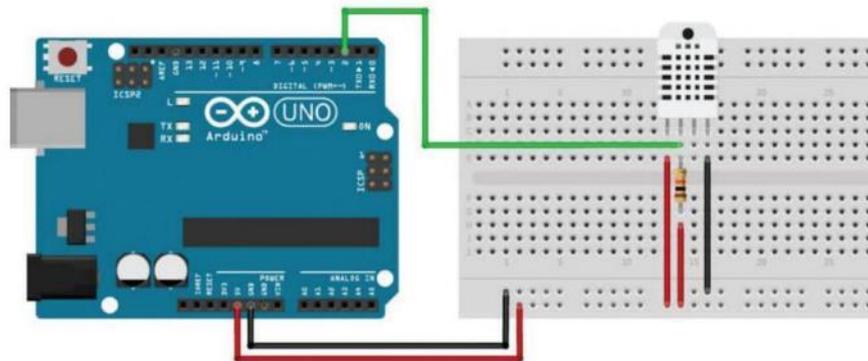
Nota: Adaptado de *¿Cómo funciona un teclado matricial?*, para ilustrar un teclado matricial y sus conexiones. Por (bit, 2020) (<https://eloctavobit.com/modulos-sensores/teclados-matriciales>).

3.3.2.7. Sensor DHT11 y DHT22

Este sensor DHT es ampliamente usado en la automatización a nivel prototipado por su bajo costo y bajo consumo energético. Este dispositivo comúnmente utilizado para medir la temperatura como la humedad del entorno. Integra un sensor de humedad capacitivo y un termistor para la medición de la temperatura. Entre los modelos más conocidos están el **DHT11** y el **DHT22**. La diferencia entre el DHT11 y el DHT22 es que el primero es mucho mas asequible, su precisión y rango de medición son menores en comparación con el segundo, que proporciona datos más exactos y puede medir en un rango más amplio (Adafruit, 2023).

Figura 9

Sensor DHT22 conexión a Arduino Uno



Nota: Adaptado de *ejemplo de conexión de un sensor DHT22* (p. 84), para ilustrar la conexión del sensor DHT22 a Arduino Uno. Por (Peña, 2024), ([ARDUINO. Manejo de sensores - Claudio Peña - Google Libros](#)).

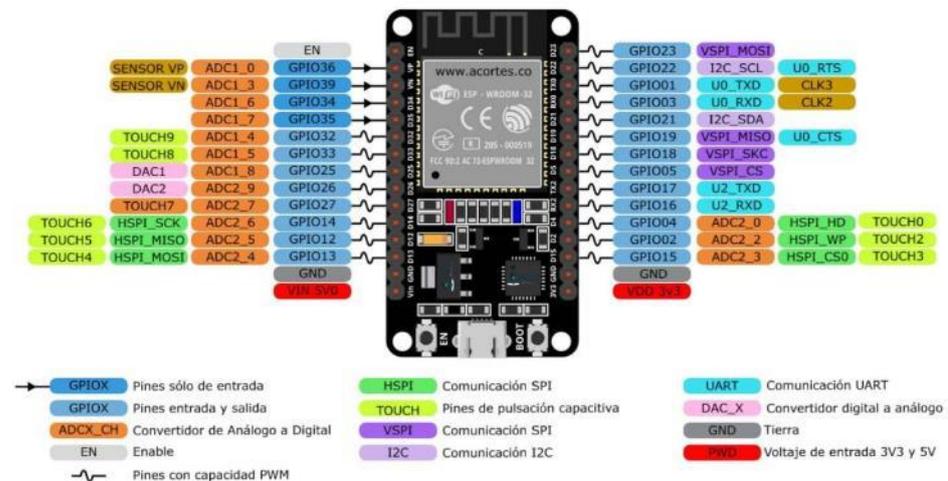
3.3.2.8. ESP32 DevKit v1

Se trata de una placa de desarrollo basada en el microcontrolador ESP32, que ofrece conexión Wi-Fi y Bluetooth lo que ayuda mucho en proyectos como el presente basado en IoT. Este dispositivo es conocido por su bajo costo y consumo de energía por lo que se convierte ideal en proyectos que no dependen de la red eléctrica. El ESP32 DevKit v1 cuenta con múltiples pines de entrada y salida (GPIO), ADCs, DACs, para su programación se pueden usar varios lenguajes como C/C++ Utilizado principalmente con el ESP-IDF (Espressif IoT Development Framework) y el IDE de Arduino. **MicroPython** se destaca por su simplicidad y facilidad de uso, permite a los desarrolladores interactuar con las funcionalidades del ESP32 sin la necesidad de usar lenguajes más complicados como C/C++. **JavaScript** A través de frameworks como Espruino, permite programar el ESP32, lo que es útil para desarrolladores web que desean trabajar con hardware. **Lua** Utilizado

con el firmware NodeMCU, es otro lenguaje de alto nivel que simplifica la programación del ESP32. Este dispositivo es valorado por la capacidad que tiene de programarse con el ID de Arduino facilitando la interacción directa y precisa con todos los pines de salida y entrada.

Figura 10

ESP32 y distribución de pines de ESP32.



Nota: Adaptada de *Distribución de pines ESP32 Devkit V1* para ilustrar la distribución de pines del ESP32 DevKit v1, por (Cortes, 2022), (<https://acortes.co/tutorial-esp32/>).

3.3.2.9. Software Arduino IDE

El IDE de Arduino (Integrated Development Environment) es una plataforma de código abierto. Es utilizado para programar placas Arduino y otras como el ESP32 y ESP8266 por mencionar algunos, proporciona una interfaz sencilla, accesible y versátil tanto para principiantes como para profesionales. El IDE permite escribir, compilar y cargar código utilizando el lenguaje de programación basada en C/C++. También cuenta con compatibilidad para una extensa gama de bibliotecas, lo que lo

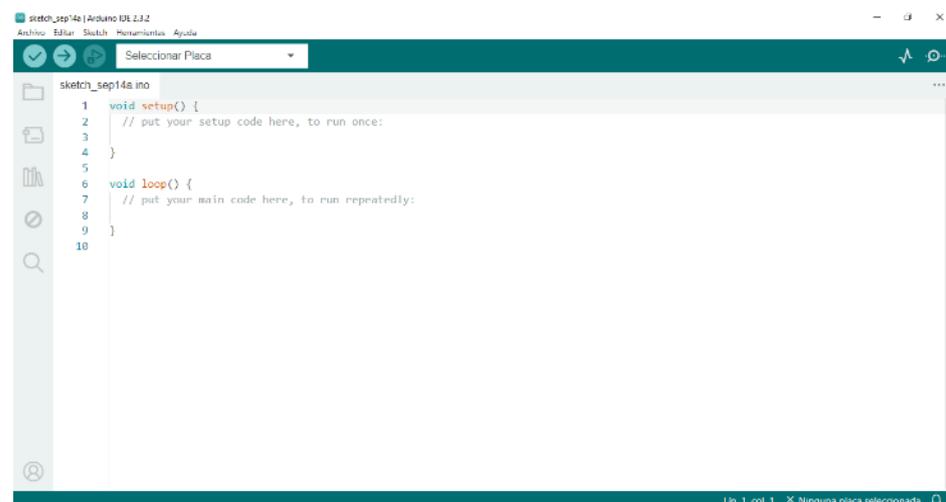
convierte en versátil y accesible, herramienta esencial para la creación de prototipos y desarrollo de sistemas embebidos.

3.3.2.10. Arduino IDE 2.3.2

Introduce una interfaz de usuario más moderna y rápida, mejorando la experiencia de programación, junto con funciones de autocompletado y navegación de código que permiten a los ingenieros escribir de manera más eficiente, reduciendo errores y acelerando el desarrollo del mismo. Una de las características más destacadas es el depurador, que facilita la identificación y corrección de errores en tiempo real facilitando la identificación de errores. Además, la compatibilidad mejorada con plataformas de terceros amplía las opciones de hardware, y el soporte multilingüe con 18 idiomas hace que el IDE sea versátil para una comunidad global de desarrolladores y profesionales, reduciendo el tiempo de desarrollo y mejorando la calidad final del proyecto (Arduino, 2024).

Figura 11

Software Arduino IDE



Nota: Ilustra el IDE de Arduino 2.3.2, elaboración propia a partir de ID de Arduino.



3.4. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

Para que la investigación tenga sentido es esencial la recolección de datos. Para la recolección de datos existen técnicas que conducen a la verificación del problema planteado. Cada investigación determinará según su tipo las técnicas a utilizar y cada técnica contempla sus herramientas, instrumentos o medios que el investigador tomara en cuenta y usara para llegar a una consistencia científica (Behar Rivero, 2008), según Martínez (2022) "La obtención de estos datos puede realizarse a través de diferentes técnicas e instrumentos como la observación, cuestionarios, entrevistas y escalas" (p. 38).

3.4.1. Técnica (Escala de medición)

recopilando diferentes puntos de vista que tomaron otros autores sobre este tema, según Ñaupas Paitán et al. (2018) "buscan orientar al investigación sobre las operaciones matemáticas o fórmulas estadísticas para el tratamiento de los datos y lograr así, la comprobación de las hipótesis planteadas" (p. 328).

3.4.1.1. Escala de razón o cociente

Se decidió usar esta técnica por ser el más adecuado para la recolección de datos numéricos, esta técnica se usa solo para evaluar el control de temperatura. Es una escala en la que el valor cero representa la falta total de la característica estudiada, y donde, además de que las diferencias entre los números tienen sentido (Véliz Capuñay, 2014).

Para el presente proyecto, se emplea esta técnica por ser la más adecuada para responder a nuestra hipótesis. A través del registro de datos, podremos visualizar y comparar los resultados en tablas y gráficos de

Excel. Esto nos permitirá llegar a conclusiones precisas y eficientes sobre el control de la temperatura dentro del germinador.

3.4.2. Instrumento (Hoja de codificación)

Como indica Ñaupas et al. (2018), “Todo instrumento de recolección de datos posee una estructura sistemática, secuencial, ordenada, en íntima relación con las variables e indicadores de la hipótesis” (p. 274). Para el presente proyecto el instrumento utilizado fue la medición de valores de temperatura, utilizando los sensores DHT22 y DHT11. Estos sensores se comunican con el microcontrolador ESP32 enviando datos digitales de temperatura y humedad, Estos datos son recolectados por el ESP32 y almacenados en formato txt. en su sistema de archivos SPIFFS (Serial Peripheral Interface Flash File System). Posteriormente organizados y evaluados en tablas y gráficas de Excel. Esta herramienta facilita el análisis comparativo de los datos a lo largo del tiempo, permitiendo realizar un seguimiento riguroso ya que se toman datos a cada 15 minutos, obteniendo conclusiones precisas sobre el control de temperatura dentro del germinador. A continuación, se presenta el cuadro de datos propuesto para este proyecto.

Figura 12

Hoja de recolección de datos propuesto

TABLA DE VALORES EXPERIMENTAL, CONTROL Y UMBRAL									
Nro.	Fecha	Hora	Temp/C	Temp/E	Temp/U	Hum/C	Hum/E	Hum/U	Nombre
1									
2									
3									
4									
5									
6									

Nota: Ilustración de ficha de recolección de datos, en la hoja final se mostrarán más datos como el nombre del proyecto. Elaboración propia.



3.4.3. Técnica (observación)

Para la observación y comparación del proceso reflejado en la germinación de la quinua se considera una técnica recomendable, como también mencionan Hernández Sampieri et al. (2014) “Este método de recolección de datos consiste en el registro sistemático, válido y confiable de comportamientos y situaciones observables” (p. 284). Entonces podemos decir que es una técnica que nos permite una observación más clara desde la realidad del proceso, en particular para el presente se decide usar el tipo de observación natural para llegar a una conclusión más intuitiva sin la necesidad de mediciones acorde a lo menciona (Useche et al., 2019).

3.4.3.1. Guía de observación

Para el presente proyecto se emplea esta técnica por ser la más adecuada para responder a nuestra segunda hipótesis, como mencionan (Useche et al., 2019) “La guía de observación es un instrumento que precisa los aspectos a observar de forma general” (p. 47). A través del formato propuesto a continuación para el registro de datos, podremos apreciar y comparar los resultados presentados en fotografías. Esto nos permitirá llegar a conclusiones precisas y eficientes sobre el proceso, reflejado en el progreso de germinación de la quinua registrado en cada día experimental.

3.4.4. Instrumento (guía de observación)

Para este proyecto, por ser un proyecto documentado es necesario registrar evidencia de lo que se observa naturalmente, se registran datos de temperatura,

humedad y se capturan imágenes del progreso de germinación, dentro y/o fuera del germinador, utilizando los sensores DHT22 y DHT11. Estos sensores envían datos digitales al ESP32 el que lo muestra en una pantalla LCD, mientras que un teléfono móvil captura las imágenes, registrándose según el cuadro propuesto a continuación. Así, se obtienen conclusiones precisas sobre el progreso de germinación de la quinua con respecto al desarrollo del germinado y la afirmación o negación de la segunda hipótesis.

Figura 13

Guía de observación propuesto.

GUIA DE OBSERVACION	
FECHA Y HORA:	
DIA DE EXPERIMENTO:	
TEMPERATURA EXPERIMENTAL:	
HUMEDAD EXPERIMENTAL:	
TEMPERATURA CONTROL:	
HUMEDAD CONTROL:	
TEMPERATURA UMBRAL:	
HUMEDAD UMBRAL:	
DESCRIPCIÓN:	
Foto 01:	Foto 02:

Nota: Ilustración de Guía de observación propuesto para nuestro caso en específico. Elaboración propia.

3.5. DISEÑO DEL GERMINADOR AUTÓNOMO DE BAJO COSTO

Para el diseño y desarrollo del sistema autónomo de control de temperatura en el germinador de quinua, se siguió una serie de fases esenciales, que incluyeron la revisión del modelo matemático para el proyecto, la planificación, simulación, realización de pruebas y la implementación final del sistema. Cada una de estas etapas fue cuidadosamente ejecutada para asegurar el funcionamiento óptimo del germinador, utilizando sensores y tecnología IoT para un monitoreo preciso y eficiente del proceso de

germinación. A continuación, se describen en detalle los pasos realizados para garantizar el éxito de este sistema automatizado.

3.5.1. Revisión de modelo matemático

Inicialmente, tenemos que tener en cuenta la primera ley de la termodinámica, o conocido también como principio de la conservación de la energía, este principio establece que la energía no se crea ni se destruye, en cambio se transforma en otra forma de energía, aplicando al germinador que se desarrolla, la temperatura proporcionada por la calefacción no se destruye, sino que se pierde por las paredes del germinador. A continuación, se presenta la formula básica (Lifeder, 2024):

$$\Delta U = Q - W \quad (\text{Ecu.2})$$

Donde:

ΔU : Cambio en la energía interna del sistema.

Q : Calor transferido al sistema (calor generado por el calefactor).

W : Trabajo realizado por el sistema (calor perdido del germinador).

Aplicando a nuestro germinador, tenemos la formula básica en términos adaptados para el germinador:

$$\Delta U = Q_{in} - Q_{out} \quad (\text{Ecu. 3})$$

Donde:

Q_{in} : Energía térmica suministrada por el calefactor.

Q_{out} : Energía térmica disipada por las paredes del germinador.



ΔU : Cambio en la energía térmica dentro del germinador.

Podemos descomponer esta ecuación, por ejemplo, la energía térmica que ingresa al germinador mediante el calefactor dentro del germinador en un determinado tiempo:

$$Q_{in} = P \times t \quad (\text{Ecu. 4})$$

Donde:

Q_{in} : Energía térmica suministrada por el calefactor.

P : Potencia del calefactor.

t : Tiempo durante el cual el calefactor está funcionando.

Para la siguiente parte, tomamos la energía térmica que se pierde a través de las paredes del germinador, para esta parte se usa la ley de enfriamiento de Newton (Modern-Physics, 2024), tomando en cuenta diferentes factores como el material con el que cuenta las paredes internas del germinador:

$$Q_{out} = hA(T_{int} - T_{ext}) \times t \quad (\text{Ecu. 5})$$

Donde:

Q_{out} : Energía térmica disipada por las paredes internas del germinador.

h : Coeficiente de transferencia de calor (paredes metálicas latón 81-116).

A : Área a través de la cual se transfiere el calor.

T_{int} : Temperatura interna del germinador.



Text: Temperatura externa del germinador.

t: Tiempo.

Se puede tomar en cuenta también, el cambio de la energía térmica del germinador usando la capacidad calorífica del aire (Lifeder, 2021):

$$\Delta U = mc\Delta T \quad (\text{Ecu. 6})$$

Donde:

m: Masa del aire o sustancia dentro del germinador.

c: Capacidad calorífica específica del aire.

ΔT : Cambio en la temperatura del sistema (temperatura final menos temperatura inicial).

Para el germinador tenemos como meta mantener una temperatura equilibrada y estable en 25°C, para esto reemplazamos la formula inicial con las expresiones halladas según nuestras necesidades, esta nueva fórmula nos permitirá mantener la temperatura dentro del germinador, compensando la pérdida de temperatura con el calefactor en un determinado tiempo:

$$P \cdot t - hA(T_{int} - T_{ext}) \cdot t = mc\Delta T \quad (\text{Ecu. 7})$$

Según este resultado la ecuación nos permite mantener una temperatura constante dentro del germinador, en la práctica podemos ajustar solamente el tiempo de funcionamiento del calefactor, la potencia del calefactor no la podemos ajustar por tratarse de un sistema On/Off, no obstante podemos cambiar o mejorar la aislación del interior del germinador con el exterior, entonces para facilitar el



control de la temperatura, solo se tomara la retroalimentación para ajustar el encendido del calefactor.

Mostramos la forma de la ecuación que nos permite calcular el tiempo de funcionamiento del calefactor, esta ecuación se obtiene reorganizando la formula encontrada anteriormente:

$$\Delta U = Q_{in} - Q_{out} \quad (\text{Ecu. 8})$$

$$P \cdot t - hA(T_{int} - T_{ext}) \cdot t = mc\Delta T \quad (\text{Ecu. 9})$$

$$t(P - hA(T_{int} - T_{ext})) = mc\Delta T \quad (\text{Ecu. 10})$$

$$t = \frac{mc\Delta T}{P - hA(T_{int} - T_{ext})} \quad (\text{Ecu. 11})$$

3.5.2. Planificación

Primero, se identificó la problemática en el proceso de germinación de quinua para consumo humano, particularmente en la necesidad de un control más eficiente de las condiciones ambientales, como la temperatura, dentro del germinador. Se observó que, sin un sistema automatizado, el proceso de monitoreo y ajuste de las condiciones climáticas dependía de una intervención manual, lo que generaba una mayor demanda de tiempo y esfuerzo. A partir de esta necesidad, surgió la idea de desarrollar un sistema automatizado de control de temperatura para mejorar la eficiencia y precisión del germinador.

Posteriormente, se procedió con la búsqueda de información sobre sistemas automatizados aplicados al control climático en dispositivos de germinación, con el objetivo de aplicar la tecnología IoT y sensores de bajo costo que permitieran mantener las condiciones óptimas para la germinación de la

quinua. El diseño del sistema se centró en la autonomía, de manera que el germinador no requiriera la constante supervisión del usuario.

Se realizó la selección y adquisición de los componentes necesarios para la implementación del sistema automatizado, priorizando la eficiencia y el costo-beneficio. Finalmente, se llevaron a cabo pruebas del sistema para garantizar su correcto funcionamiento, seguido de la implementación y ajustes necesarios para lograr el objetivo planteado, en la siguiente tabla se muestra el cronograma de actividades realizadas.

Tabla 1

Cronograma de actividades realizadas

Fecha Inicio	Fecha final	Actividad
Julio 2024	Julio 2024	Búsqueda de información , búsqueda de software y hardware de código abierto y de bajo costo.
Julio 2024	Julio 2024	Diseño , diseño topológico del sistema, diseño de conexiones físicas usando (proteus 8 professional), simulación de la propuesta usando Wokwi (https://wokwi.com/).
Julio 2024	Julio 2024	Diseño de PCB , se elabora el diseño de PCB a partir del diseño topológico y conexiones físicas.
Julio 2024	Julio 2024	Adquisición , se compran los componentes electrónicos, materiales y carcasa de microondas.



Fecha Inicio	Fecha final	Actividad
Agosto 2024	Agosto 2024	Ensamblaje , el prototipo se ensambló usando todos los componentes comprados anteriormente.
Agosto 2024	Agosto 2024	Programación , usando el lenguaje C++ de programación el ESP32 para la programación final.
Agosto 2024	Agosto 2024	Programación final , se realizan la programación de conexión a internet y el manejo de memorias.
Septiembre 2024	Septiembre 2024	Pruebas finales , con todos los componentes del sistema en su lugar se realizaron pruebas y correcciones.
Septiembre 2024	Septiembre 2024	Puesta en funcionamiento , terminados los anteriores pasos se procede a realizar los primeros experimentos, ajustes y pruebas.
14 de septiembre 2024	03 de noviembre 2024	Ajustes y Adquisición de datos , la adquisición de los datos se realiza en dos etapas, la primera etapa es el experimento para responder a mi primer hipótesis específico y primer objetivo, el segundo experimento se realizó para responder a la segunda hipótesis y el segundo objetivo.

Nota: Ilustración de Cronograma de actividades. Elaboración propia.



3.5.3. Ajuste de lectura de sensor (calibración)

El sensor DHT11 ampliamente utilizado para la medición de temperatura y humedad, viene calibrado de fábrica para proporcionar mediciones con un grado aceptable de precisión, lo que facilita su implementación en proyectos sin la necesidad de ajustes adicionales. Según el fabricante, el DHT11 tiene una tolerancia de error de $\pm 2^{\circ}\text{C}$ en la medición de temperatura y $\pm 5\%$ en la medición de humedad relativa (Adafruit Industries, s. f.). Estas especificaciones permiten que el sensor sea adecuado para aplicaciones donde la precisión extrema no es crítica, pero sigue siendo esencial obtener lecturas fiables.

No obstante, la precisión de un sensor DHT11 puede verse influenciada por varios factores externos, como la calidad de los componentes internos, las condiciones ambientales (como humedad, presión atmosférica y temperatura de operación) y el tiempo de uso prolongado. A medida que el sensor envejece o si se emplea en condiciones adversas, es posible que su margen de error aumente. Por ello, para proyectos que se elongan en el tiempo donde la exactitud es primordial, es recomendable realizar una verificación y ajuste periódico de las lecturas. Esta calibración comparativa se puede efectuar mediante la utilización de instrumentos de medición certificados o equipos de laboratorio que proporcionen datos de referencia confiables.

Implementar una rutina de verificación periódica permite detectar y corregir desviaciones, mejorando la exactitud de las mediciones y garantizando que el sensor mantenga un rendimiento óptimo durante su vida útil. Este procedimiento es fundamental en aplicaciones que requieren un control preciso de las condiciones ambientales, como los procesos de germinación controlada, donde



un desajuste en las lecturas de temperatura y humedad podría afectar significativamente los resultados esperados.

3.5.4. Configuración de fecha y hora actual en Perú

Durante el proyecto se utilizó el módulo RTC_DS1307, me permite registrar tanto la fecha y la hora y mantiene estos datos, aunque el germinador no esté conectado a la red eléctrica, para esta función este módulo usa una memoria EEPROM, lo cual es de mucha ayuda para no tener que depender de la hora suministrada por la internet.

Para la actualización de fecha y hora del módulo se usa la conexión a internet, En la siguiente figura se observa el código donde la fecha y hora se obtienen desde el internet, para luego actualizar sus datos del módulo RTC_DS1307, cabe señalar que esta función se ejecutó por única vez.

Figura 14

Código para configurar la fecha y hora

```
rtc_lcd_i2c.ino ...
63 // Función para obtener la hora de Internet y actualizar
64 // el RTC
65 void actualizarHoraDesdeInternet() {
66     timeClient.begin();
67     Serial.print("Obteniendo hora de Internet...");
68     lcd.setCursor(0, 1);
69     lcd.print("Actualizando hora...");
70
71     while(!timeClient.update()) {
72         timeClient.forceUpdate();
73     }
74
75     unsigned long epochTime = timeClient.getEpochTime();
76     DateTime internetTime = DateTime(epochTime);
77
78     // Actualizar el RTC con la hora de Internet
79     rtc.adjust(internetTime);
80
81     Serial.println(" Hora actualizada");
82     lcd.clear();
83     lcd.setCursor(0, 0);
84     lcd.print("Hora actualizada!");
85     delay(2000); // Espera para mostrar el mensaje antes de
86 }
87
```

Nota: Ilustración de Código para configurar RTC. Elaboración propia.

Para mostrar las fecha y hora se utilizó el siguiente código, quiero resaltar que al obtener los datos desde el internet se observó un desfase de 5 horas, el cual se solucionó con `(DateTime horaLimaPeru = tiempoActual - TimeSpan(5 * 3600);)` para registrar la hora según nuestra zona horaria correcta, se usó la pantalla LCD para visualizar estos datos.

Figura 15

Fecha y hora con zona horaria correcta

```
lee_rtc.ino
33
34 void loop() {
35     DateTime tiempoActual = rtc.now();
36
37     // Ajustar la hora restando 5 horas (Hora Lima, Perú)
38     DateTime horaLimaPeru = tiempoActual - TimeSpan(5 * 3600)
39
40     // Mostrar la fecha y hora ajustada en la LCD
41     lcd.setCursor(0, 0);
42     lcd.print("Fecha: ");
43     lcd.print(horaLimaPeru.day(), DEC);
44     lcd.print('/');
45     lcd.print(horaLimaPeru.month(), DEC);
46     lcd.print('/');
47     lcd.print(horaLimaPeru.year(), DEC);
48
49     lcd.setCursor(0, 1);
50     lcd.print("Hora: ");
51     lcd.print(horaLimaPeru.hour(), DEC);
52     lcd.print(':');
53     lcd.print(horaLimaPeru.minute(), DEC);
54     lcd.print(':');
55     lcd.print(horaLimaPeru.second(), DEC);
56
```

Nota. Ilustración de Código para mostrar Fecha y Hora. Elaboración propia.

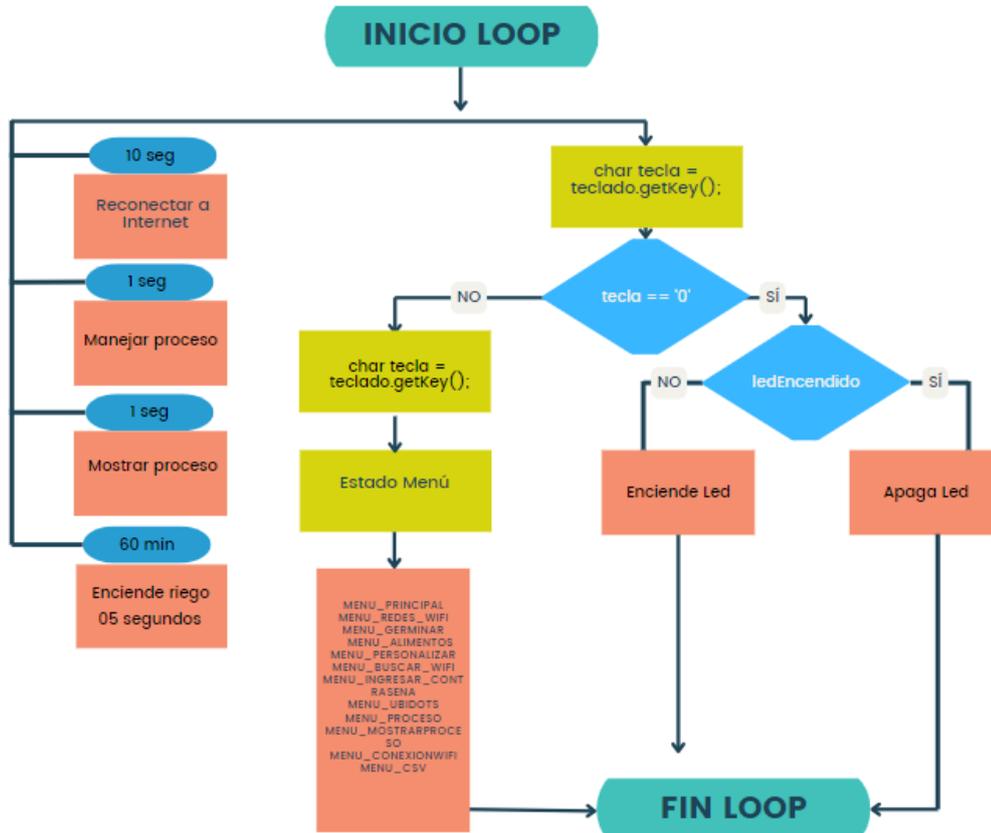
En el proyecto es sumamente necesario esta información para guardar los datos proporcionados por los sensores DHT, como también para calcular el tiempo de germinado, de ese modo se tiene una visión más clara del proceso, el uso de este módulo se justifica bajo la premisa de autonomía por no depender de la red eléctrica para su funcionamiento.

3.5.5. Diseño del sistema autónomo

3.5.5.1. Diagrama de flujo del ciclo loop

Figura 16

Diagrama de flujo principal



Nota: Ilustración de diagrama de flujo loop. Elaboración propia.

3.5.5.2. Descripción del diagrama de flujo

El bucle loop comienza una vez que el bucle setup ha finalizado su ejecución. En este bucle principal, se encuentran implementadas las funcionalidades clave del sistema, como la navegación por los menús y la gestión de diversos temporizadores. Estos temporizadores son esenciales para garantizar la reconexión a Internet, la visualización del proceso en la



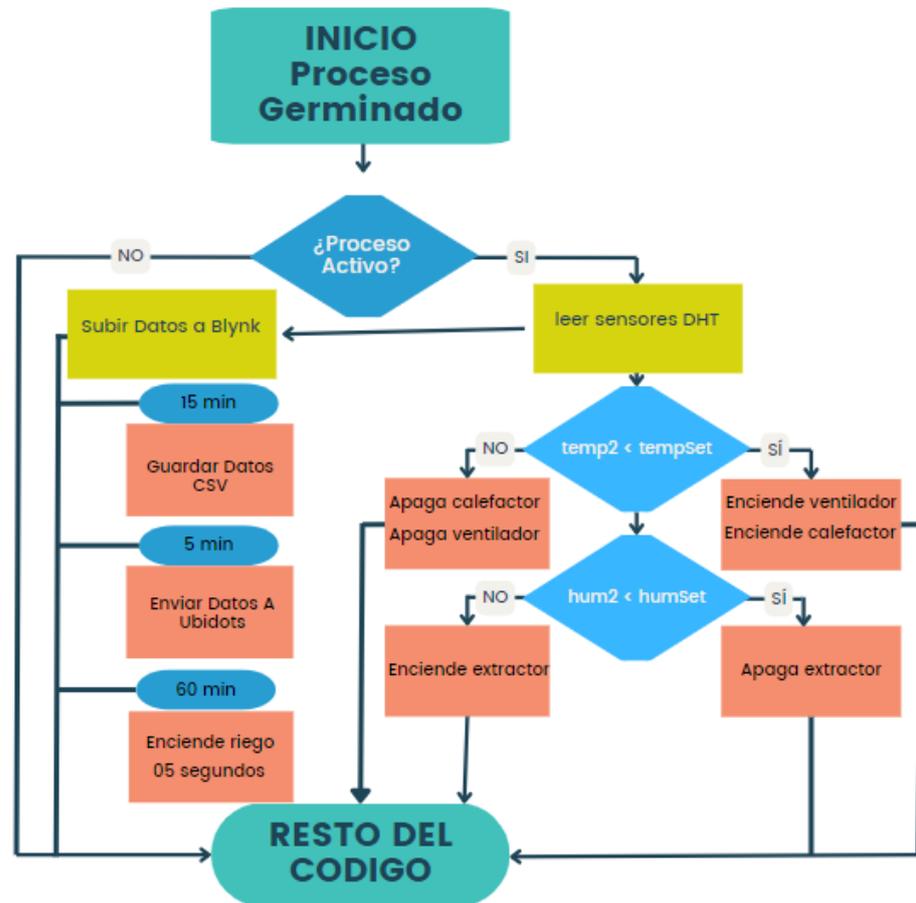
pantalla y para controlar el tiempo de activación del riego, de tal manera la quinua en germinación se mantenga hidratada.

Asimismo, se incluye un temporizador dedicado al control del proceso de germinación, lo cual asegura que el germinador funcione dentro de los parámetros establecidos sin interrumpir en la navegación por los menús. Además, el bucle loop permite encender o apagar un LED dentro del germinador, este led se activa/desactiva cuando se presiona la tecla (0). para los menús que se encuentran en este bucle son llamados desde otras funciones durante el proceso o cuando se quiera iniciar un nuevo proceso. El bucle loop se ejecuta de manera continua e indefinida, repitiéndose tantas veces como sea necesario, mientras el dispositivo esté en funcionamiento.

3.5.5.3. Diagrama de flujo del proceso

Figura 17

Diagrama de flujo del proceso



Nota: Ilustración de diagrama de flujo loop. Elaboración propia.

3.5.5.4. Descripción del diagrama de flujo

Este diagrama de flujos muestra la mecánica que se usa para el manejo del proceso de germinación, ya sea para la quinua u otra semilla. En todo caso, para otro producto o para parámetros personalizados, se inicia preguntando si el proceso está activo. En caso de que no esté activo, pasa al resto del código. En el caso de que esté activo, lee los sensores y al mismo tiempo sube datos a Blynk. Para guardar los datos, tenemos en paralelo temporizadores dentro del proceso que nos ayuda guardar a cada



15 minutos los datos de fecha, hora, temperatura y demás delimitado por comas, estos datos se pueden subir a un servidor web de donde se pueden descargar los datos completos en formato .txt, estos se pueden analizar más adelante para llegar a las conclusiones necesarias.

Este diagrama de flujos es genérico, es la forma en que se maneja el proceso intuitivamente. Por ejemplo, para encender el riego durante un tiempo determinado, se utiliza un temporizador que está configurado para cada hora. En el resto del diagrama de flujo, después de leer los sensores DHT, se comparan los datos recuperados y seleccionados antes de empezar el proceso. Se pregunta si la temperatura es menor a la temperatura seteada u objetivo, en el caso se tenga menor entonces se enciende la calefacción que eleva la temperatura dentro del germinador. A continuación, pregunta si la humedad se encuentra por encima del umbral de humedad. Si es así, enciende un extractor, el cual reducirá el nivel de humedad relativa en el ambiente del germinador. En caso de que la humedad dentro del germinador sea igual o menor, entonces se apaga el extractor. Este diagrama, expresado en función del código, se reinicia todo el tiempo que el proceso este activo.

3.5.6. Diseño de control On/Off

El modelo de control automático que se uso es el de tipo On/Off por usar relays para activar y desactivar los actuadores como la calefacción, extractor, mini bomba de agua y luz Led. En el control de temperatura se decidió usar como valor umbral(29°C), como mencionan Boero et al., (2000) "los óptimos de germinación observados oscilaron entre 20 y 30°C, en tanto que los valores deducidos de los



modelos matemáticos se ubicaron en un rango bastante más estrecho, oscilando entre los 28 y 30°C" (p. 105). En base a esta información se decidió usar un valor mínimo a la de 28 y 30°C que vendría a ser 28°C con una holgura de 0.5°C. No obstante, se realizó experimentos con otros valores como 25°C.

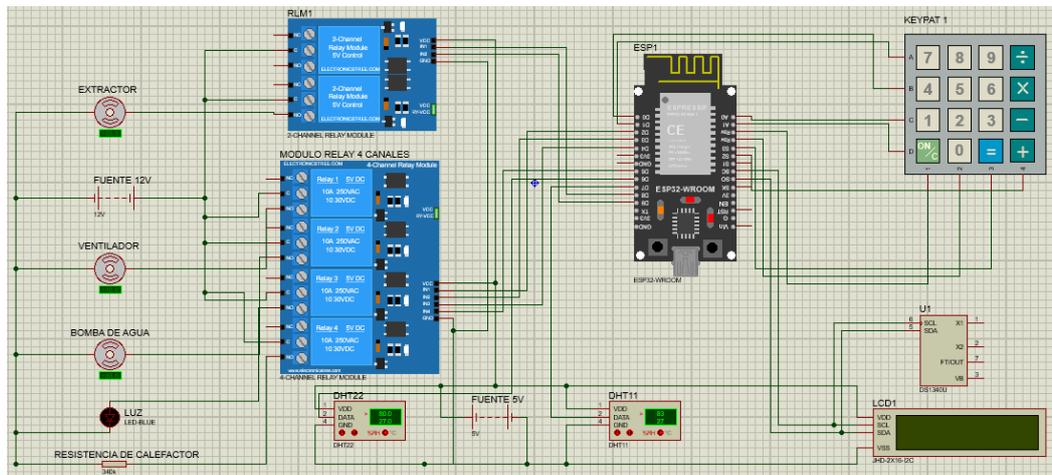
Para compararlos con las temperaturas registradas fuera del germinador con las registradas dentro del germinador. Se registran estos datos a cada 15 minutos por un total de 96 horas, esto a base del cálculo de muestra que se realizó anteriormente dando como resultado 384 mediciones.

3.5.7. Software de diseño esquemático Proteus8

El software utilizado para el diseño y simulación del sistema de control en este proyecto fue **PROTEUS PROFESSIONAL 8**, una herramienta robusta que permite desarrollar esquemas electrónicos detallados y realizar simulaciones precisas del comportamiento del circuito. Esta capacidad de simular previamente el funcionamiento de los componentes electrónicos es crucial, ya que permite identificar y corregir posibles errores antes de pasar a la implementación. No obstante, tuve problemas como la disponibilidad del esquemático en la red o que debo tener el software instalado en las computadoras donde trabaje, como también se tuvieron problemas con los componentes disponibles, las que no se encontraron o si están disponibles, pero no son similares a las que se dispone en el mercado de la ciudad de Puno.

Figura 18

Diseño del esquemático en Proteus



Nota: Ilustración del esquemático del sistema. Elaboración propia.

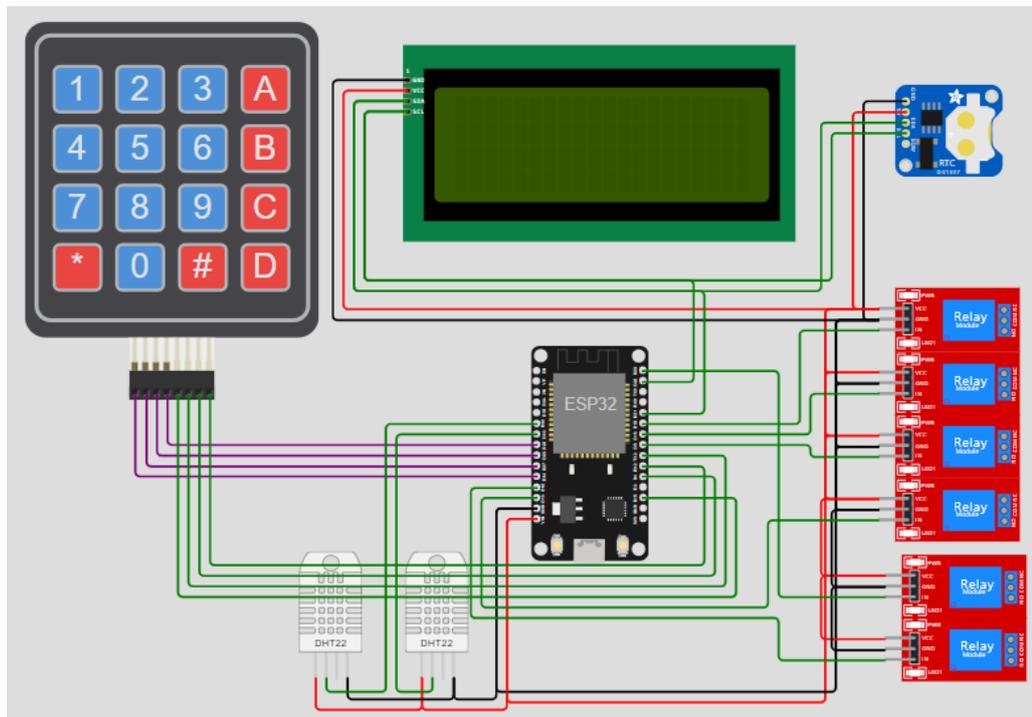
Sin embargo, para mejorar aún más la precisión del proyecto y aprovechar la tecnología disponible, se integró el uso de **WOKWI** una plataforma de simulación. Wokwi no solo permitió simular los componentes electrónicos y los sensores de DHT sino nos permite una mejor visualización del sistema.

Gracias a Wokwi fue posible probar y validar el código en tiempo real, permitiendo ajustes más puntuales y rápidos, de esa manera la programación para el sistema de control de temperatura funcione de manera óptima. Este enfoque no solo hizo posible corregir errores en las primeras fases, sino que también permitió realizar mejoras constantes en la lógica de control, para la interacción con los menús donde se requiere una mayor atención también fue una herramienta clave, acelerando el proceso de desarrollo y evitando costos innecesarios asociados a la prueba con hardware físico.

Proteus y Wokwi proporcionaron una solución integral, optimizando el proceso de diseño del sistema sobre todo en la interfase hombre máquina, donde se tuvo mayor enfoque para tener un proyecto amigable con el usuario.

Figura 19

Diseño del esquemático en Wokwi



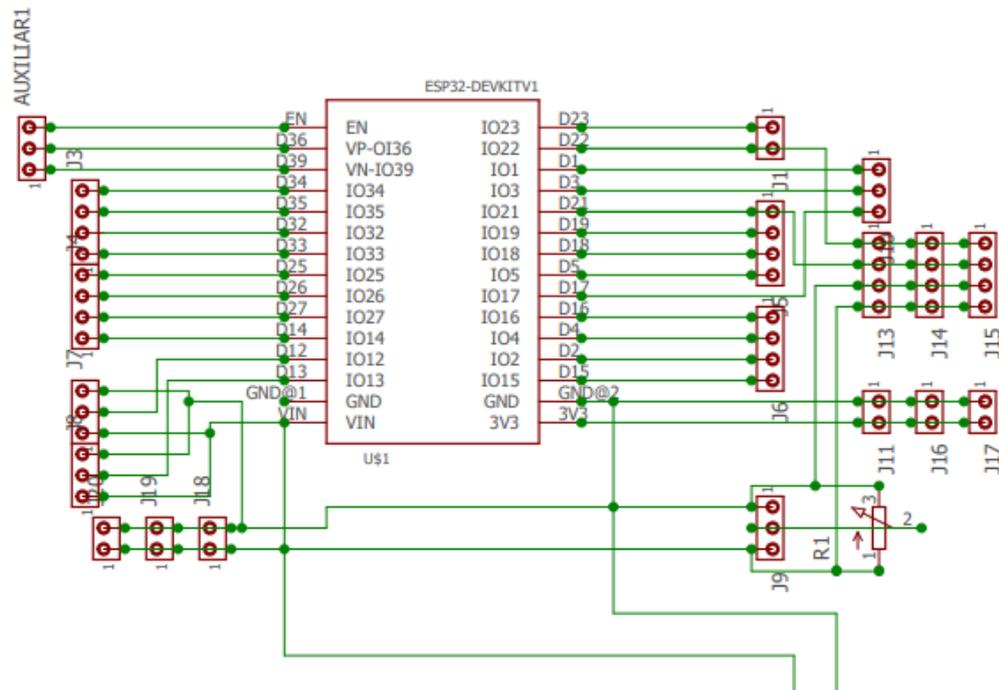
Nota: Ilustración del esquemático del sistema. Elaboración propia.

3.5.8. Diseño en EAGLE

Después del diseño en Proteus 8 y Wokwi se continua con el diseño de una placa, este nos permitirá integrar y facilitar las conexiones de periféricos como sensores y relays. Para el desarrollo de esta placa, se realizó el diseño del esquemático eléctrico y de la Placa de Circuito Impreso (PCB) utilizando el software EAGLE. El diseño esquemático comenzó con la definición de pines como salidas y entradas según especificaciones técnicas del ESP32, cada sensor y actuador fue correctamente asignado a los pines del microcontrolador, asegurando que la comunicación y la alimentación fueran adecuadas para el funcionamiento eficiente de los mismos.

Figura 20

Esquemático de ESP32 en EAGLE

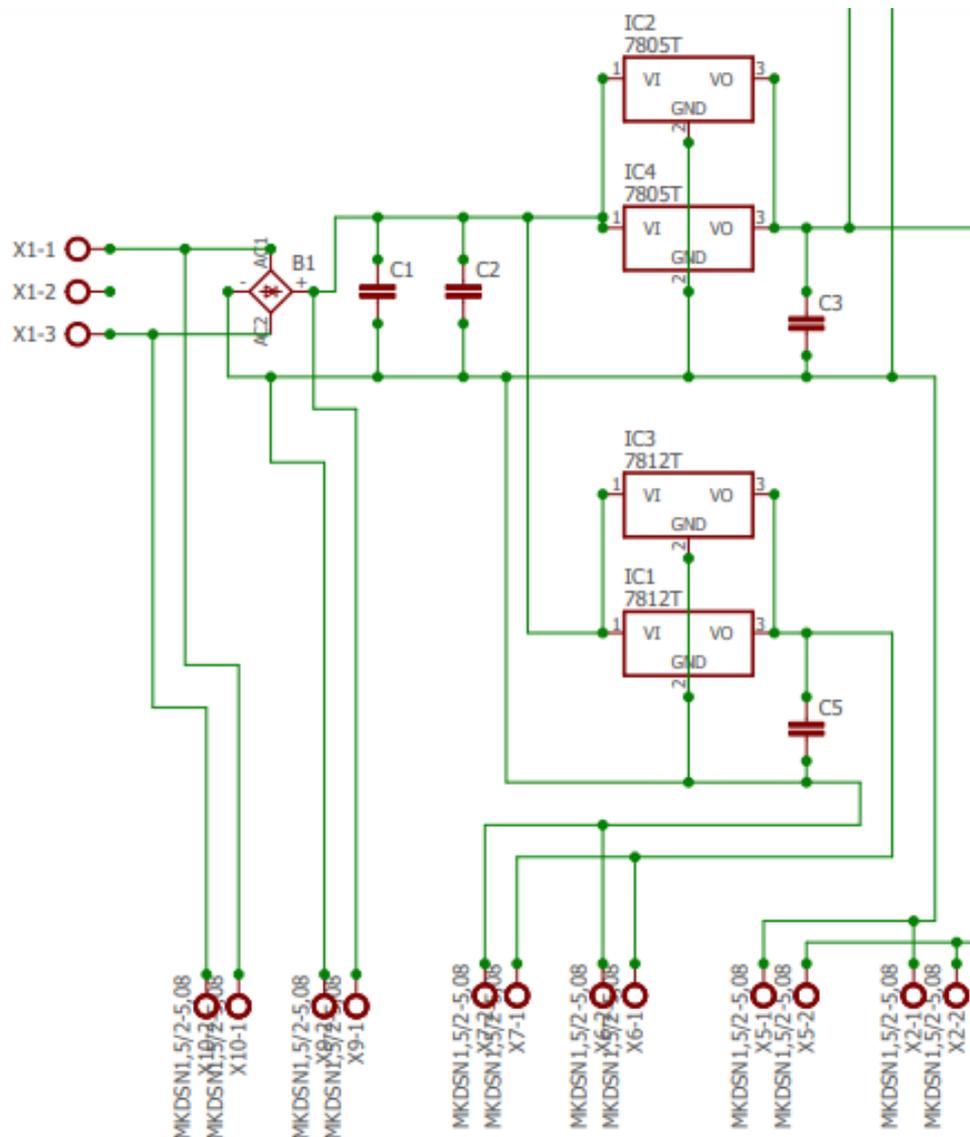


Nota: Ilustración del esquemático de ESP32 con conexiones en pines definidas y conectores externos que facilitan la integración de los periféricos a usar. Elaboración propia.

En la figura anterior se muestra todas las consideraciones tomadas, para la comunicación I2C y otros periféricos que no interfieran el normal funcionamiento del sistema, se consideró como referencia la **figura 7** para la designación de pines. En la siguiente parte se muestra la alimentación que también se incluye en la PCB, tomando en cuenta diferentes aspectos como el voltaje de alimentación del ESP32 y de los periféricos, en estas ilustraciones solo se muestran las conexiones a conectores externos que facilitan la comunicación con los periféricos externos y el ESP32.

Figura 21

Esquemático de alimentación para los periféricos y para ESP32



Nota: Ilustración del esquemático de la alimentación para sistema completo, que facilita la integración de los periféricos a usar. Elaboración propia.

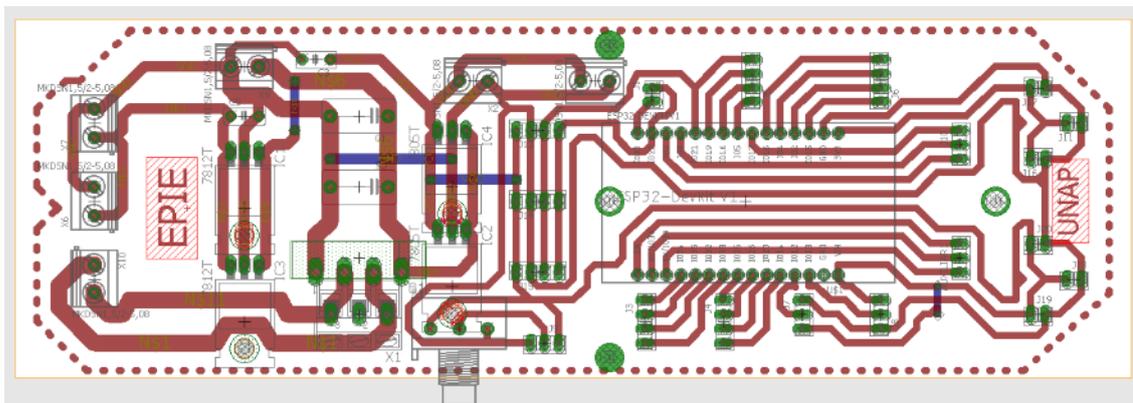
3.5.8.1. Placa de Circuito Impreso (PCB) en EAGLE

Una vez finalizado el esquema de conexiones se procedió con el diseño de la PCB. En esta etapa el software EAGLE permite optimizar el espacio disponible en la placa, distribuyendo las pistas de manera eficiente y evitando cruces innecesarios. Se utilizaron rutas cortas para la señal de

los sensores y los actuadores críticos. El diseño final de la PCB fue pensado para ser de bajo costo y de fácil acceso en la ciudad de Puno, de manera que el germinador pueda ser replicado fácilmente sin que los costos de fabricación sean elevados.

Figura 22

PCB Diseñado



Nota: Ilustración del PCB, se muestra el diseño de las pistas y la posición de los componentes en la placa física. Elaboración propia.

3.5.9. Software de programación

Para la programación del sistema por la disponibilidad y versatilidad, se usó la plataforma de desarrollo de código abierto **IDE de Arduino**, el cual permite programar placas de desarrollo de código abierto aparte de su familia de placas (Arduino UNO, etc), como por ejemplo la placa de desarrollo ESP32. Para este proyecto se usó la versión más reciente a la fecha 15/09/2024, en su versión (Arduino IDE 2.3.2), al que se le añadió en URLs adicionales de gestor de placas: https://dl.espressif.com/dl/package_esp32_index.json, el que permite gestionar placas y seleccionar la ESP32 con todos sus archivos necesarios.

3.5.9.1. Direccionamiento de entradas, salidas y comunicación

Durante el diseño del sistema en esquemático con todas sus modificaciones se definió las entradas, salidas y comunicación según su funcionamiento.

Tabla 2

Definición de pines de entrada, salida y comunicación

Tipo	Tipo de dato	Dirección	Descripción
Entradas	Digital	D32	Sensor DHT 11
		D33	Sensor DHT 22
		D25	Keypad F4
		D26	Keypad F3
		D27	Keypad F2
		D14	Keypad F1
		D15	Keypad C1
		D04	Keypad C3
		D16	Keypad C4
		D17	Keypad C2
		D12	Relay Reserva
Salidas	Digital	D13	Relay Led
		D05	Relay Humedad
		D18	Relay Ventilador
		D19	Relay Temperatura
Comunicación	I2C	D23	Relay Extractor
		D21	SDA
		D22	SCL

Nota: Ilustración de pines utilizadas en el ESP32. Elaboración propia.



En el desarrollo del diseño y programación del germinador automatizado de quinua, la programación juega un papel clave para asegurar que el sistema mantenga el control preciso de la temperatura dentro del dispositivo. El código se desarrolla utilizando el Arduino IDE. A continuación, se describen las librerías y componentes fundamentales que permiten el funcionamiento óptimo del sistema.

3.5.9.2. Librerías usadas.

Primero, se importan las librerías necesarias para la comunicación y el con los diferentes módulos. La librería SPIFFS.h es utilizada para almacenar los datos necesarios para el control del dispositivo, estos datos se guardan localmente en archivos accesibles para su análisis posterior. Además, se emplea la librería WiFi.h , que permite la conectividad del ESP32 a una red WiFi, esencial para la transmisión de datos en tiempo real a Ubidots o Blynk, donde se pueden monitorear las condiciones del germinador de forma remota. Esto garantiza que los datos no solo se almacenan localmente, sino que también estarán disponibles para un análisis continuo y en tiempo real desde cualquier dispositivo con acceso a internet y acceso a una de esas plataformas.

Para la visualización de las condiciones actuales del germinador, se utiliza la librería LiquidCrystal_I2C.h, que facilita la comunicación con la pantalla LCD 4x20 a través del protocolo de comunicación I2C. La pantalla muestra en tiempo real las temperaturas leídas por los sensores, La sincronización del sistema se logra a través de la librería RTCLib.h, que permite el uso del módulo RTC DS1307. Este componente es esencial para



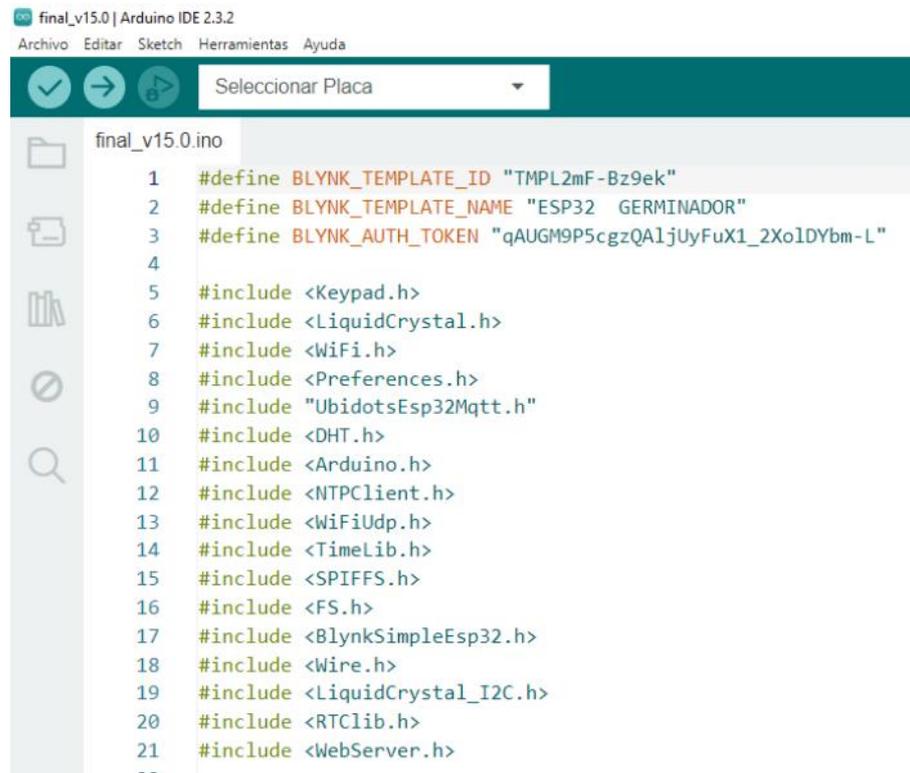
mantener un registro de datos como temperaturas dentro y fuera del germinador.

Finalmente, se integra la librería DHT.h, esta librería nos ayuda a comunicarnos con los sensores DHT que usamos para medir las temperaturas dentro y fuera del germinados, Estas lecturas son fundamentales para que el sistema pueda ajustar automáticamente la temperatura del entorno de germinación dentro del germinador, asegurando que las semillas de quinua se encuentren en condiciones ideales para su crecimiento.

En resumen, la programación para el control del germinador automatizado de quinua incluye el uso de múltiples librerías que permiten gestionar el buen funcionamiento del sistema completo, las librerías mencionadas son las más importantes a continuación se muestra el total de librerías usadas.

Figura 23

Librerías usadas



```
final_v15.0 | Arduino IDE 2.3.2
Archivo  Editar  Sketch  Herramientas  Ayuda
Seleccionar Placa
final_v15.0.ino
1  #define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPL2mF-Bz9ek"
2  #define BLYNK_TEMPLATE_NAME "ESP32 GERMINADOR"
3  #define BLYNK_AUTH_TOKEN "qAUGM9P5cgzQAljUyFuX1_2Xo1DYbm-L"
4
5  #include <Keypad.h>
6  #include <LiquidCrystal.h>
7  #include <WiFi.h>
8  #include <Preferences.h>
9  #include "UbidotsEsp32Mqtt.h"
10 #include <DHT.h>
11 #include <Arduino.h>
12 #include <NTPClient.h>
13 #include <WiFiUdp.h>
14 #include <TimeLib.h>
15 #include <SPIFFS.h>
16 #include <FS.h>
17 #include <BlynkSimpleEsp32.h>
18 #include <Wire.h>
19 #include <LiquidCrystal_I2C.h>
20 #include <RTClib.h>
21 #include <WebServer.h>
```

Nota: Se muestran las librerías usadas, también se muestra la definición de macros que permite la comunicación con la plataforma de Blynk. Elaboración propia.

3.5.10. Plataforma Blynk

Esta plataforma es usada para visualizar en tiempo real los valores de temperaturas y humedades dentro y fuera del germinador, así como este existe muchas otras plataformas las que funcionan de forma parecida, en la mayoría de estas plataformas se nos abren más posibilidades con un previo pago de suscripción.

Figura 24

Plataforma de Internet de las Cosas (IoT) Blynk



Nota: Ilustración de las variables en Blynk. Elaboración propia.

La plataforma Blynk no solo facilita la visualización en tiempo real del comportamiento de diversas variables recopiladas por los sensores, sino que también ofrece la capacidad de controlar los distintos actuadores integrados en el sistema. Esto significa que, a través de una interfaz intuitiva en dispositivos móviles o en la web, los usuarios pueden monitorear parámetros críticos como la temperatura del germinador, así como realizar ajustes instantáneos de los estados de actuadores como la calefacción. La interacción bidireccional que proporciona Blynk no solo optimiza el manejo del dispositivo, sino que también mejora la eficiencia operativa, permitiendo a los usuarios tomar decisiones informadas basadas en datos actualizados, garantizando así un ambiente de germinación más eficiente.

3.5.11. Funciones principales del código

Las funciones principales que se muestran, son las mas usadas y mas las importantes que se usó para el funcionamiento eficiente del proyecto. No obstante, no son las únicas funciones usadas.

3.5.11.1. Función para enviar datos a blynk

La función que permite la subida de datos a la plataforma Blynk, se escribe usando variables globales para evitar complicaciones, estas variables son declarados en la primera parte del código, esta función se ilustra en la siguiente figura.

Figura 25

Función subir datos a blynk

```
2891 void subirDatosBlynk() {
2892 // Se asegura de la coneccion a Blynk
2893   if (WiFi.status() == WL_CONNECTED && !Blynk.connected()) {
2894     Serial.println("Intentando conectar a Blynk...");
2895     if (Blynk.connect()) {
2896       Serial.println("Conectado a Blynk");
2897     } else {
2898       Serial.println("No se pudo conectar a Blynk, se intentará más tarde.");
2899     }
2900   }
2901   if (Blynk.connected()) {
2902     Blynk.run();
2903   }
2904
2905   // Envía los valores a Blynk
2906   Blynk.virtualWrite(V1, temp1); // Envía la temperatura a un Virtual Pin
2907   Blynk.virtualWrite(V2, hum1);   // Envía la humedad a un Virtual Pin
2908   Blynk.virtualWrite(V3, temp2); // Envía la temperatura a un Virtual Pin
2909   Blynk.virtualWrite(V4, hum2);   // Envía la humedad a un Virtual Pin
2910   Blynk.virtualWrite(V0, tituloRecuperado); // envia titulo
2911 }
```

Nota. Ilustración de la función Blynk. Elaboración propia.

3.5.11.2. Función para conectarse a una red Wifi

Figura 26

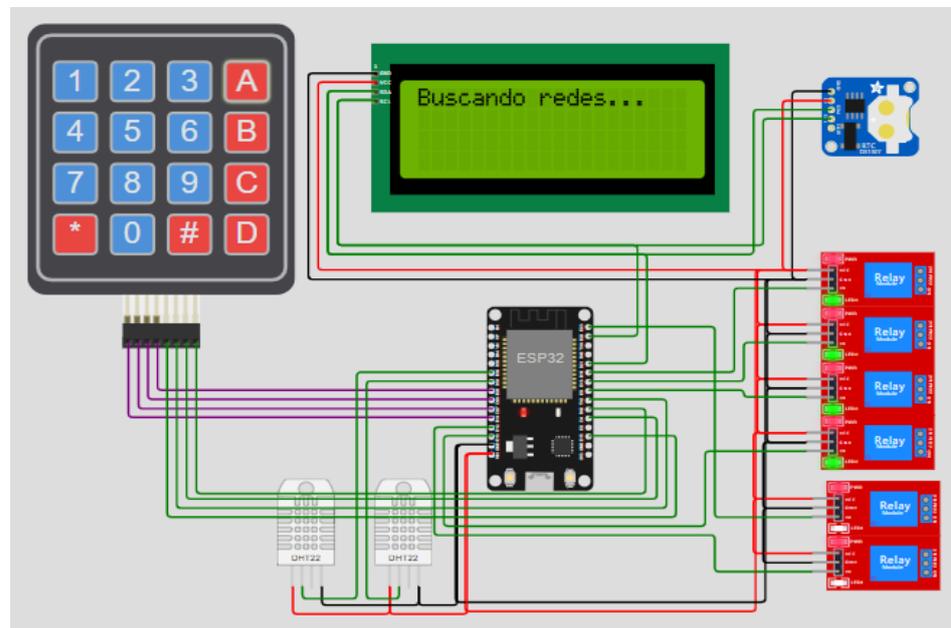
Función que permite conectarse a una red guardada

```
2296 void conectarMejorRedGuardada() {  
2297     Serial.println("Buscando redes....");  
2298     lcd.clear();  
2299     lcd.setCursor(0, 0);  
2300     lcd.print(" Buscando redes.... ");  
2301     delay(3000);  
2302 }
```

Nota: Ilustración de la función que se ejecuta al inicio para conectarse a una red guardada, esta función se usa por única vez por mostrar mensajes en la pantalla LCD. Elaboración propia.

Figura 27

Primer mensaje en pantalla LCD



Nota: Ilustración del primer mensaje en pantalla LCD. Elaboración propia.

3.5.11.3. Mensaje de inicialización

En este segmento del código se programa el mensaje inicial, esta contiene el nombre en su versión más corta, también incluye un mensaje en forma de (*) que va aumentando de uno en uno hasta llegar a 5 (*).

Figura 28

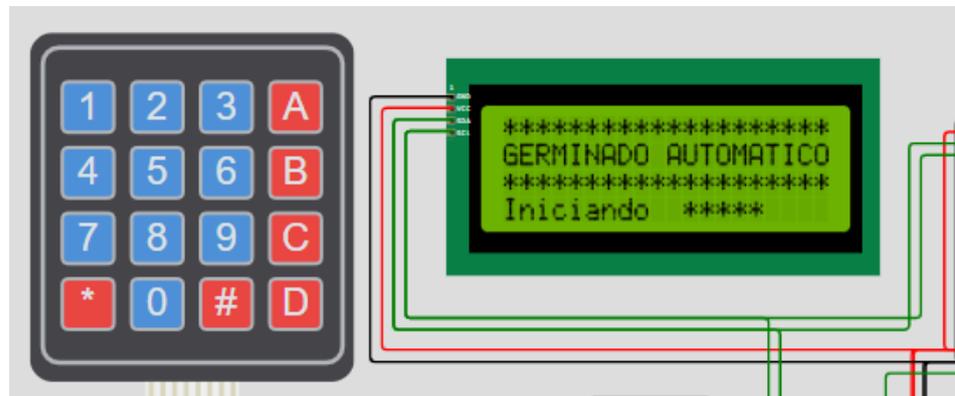
Código que muestra el mensaje de inicialización en la función Setup

```
306 Serial.println("GERMINADOR AUTOMATICO");
307 lcd.setCursor(0, 0);
308 lcd.print("*****");
309 lcd.setCursor(0, 1);
310 lcd.print("GERMINADO AUTOMATICO");
311 lcd.setCursor(0, 2);
312 lcd.print("*****");
313 delay(1000);
314 Serial.print("Iniciando ");
315 lcd.setCursor(0, 3);
316 lcd.print("Iniciando ");
317 delay(1000);
318
319 for (int i = 0; i < 5; i++) {
320     Serial.print("*");
321     lcd.setCursor(11 + i, 3);
322     lcd.print("*");
323     delay(1000);
324 }
325
326 lcd.clear();
```

Nota: Ilustración del código que muestra el mensaje de germinador automático, incluye in ciclo For que permite el incremento de los asteriscos, empezando de 0 asteriscos hasta los 5 asteriscos, este ciclo se diseñó para aumentar los asteriscos en la columna siguiente seteando el cursor de la 11 en delante sumando i, este ciclo funciona a cada 01 segundo usando la línea delay(1000).

Figura 29

Mensaje de inicialización

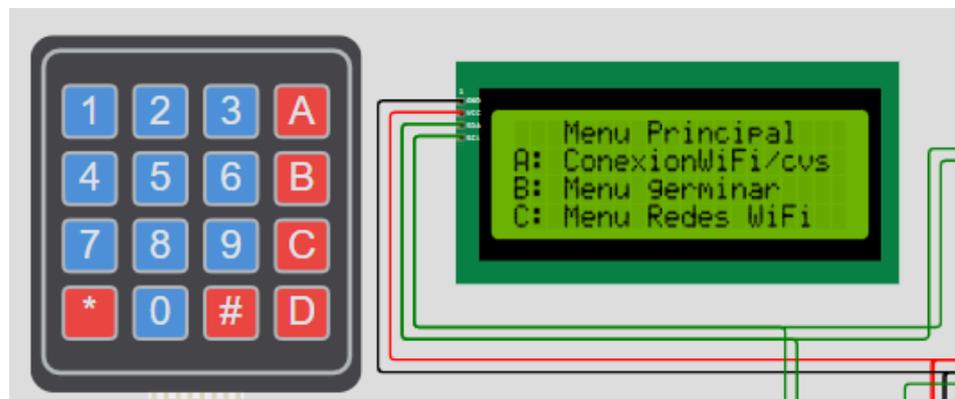


Nota: Ilustración del mensaje de inicialización en pantalla LCD. Elaboración propia.

3.5.11.4. Menús principales del sistema

Figura 30

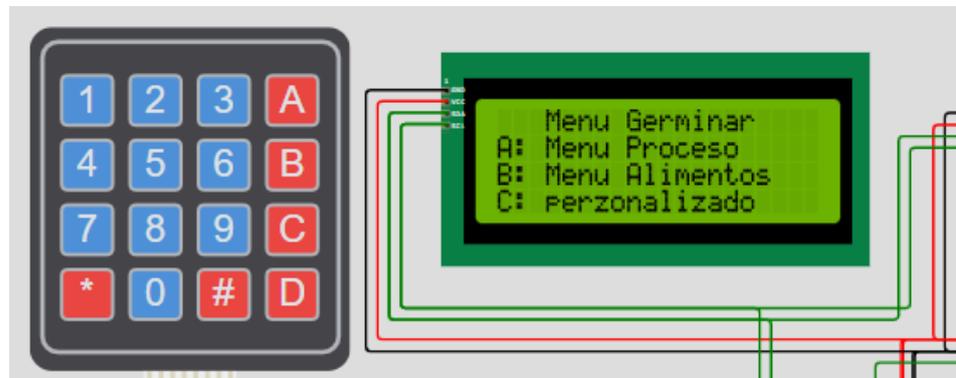
Menú principal del sistema



Nota: Ilustración del menú principal en pantalla LCD, después de este menú se tiene el menú de germinar, para dar inicio a un nuevo proceso, se requiere presionar la tecla (A). Elaboración propia.

Figura 31

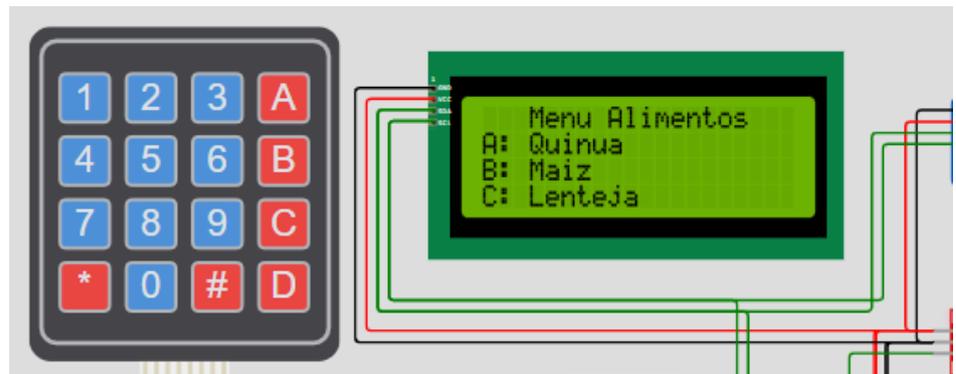
Menú germinar



Nota: Ilustración del menú germinar, después de este menú para dar inicio a un nuevo proceso se tienen que seleccionar con la tecla B para semillas predeterminadas o C para ingresar datos de personalización. Elaboración propia

Figura 32

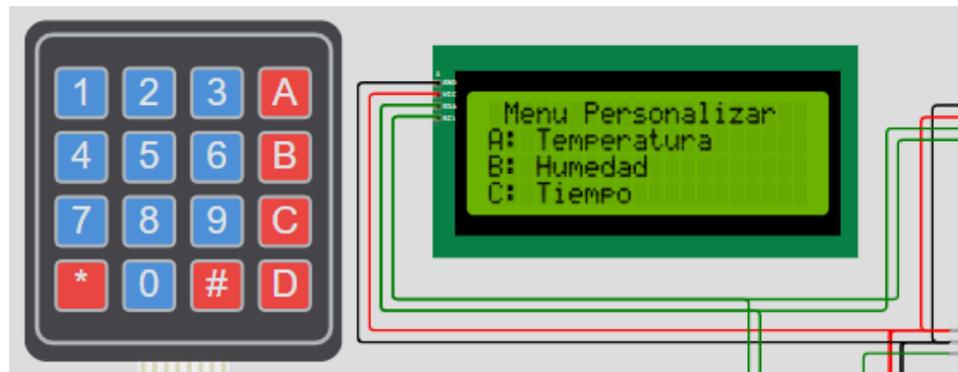
Menú alimentos



Nota: Ilustración del menú alimentos en pantalla LCD, es este menú se encuentran los 3 tipos de semillas que se pueden seleccionar con las teclas A, B y C, tenemos como primer alimento a la quinua con una temperatura de 28°C. Elaboración propia.

Figura 33

Menú personalizar

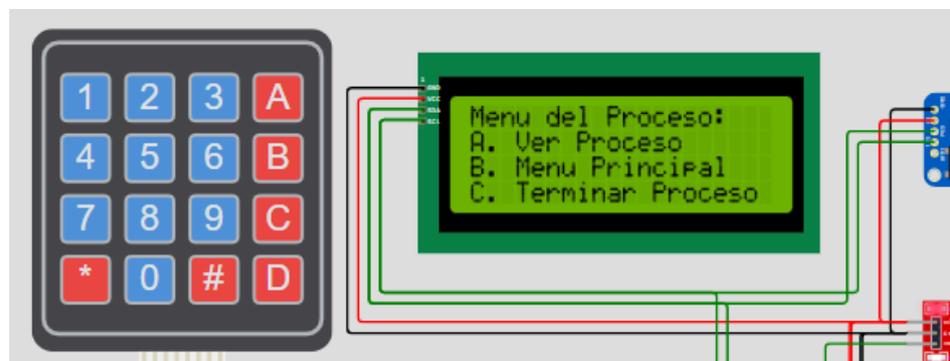


Nota: Ilustración del menú personalizar en pantalla LCD, en este menú se nos presenta las opciones para ingresar una temperatura umbral, humedad umbral y tiempo en la que nos pide ingresar tiempo de remojo en horas y tiempo de germinación en días.

Elaboración propia.

Figura 34

Menú proceso



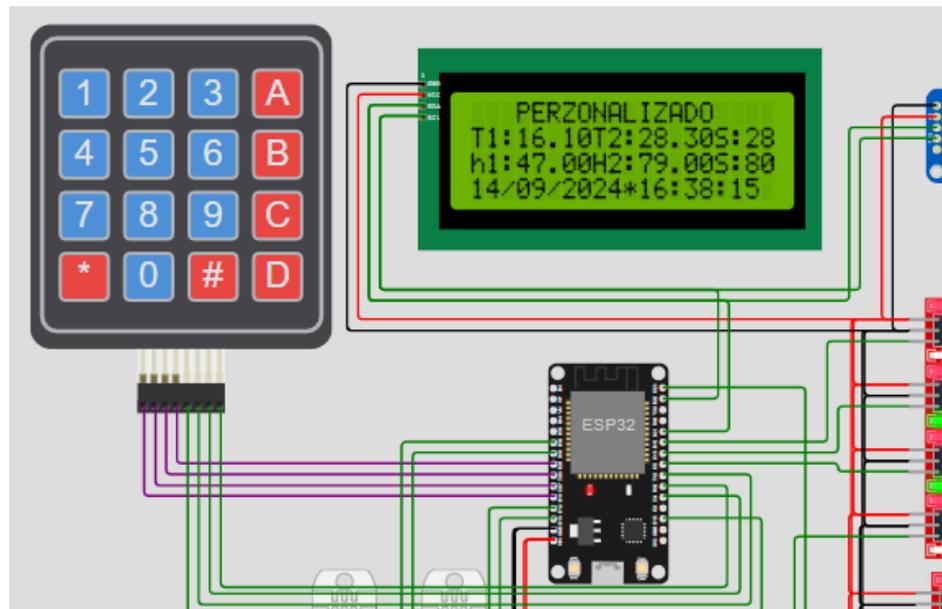
Nota: Ilustración del menú proceso en pantalla LCD, a este menú se puede acceder desde la pantalla de proceso con la tecla (*), se puede acceder también desde otros Menús como el Menú Germinar, este menú permite terminar el proceso presionando la tecla C. Elaboración propia.

3.5.11.5. Datos del proceso en pantalla LCD

Estos datos son muy importantes para saber y ver que el dispositivo siga trabajando.

Figura 35

Pantalla de proceso



Nota: Ilustración de los datos de proceso en pantalla LCD, estos datos se muestran una vez iniciado un proceso. No obstante, nos deja navegar en los demás menús sin afectar el proceso en curso. Elaboración propia.

3.5.11.6. Descripción del programa

Funcionamiento del Sistema de Germinación Autónoma con ESP32: En la primera parte del funcionamiento del sistema se definen todas las variables de entrada y de salida. En la parte visual se inicia mostrando en pantalla el mensaje “Buscando redes...”, en esta etapa intenta conectarse a una red ya guardada anteriormente en una memoria no volátil. A continuación, se conecte o no el dispositivo a una red WiFi con su propio mensaje, se continúa mostrando en pantalla el mensaje “Iniciando*****” con el nombre de “Germinador Automático” en la parte superior. Una vez terminado el proceso de inicialización, incluyendo la recuperación de datos de un proceso ya activo o inactivo, con los valores (0) como datos predeterminados si es que no hubiera un proceso activo, en



seguida se muestra el menú principal en caso de que el proceso esté inactivo. En caso de que el proceso se encuentre activo, se muestran los datos del proceso, del cual se puede salir presionando asterisco (*) hacia el menú principal. Estando ya en el menú principal, tenemos diferentes opciones como por ejemplo “Conexión Wi-Fi/CSV”, “Menú Germinar” y “Menú Redes Wi-Fi”. Para iniciar un nuevo proceso de germinación, se procede a presionar la tecla (B) para seleccionar “Menú Germinar”. En “Menú Germinar” se nos muestra la opción de visualizar el “menú proceso”, en el cual nos muestra los diferentes datos del proceso. Tenemos también la posibilidad desde este menú germinar la opción de iniciar nuevos procesos para alimentos ya definidos como la quinoa, el maíz y la lenteja. En otra opción, contamos con la opción de realizar el inicio de un proceso “Personalizado”, que permite variar la temperatura, la humedad, el tiempo de remojo y el tiempo de germinado. En el menú personalizar, contamos con opciones para ingresar los diferentes parámetros. Presionando (A), nos pide ingresar la temperatura, la cual guarda en una memoria no volátil con la que cuenta el ESP32. Lo mismo ocurre cuando se presiona la tecla (B), en este caso para humedad. Para finalizar la configuración de los parámetros, tenemos que presionar la tecla (C) para configurar los tiempos de remojo y germinado. Una vez ingresados todos los datos, se procede a presionar la tecla numeral (#) para dar inicio al nuevo proceso, o caso contrario presionando (*) se retrocede al menú anterior. El sistema te muestra mensajes como por ejemplo la humedad y temperatura definidas y todos los datos como fecha, temperatura y humedad dentro y fuera del germinador, y el título en este caso



PERSONALIZADO. El procedimiento para iniciar el proceso de germinado de quinua es de manera similar, comenzando del menú “Alimentos” donde tenemos la opción de QUINUA, esta opción da la posibilidad de iniciar el proceso sin la necesidad de configurar algún otro parámetro, El sistema nos permite conectarnos a Internet mediante cualquier red Wi-Fi guardada en una memoria no volátil anteriormente, esta tarea se realiza en un intervalo de tiempo determinado durante todo el proceso para tener los datos actualizados en el servidor de Blynk. El sistema, durante el proceso, nos permite navegar en todos los menús con las teclas asterisco (*) para retroceder y numeral (#) para aceptar. Durante el proceso, se nos permite mostrar los datos guardados mediante la comunicación serial, como también la comunicación con un servidor web con el que cuenta el ESP32, lo que nos facilita visualizar, manejar y estudiar los diferentes datos almacenados en la memoria no volátil del ESP32 en formato texto delimitado por comas. Durante el proceso, también se nos permite encender la luz LED, la que nos facilita la supervisión del desarrollo de las semillas dentro del germinador. Durante el desarrollo del germinado, el sistema manda los datos a la plataforma Blynk, como también recibe instrucciones desde la plataforma para encender o apagar alguno de los actuadores. Para culminar el proceso, se utiliza un temporizador al principio del bucle o también se puede utilizar la opción “Terminar Proceso” que se encuentra en el menú proceso presionando la tecla (C). En este menú tenemos dos opciones más: presionando la tecla (A) nos permite ver todos los datos del proceso y presionando (B) se nos permite salir del menú proceso hacia el menú



principal, en el cual podemos también agregar nuevas redes Wi-Fi sin detener o alterar el proceso en ejecución. En esencia, este es el funcionamiento principal de todo el sistema de germinación autónomo. Cabe resaltar la función de recuperación de datos de proceso en caso de ausencia eléctrica, el cual ayuda en la reanudación del proceso y además el temporizado continua con su curso normal terminando el proceso en su tiempo determinado al inicio del proceso.

3.6. METODOLOGÍA EXPERIMENTAL

En esta sección del presente trabajo se trabaja de acuerdo a la hipótesis planteada a base de diferentes autores como por ejemplo Paricanaza Ticona (2022), quien trabajó a temperatura ambiente, registrando temperaturas dentro de 20°C a 25°C, para mayor eficiencia se toma el valor más alto de tal manera se pueda lograr resultados con mayor posibilidad de éxito. El proceso experimental para la germinación de quinua en el germinador diseñado se llevó a cabo siguiendo una serie de pasos controlados y monitoreados, con el objetivo de garantizar un entorno óptimo para la germinación de las semillas. A continuación, se detalla cada una de las fases de este proceso:

3.6.1. Germinación de quinua (*Chenopodium quinoa*)

Se adquiere semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) de un comercio local, asegurándose de que no represente una variedad en específico sino la más común del mercado. Estas semillas fueron lavadas, desinfectadas y remojadas en agua tratada durante un período de 8 horas, según diferentes autores este procedimiento se debe cumplir rigurosamente para el éxito del experimento, para este efecto se usó el método mencionado por (Paricanaza Ticona, 2022, p. 48) un proceso necesario para activar los mecanismos de germinación.



3.6.1.1. Recepción y pesado

Este paso al ser una simulación de germinación domestica se realiza comprando las semillas de cualquier establecimiento, en nuestro caso se compró de productores locales, esta quinua tiene la particularidad de no estar lavado en su forma mar natural solo cosechado y algún proceso simple de limpieza, en el caso de pesado no se tomó esta media se seleccionó una porción cualquiera, de tal manera tenga una aglomeración razonable de la quinua en las bandejas de germinado.

3.6.1.2. Limpieza

Durante la limpieza solo se retiró alguna semilla o basura fuera de lo común, este es el paso más sencillo que se realizó.

3.6.1.3. Lavado

Se empleó agua tratada en esta fase del proceso, este paso es importante por ser una semilla sin tratamientos de limpieza más complejas, en esta etapa del experimento se logró retirar saponina, tierra, arenilla y restos de la misma planta hojitas, ramitas, etc. Inmediatamente después del lavado y eliminación de la saponina se continua con el proceso.

3.6.1.4. Desinfección

Utilizando alcohol 40 grados (la que se encuentra con facilidad y de bajo costo) se pasa a desinfectar la semilla eliminando bacterias hongos y demás contaminantes presentes en la semilla de quinua, el proceso se realiza durante 15 segundos (al ser un proceso muy corto se llegó aplicar alcohol unos segundos de más) inmediatamente después de los 15



segundos se pasa a enjuagar en agua tratada con el fin de eliminar restos de alcohol y evitar dañar la semilla.

3.6.1.5. Hidratación

Este paso se realizó durante 12 horas, desde este paso el experimento se divide en dos una dentro del germinador y otra fuera del germinador, lo que nos ayudara comparar niveles de germinación y de hidratación en cada proceso.

3.6.1.6. Acondicionamiento

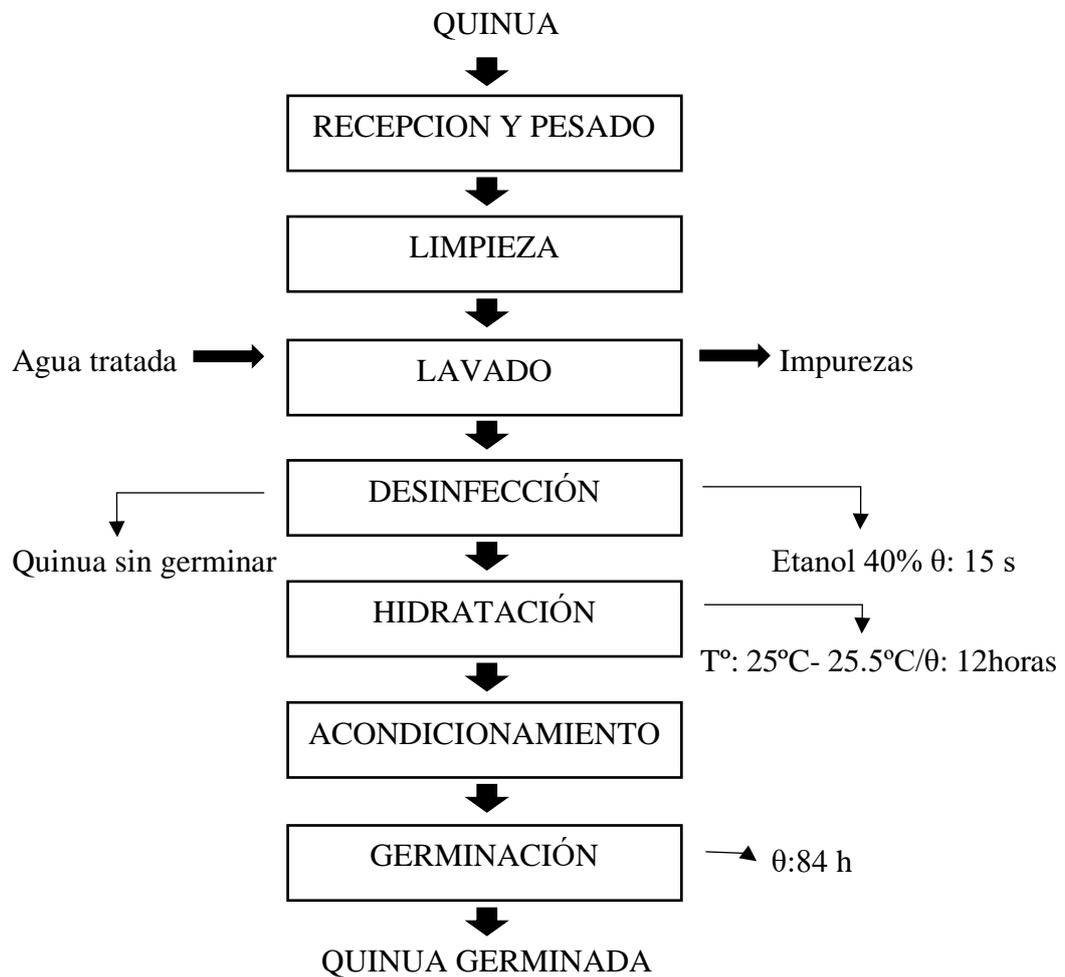
Después de las doce horas se procede a acondicionar las semillas lo que significa que tendremos que retirar del agua y acomodar de forma uniforme en cada bandeja, este paso finaliza con la muestra experimental dentro del germinador, y otra parte que vendría denominarse como muestra control o germinado tradicional.

3.6.1.7. Germinación

Durante esta etapa se irán recopilando datos de temperatura y fotografías del progreso de cada muestra independientemente para evaluar los resultados finales.

Figura 36

Diagrama de flujo para germinación de quinua



Nota: Ilustración del diagrama de proceso de germinación, se muestra los pasos a seguir para la obtención de un germinado exitoso. Adaptado de *Evaluación de las características químicas, físicas, sensoriales, funcionales y vida útil de una bebida a base de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)* (Paricanaza Ticona, 2022, p. 50) (<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18404>).

3.6.2. Configuración, Monitoreo y registro de datos

Cabe resaltar que en el código se integró los valores de germinación para la quinua y otros alimentos adicionales. No obstante, se puede cambiar en el apartado de PERSONALIZADO estos valores según el requerimiento de cada variedad de semilla, durante todo el proceso de germinación se registraron las



variables ambientales dentro del germinador y de la misma forma fuera del dispositivo, estos datos se recolectaron en un intervalo de 15 minutos, los mismos se almacenaron en la memoria SPIFFS del ESP32. Estos datos se fueron esenciales para generar gráficos comparativos y analizar si las condiciones dentro del germinador fueron óptimas en comparación con el ambiente externo.

3.6.3. Análisis de los resultados

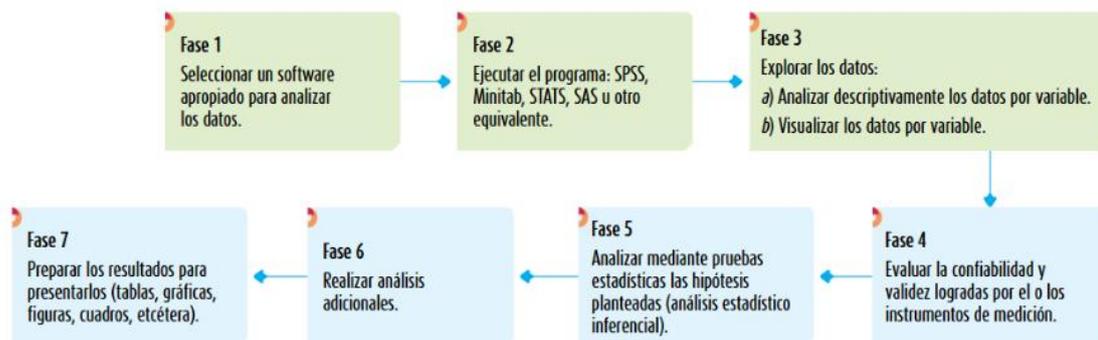
Al final del experimento, usando los métodos de recolección de datos se analizaron los datos recolectados y se compararon con las condiciones externas del germinador. Se generaron gráficos que muestran la evolución de la temperatura y la humedad tanto dentro como fuera del germinador, esta comparación fue determinante para las conclusiones finales, se le puso un especial énfasis en el impacto de la automatización del control de temperatura en el tiempo de germinación.

3.6.3.1. Validación estadística

Los datos se analizaron usando Excel y SPSS, estos resultados se interpretaran para confirmar o rechazar la hipótesis, diferentes autores ya no enfatizan la parte del cálculo manual ya que existen software que realizan el trabajo como afirman Hernández Sampieri et al. (2014) "En la actualidad, el análisis cuantitativo de los datos se lleva a cabo por computadora u ordenador. Ya casi nadie lo hace de forma manual ni aplicando fórmulas, en especial si hay un volumen considerable de datos "(p. 272), entonces en conclusión se realizó una serie de pasos como se muestra a continuación:

Figura 37

Pasos a seguir para un análisis estadístico



Nota: Ilustración del diagrama a seguir para un análisis estadístico. Adaptado de *Metodología de la investigación* (Hernández Sampieri et al., 2014)

Fase 1: Los softwares que se usaron fueron Excel y SPSS. **Fase 2:** Se ingresan todos los datos a Excel según el número de muestras calculado para una población infinita, de la misma manera para SPSS. **Fase 3:** Se realiza la exploración de datos. a). - Se analizan descriptivamente los datos de las variables según el ANEXO 1. **TemC:** Estos datos reflejan el comportamiento de la temperatura relativa de ambiente fuera del germinador. **TemE:** Estos datos reflejan el comportamiento de la temperatura dentro de la cámara de germinación controlado y monitoreado. b). - se visualizan los datos en los ANEXOS 8 en adelante. **Fase 4:** Se validó las herramientas de recolección de datos según el diseño descrito. **Fase 5:** Se realizó el cálculo de la desviación estándar para interpretar los resultados y rechazar o aceptar la hipótesis. no obstante, se muestran los resultados obtenidos aplicando diferentes pruebas en Excel y SPSS en el Anexo 8 al 14 y en las siguientes páginas del presente.



Tabla 3

Resultados del análisis estadístico

RESULTADO DE ANÁLISIS	
Varianza	0.090050058
des. Estándar	0.300083418

Nota: tabla de resultados proporcionado por Excel. Elaboración propia.

Fase6: Se realizaron análisis básicos, por la naturaleza de sus resultados no se incluyen en el presente proyecto. Sin embargo, se muestran en los ANEXOS 8, ANEXO 9, ANEXO 10, ANEXO 11, ANEXO 12, ANEXO 13 y ANEXO 14. **Fase7:** Los resultados se presentan en forma de cuadros y figuras en el capítulo IV.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Después de un arduo trabajo se logró diseñar de manera exitosa UN GERMINADOR AUTÓNOMO DE BAJO COSTO para el germinado de quinua, se realizó dos experimentos que tuvo una duración de 4 días y 7 días, se monitorearon las variables clave del sistema de tal manera se pueda mostrar resultados.

4.1. PARA EL OBJETIVO GENERAL

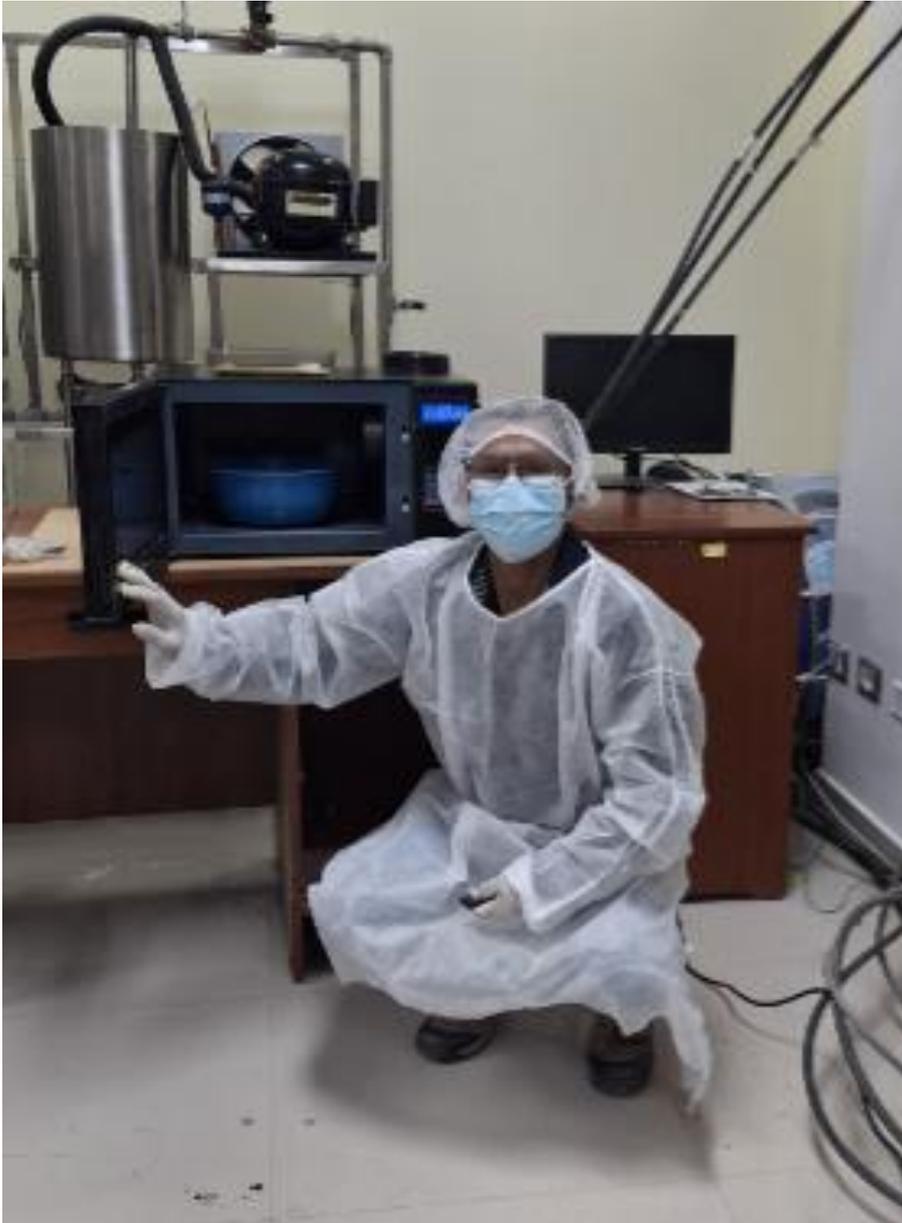
El germinador por definición se considera automatizado (Cat, 2024), desarrollado cumple con el objetivo de ser un dispositivo de bajo costo, capaz de germinar semillas de quinua (*Chenopodium quinoa*) de manera eficiente, en la Universidad Nacional del Altiplano Puno. La implementación de tecnologías como el ESP32 y sensores de bajo costo garantizan el cumplimiento del objetivo general, por el mismo propósito se usó como estructura la carcasa de un horno microondas como se describe a continuación.

Para el diseño de este proyecto se usó una carcasa de microondas, la cual sirvió como cámara de germinación, en este se implementó sensores y actuadores para controlar parámetros esenciales para la germinación. En la parte interna de la cámara de germinación se instaló un sensor DHT11, un calefactor que funciona con resistencias y la iluminación con diodos LED. Juntamente con los componentes electrónicos se tiene instalado un extractor para bajar la humedad de la cámara de germinación, en este compartimento también se encuentra instalado el sistema de riego que cuenta con su tanque de agua y electrobomba de 12V. Por fuera de tiene un pulsador para encender la iluminación, conector USB, pulsador para reiniciar el controlador, un interruptor principal todos estos componentes en la parte lateral y en el frente se encuentra la pantalla

LCD juntamente con un Key Pad 4x4 las que conforman el sistema de interacción hombre máquina.

Figura 38

Germinador de bajo costo



Nota: Fotografía del germinador de bajo costo con la puerta abierta, foto en instalaciones de la escuela profesional de ingeniería electrónica. Elaboración propia.

Figura 39

Inicio de experimento



Nota: Ilustración del germinador abierto con la quinua en la etapa de remojo. Elaboración propia.

4.2. PARA EL PRIMER OBJETIVO ESPECÍFICO

Durante el desarrollo del proyecto, se implementó exitosamente un sistema automatizado que permitió mantener la temperatura dentro del rango óptimo de **24°C a 25°C** en el área de germinación del germinador de quinua. Este objetivo fue logrado gracias a la integración de un calefactor el cual funciona con un ventilador y sus resistencias, este se enciende cada vez que baja de los 25°C, para compensar el retardo se agregó 0.5°C en el control de los Relays. cómo se explicó durante el desarrollo de este

proyecto todos los datos son recolectados y guardados en una memoria no volátil. En seguida se evaluó los datos con los programas Excel y SPSS, los resultados se muestran a continuación, se disponen de más datos en los Anexos 8 al 14.

Tabla 4

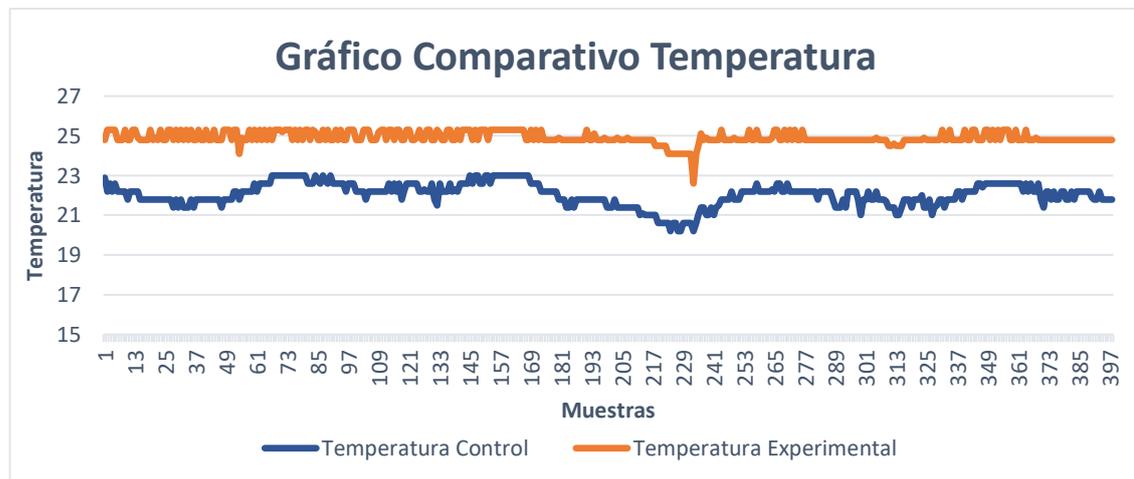
Cuadro de datos durante la germinación

	temperatura externa	Temperatura interna	Umbral de temperatura	Humedad externa	Humedad interna	Umbral de humedad
PROMEDIO	22.0512	24.9192	25	21.7708	97.792	90

Nota: Ilustración de tabla de datos, en las columnas desde la izquierda a derecha se tiene número de datos, fecha, hora, temperatura control fuera del área de germinación, temperatura experimental dentro del área de germinación, punto de ajuste de temperatura, humedad control, humedad experimental, punto de ajuste de humedad, en la última fila se observan los promedios de cada columna de datos. Elaboración propia.

Figura 40

Gráfico comparativo de temperatura



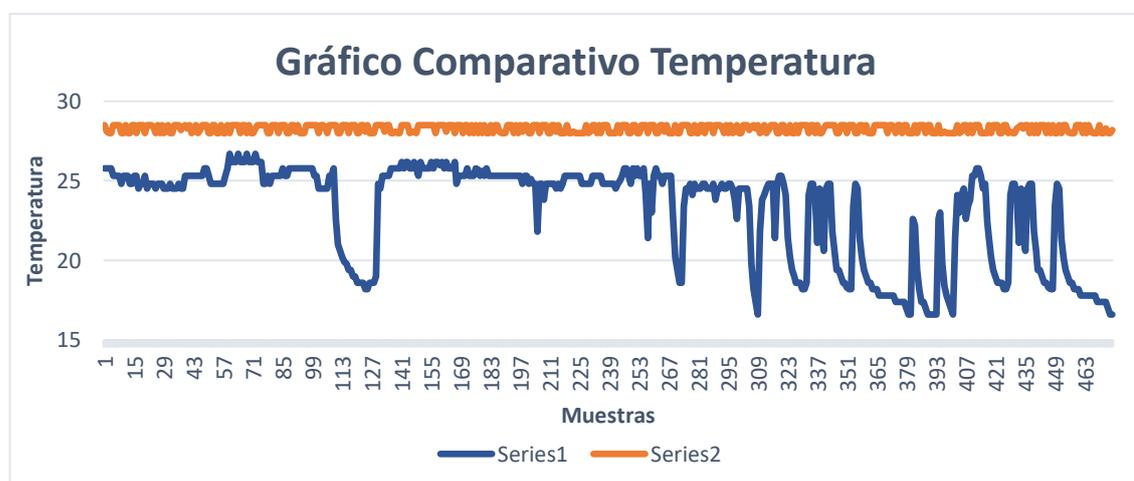
Nota: Ilustración de grafica comparativa a partir de la tabla de datos Figura 41, se tomó solo los datos de nuestro interés que son las temperaturas controladas y las temperaturas no controladas que se les definió como temperatura de control, en el grafico de temperatura experimental se observan algunas perturbaciones controladas que se realizó entre los datos 49 y 61, 217 y 241, la cual da fe de que el control de temperatura si está funcionando de manera correcta. Elaboración propia.

4.3. PARA EL SEGUNDO OBJETIVO ESPECIFICO

Para el segundo objetivo específico, que busca reducir el tiempo de germinación de la semilla de quinua (*Chenopodium quinoa*), se lograron resultados prometedores tras la implementación del germinador automatizado. Gracias al control preciso de la temperatura y otros, el sistema mantuvo las condiciones óptimas constantes, gracias a la cual se observó una disminución significativa en el tiempo de germinación, cumpliendo el objetivo de acortar el período de germinación en condiciones controladas, esto fue corroborado mediante la diferencia de las semillas germinadas fuera y dentro del germinador. Estos resultados confirman la hipótesis de que la automatización mediante un sistema basado en ESP32 e IoT puede optimizar significativamente el tiempo de germinación disminuyéndolo aproximadamente de 12 a 7 días, estos resultados se sostienen mediante resultados observables de las semillas de quinua como se muestra en las siguientes tablas y figuras. Para este experimento se elevó un poco más la temperatura a 28°C de acuerdo a (Boero et al., 2000) donde mencionan que de acuerdo a modelos matemáticos la temperatura optima es de 28°C a 30°C. Para el experimento se tomó en cuenta los métodos que se sugiere (Paricanaza Ticona, 2022)..

Figura 41

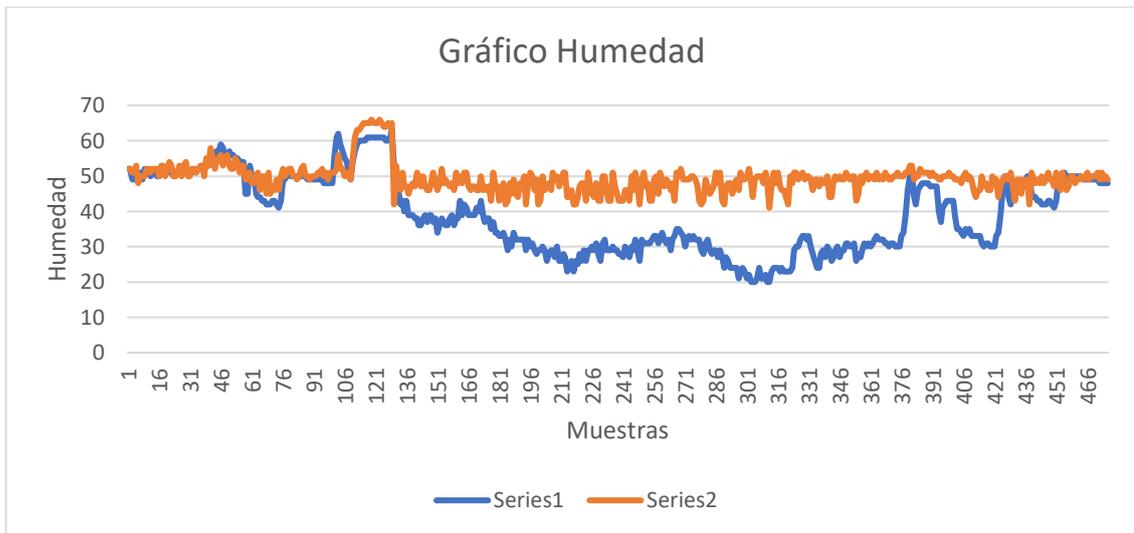
Gráfico comparativo de temperatura a 28°C



Nota: Este experimento se realizó en un ambiente diferente con las ventanas cerradas al principio, pero más adelante se dejó las ventanas abiertas lo que se refleja en el comportamiento de la temperatura graficada de color azul, la gráfica de color naranja Series 2 muestra la temperatura mantenida dentro de la cámara de germinación a 28°C como punto de ajuste. Elaboración propia.

Figura 42

Grafica comparativa de humedad



Nota: Este experimento se realizó con el ajuste de humedad deseada en 50%. Elaboración propia.

Tabla 5

Fotos de resultado a 4 y 7 días

FOTOS Y DESCRIPCIÓN DENTRO DEL GERMINADOR	FOTOS Y DESCRIPCIÓN FUERA DEL GERMINADOR
Resultado de germinación a 4 días dentro del germinador	Resultado de germinación de 4 días fuera del germinador

FOTOS Y DESCRIPCIÓN DENTRO DEL GERMINADOR	FOTOS Y DESCRIPCIÓN FUERA DEL GERMINADOR
---	--



Resultado de germinación a 7 días dentro del germinador



Resultado de germinación de 7 días fuera del germinador



Nota: en el resultado final a 7 días se observa un aumento de pigmentación en la muestra control, en la muestra experimental se observa un aumento significativo en el tamaño y baja pigmentación. Elaboración propia.

4.4. DISCUSIONES

Se encontraron similitudes y diferencias en comparación con el trabajo de Aspiazu Mendieta & Ioor Parrales (2023), que busco desarrollar un prototipo usando tecnología de código abierto para automatizar el proceso de germinación de semillas para hortalizas que permita el monitoreo remoto. El presente proyecto trabajado tiene muchas similitudes



en tecnologías de código abierto y el monitoreo remoto, en lo que difiere es que el presente se enfoca solo en la germinación de la quinua. En conclusión, ambos proyectos reflejan los beneficios de la automatización y la tecnología de código abierto en el ámbito de la germinación de semillas, estos reflejan la disminución de la intervención humana, cada uno adaptado a sus respectivos objetivos y contextos. Esto reafirma la relevancia de la tecnología en la modernización de procesos de germinación.

A diferencia con el trabajo de Flores Morales (2023), que se desarrolló un germinador de semillas de alfalfa y frijol que responde a los objetivos de desarrollo sostenible, enfocando el diseño para el control de la temperatura y la humedad, el presente proyecto se enfoca en el control de temperatura reduciendo también uso de recursos lo que ayuda a la vez reducir costos, en el trabajo de Flores Morales (2023) se destacó la importancia de la humedad suministrada directa y continuamente con el uso de papel filtro, lo que difiere en el germinador diseñado ya que se enfoca y resalta el control de la temperatura y el riego de forma intermitente. En conclusión, existen diferencias marcadas en cuanto al control de humedad en cambio concuerda en el control de temperatura.

Analizando el proyecto de Figueroa Villavicencio (2023), que diseñó y construyó la estructura para el prototipo, el sistema de control cuenta con una interfaz hombre – máquina (HMI) lo que se asemeja al proyecto presente porque también se desarrolló un interfaz hombre – maquina simple acompañado de un sistema de monitoreo remoto IoT el cual ayudo a realizar un análisis más profundo, en todos estos aspectos diseñados se asemejan obteniendo resultados favorables. No obstante, en similitud a este trabajo se realizó también pruebas dentro y fuera del germinador para recolectar datos los cuales se analizaron de forma comparativa. En conclusión, se asemeja mucho en cuanto a diseño de interfaz hombre – maquina y pruebas para validar hipótesis.



Polanco Arias (2023) desarrolló un prototipo de germinador que utiliza el control por histéresis para regular la temperatura, a diferencia del germinador diseñado durante este trabajo, se mantuvo un valor referencial de 19.5, este valor ayudo a mantener límites entre los 18.02 y 20.97°C. la misma que presenta un promedio de control de 19.495°C la que se acerca mucho al valor referencial, en el caso del proyecto presente se obtuvo un promedio de 25.033°C con un valor referencial de 25°C, a diferencia de Polanco Arias (2023) que uso una aplicación móvil que permite supervisar el estado del proceso en tiempo real a través de internet, para el diseño se la supervisión se utilizó la plata forma IoT Blynk para la supervisión remota. En conclusión, se encuentran diferencias en cuanto al método de control de temperatura y el valor referencial, para la supervisión se usan métodos diferentes obteniendo resultados positivos,

El autor Chicaiza Calero (2024) diseño los sistemas de ventilación, riego, control de temperatura y HMI, tomó mucha importancia a la temperatura y humedad para acelerar la germinación. En el presente proyecto desarrollado se tomó más importancia en la temperatura usando el método de control On/Off, a diferencia de Chicaiza Calero (2024) que implemento la lógica difusa para gestionar sus variables, concluyendo de se disminuye de 30 a 20 días la germinación. En esta conclusión se difiere ya que se disminuyó en un aproximado de 12 días a 7 días. En conclusión, se tienen diferencias en cuanto a control y la reducción de tiempo de germinado, cabe resaltar que cada resultado se dio en su propio contexto y sus propios objetivos.

En su artículo científico Diaz et al. (2024). Conto con la prueba de un prototipo recolector de datos para el monitoreo de variables agrícolas, Afirmando que el sector agrícola ha sido uno de los principales beneficiarios de la expansión del Internet de las Cosas (IoT), entrando en similitud con el diseño de monitoreo mediante la plataforma Blynk usado en el presente proyecto, como también el uso de sistemas de procesamiento



económicos y de código abierto como el ESP32. En conclusión, los resultados en ambos proyectos demuestran la importancia de implementar este tipo de sistemas sin depender de tecnologías computacionales avanzadas y facilitando la supervisión remota a través del internet y de bajo costo.

En similitud al sistema de monitoreo diseñado por Fernández (2023), que propuso un sistema de monitoreo que usa internet de las cosas (IoT), emplea tecnología de código abierto como el ESP32 por su sencillez y bajo consumo energético, aprovechando su facilidad de conexión a WiFi, esto para la mejor gestión de recursos hídricos. En conclusión, en ambos proyectos se aprovecha tecnologías de código abierto para la implementación de un sistema IoT para mejorar el monitoreo aportando la mejora en la producción en su propio enfoque.



V. CONCLUSIONES

PRIMERA: El diseño e implementación del germinador automatizado de bajo costo para quinua (*Chenopodium quinoa*) demostró ser una herramienta eficiente para controlar las variables críticas del proceso de germinación, como la temperatura. No obstante, se concluye que se trata de un dispositivo automatizado apoyado en la tecnología IoT. Esto, además, fomenta el uso de soluciones tecnológicas accesibles en procesos agrícolas y alimentarios.

SEGUNDA: El sistema de control implementado permitió mantener la temperatura en el rango deseado (24°C a 25°C) dentro del germinador, verificada por la desviación estándar con un valor de 0.30370, asegurando un entorno óptimo para la germinación de las semillas de quinua. Esto afirma que el uso de sensores de temperatura y controladores automatizados es efectivo para regular la temperatura, cumpliendo con el objetivo.

TERCERA: Para el segundo objetivo según la observación natural se concluye que, se logró exitosamente mediante la regulación automática de las condiciones ambientales dentro del germinador. No obstante, estos resultados varían de acuerdo a la variedad de la quinua. Este resultado respalda la segunda hipótesis.



VI. RECOMENDACIONES

- PRIMERA:** Se recomienda usar este sistema como un germinador de uso científico, por tener suficientes herramientas que facilitan su uso en proyectos más complejos. Estas herramientas incluyen por ejemplo registros, visualización en diferentes plataformas, facilidad de conexión a una red Wifi, sistema de almacenamiento de datos, etc.
- SEGUNDA:** Se recomienda realizar experimentos para el secado acelerado de alimentos, este proceso no se consideró como una función del germinador, sin embargo, se observó que con la configuración correcta se puede realizar secado acelerado de algunos alimentos con mucha más eficiencia.
- TERCERA:** Se recomienda elaborar un prototipo con otro método de calefacción más adecuado para alimentos, considerando normativas alimentarias. El presente diseño usa como estructura principal la carcasa de un horno microondas lo que resulto como una limitante para contenedores de agua y otros, como la alta capacidad de disipación de energía térmica.
- CUARTA:** Se recomienda rediseñar el PCB según nuevos requerimientos y conexiones de salidas y entradas, como también se recomienda agregar como función el encendido y apagado de luz y/o radiación UV, mejorar extractor, para aumentar la pigmentación y cambiar de esta manera el perfil nutricional del germinado.
- QUINTA:** Por deficiencias en riego. Se recomienda rediseñar los sistemas de riego, mejorando sus contenedores como también sus mecanismos de alerta y de supervisión.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AbrahamG. (2019, octubre 24). Relevador con Arduino—[Relay Arduino Tutorial]
Automatización. Automatización para Todos.
<https://www.automatizacionparatodos.com/relevador-con-arduino/>
- Adafruit Industries. (s. f.). *DHT11 basic temperature-humidity sensor + extras.*
Recuperado 11 de noviembre de 2024, de <https://www.adafruit.com/product/386>
- Adafruit, L. A. (2023). *Descripción general | Sensores DHT11, DHT22 y AM2302 | Sistema de aprendizaje Adafruit.* <https://learn.adafruit.com/dht/overview>
- Arduino, S. (2024). *Arduino ID 2.3.2. Software.* <https://www.arduino.cc/en/software>
- Aspiazu Mendieta, J. B., & Iloor Parrales, C. D. (2023). *Desarrollo de un prototipo de germinador automatizado utilizando el microcontrolador arduino y módulo de interconexión para el monitoreo de parámetros mediante aplicación web utilizados en la producción de hortalizas en fincas del guayas [Proyecto de Titulación, Universidad de Guayaquil].*
<https://repositorio.ug.edu.ec/handle/redug/69035>
- Behar Rivero, D. S. (with Sanabria, M.). (2008). *Introducción a la Metodología de la Investigación* (A. Rubeira, Ed.). Editorial Shalom 2008.
- bit, E. octavo. (2020, noviembre 13). *Teclados matriciales | Conectar y programar con Arduino.* El Octavo Bit. <https://eloctavobit.com/modulos-sensores/teclados-matriciales>
- Boero, C., González, J. A., & Prado, F. E. (2000). Efecto de la temperatura sobre la germinación de diferentes variedades de quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Lilloa*, 103-108.
- Bolton, W. (2013). *Mecatrónica: Sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica.* Alpha Editorial.



- [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=a7F1EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Bolton+W.+\(2017\).+Sistemas+de+control+electr%C3%B3nico+en+la+ingenier%C3%ADa+mec%C3%A1nica+y+el%C3%A9ctrica.+6ta+Edici%C3%B3n.+Mexico+&ots=sXmwUp3buU&sig=XvCgBsJOct53YjRs4fo0tRRNDmU](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=a7F1EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PP1&dq=Bolton+W.+(2017).+Sistemas+de+control+electr%C3%B3nico+en+la+ingenier%C3%ADa+mec%C3%A1nica+y+el%C3%A9ctrica.+6ta+Edici%C3%B3n.+Mexico+&ots=sXmwUp3buU&sig=XvCgBsJOct53YjRs4fo0tRRNDmU)
- Cañazaca Limachi, B. A. (2024). *Diseño e implementación de un sistema de control de riego tecnificado por goteo automatizado para la finca Patascachi en el distrito de Tilali—Moho* [Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Electrónico, Universidad Nacional del Altiplano].
- <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/22480>
- Casanave Zevallos, M. del C., & Ruiz Chocano, R. A. (2022). *Evaluación del aporte nutricional de los granos germinados y sin germinar de quinua, kiwicha y cañihua* [Tesis para obtener el grado académico de maestra en nutrición y dietética, Universidad Femenina del Sagrado Corazón].
- <https://repositorio.unife.edu.pe/repositorio/handle/20.500.11955/964>
- Castaño Giraldo, S. A. (2019, agosto 21). ▷ *LCD Arduino—[Explicación + Código de Ejemplo]*. Control Automático Educación.
- <https://controlautomaticoeducacion.com/sistemas-embebidos/arduino/lcd/>
- Cat. (2024). *Automatización y Autonomía: ¿Cuál es la Diferencia?*
- https://www.cat.com/es_MX/articles/ci-articles/automation-autonomy-whats-the-difference.html. https://www.cat.com/es_MX/articles/ci-articles/automation-autonomy-whats-the-difference.html
- Chicaiza Calero, O. W. (2024). *Diseño y construcción de un germinador de esquejes y semillas de petunias y ciclamen* [Trabajo de titulación, Universidad Politécnica Salesiana sede Quito].
- <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/27231/1/TTS1763.pdf>



- Corona Ramírez, L. G., Abarca Jiménez, G. S., & Mares Carreño, J. (2014). *Sensores y Actuadores*. Grupo Editorial Patria.
- Cortes, A. (2022, septiembre 17). *Tutorial ESP32*. Acortes Software.
<https://acortes.co/tutorial-esp32/>
- Díaz, J. L. D., Salcedo, D., Mercado, T., Quiñonez, Y., & Mejía de la Hoz, A. (2024). Internet de las cosas aplicado a la agricultura: Estado actual y su aplicación mediante un prototipo. *RISTI - Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação*, 53, 106-121. <https://doi.org/10.17013/risti.53.106-121>
- Doria, J. (2010). Generalidades sobre las semillas: Su producción, conservación y almacenamiento. *Cultivos Tropicales*, 31(1), 00-00.
- FamilySearch. (2023, julio 27). *Puno, Puno, Perú—Genealogía*. FamilySearch Wiki.
https://www.familysearch.org/es/wiki/Puno,_Puno,_Per%C3%BA_-_Genealog%C3%ADa
- Fernández, F. (2023). IoT aplicado al monitoreo en tiempo real de cultivos agrícolas. *Reportes científicos de la FACEN*, 14(1), 62-69.
<https://doi.org/10.18004/rcfacen.2023.14.1.62>
- Figueroa Villavicencio, A. S. (2023). *Diseño e implementación de un germinador de semillas: Diseño e implementación de un germinador de semillas de lechuga con control de humedad*. [Trabajo de integración curricular, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25171>
- Flores Morales, A. G. (2023). *Diseño y construcción de un prototipo de germinador de semillas* [Tesis de Maestría, Universidad Politécnica de Puebla].
<http://repositorio.up Puebla.edu.mx:8080/xmlui/handle/123456789/499>
- Gómez, J. F. R., Villanueva, E. F. Y., Huamán, A. M. C., & Rivera, Á. O. P. (2022). Efecto del lavado, escarificación, tiempo de rehidratación y tiempo de



- germinación en el contenido de saponina de quinua (*Chenopodium quinoa willd*) y en el porcentaje de germinación. *Journal of Agri-food Science*, 3(1), Article 1.
- Gurevich, V. (2005). *Relés eléctricos: Principios y aplicaciones*.
- Gutierrez Quispe, S. W., & Choque Quispe, J. R. (2022). *Diseño e implementación de un sistema automatizado para una planta piloto controlado con PLC y monitoreado con sistema SCADA para el riego tecnificado San José Azángaro 2020* [Universidad Nacional del Altiplano. Repositorio Institucional - UNAP]. <https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18596>
- Hernández Sampieri, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2014). *Metodología de la investigación* (Vol. 6). México: McGraw-Hill. <https://pdfs.semanticscholar.org/f6bf/7901dcceae8e87c5760eb13ff6ef5ff3f072.pdf>
- INEI. (2023). *PERU Instituto Nacional de Estadística e Informática INEI*. <https://www.inei.gob.pe/estadisticas/indice-tematico/mortality-and-nutritional-status-of-children-and-m/>
- Kuo, B. C. (1996). *Sistemas de control automático*. Pearson Educación.
- Lifeder. (2021, abril 18). *Capacidad calorífica: Concepto, fórmulas, unidades, ejemplos*. Lifeder. <https://www.lifeder.com/capacidad-calorifica/>
- Lifeder. (2024, abril 30). *Primera ley de la termodinámica: Qué es, aplicaciones, ejemplos*. Lifeder. <https://www.lifeder.com/primera-ley-termodinamica/>
- Lozano, R. (500, 00:00). *LCD 20 X 4 Con Luz De Fondo Azul Con Interfaz I2C*. Talos Electronics. <https://www.taloselectronics.com/blogs/tutoriales/lcd-20-x-4-con-luz-de-fondo-azul-con-interfaz-i2c>



- Martínez, D. V. S. (2022). Técnicas e instrumentos de recolección de datos en investigación. *TEPEXI Boletín Científico de la Escuela Superior Tepeji del Río*, 9(17), Article 17. <https://doi.org/10.29057/estr.v9i17.7928>
- Massaccesi, D. (2014). *Técnicas de control automático, un estudio comparativo*. Diego Massaccesi.
- Meta AI. (2024). *Imagen generada de un germinador automatizado* [Software]. <https://www.meta.ai/generador-imagenes>
- Modern-Physics. (2024, octubre 9). *La Ley de Enfriamiento de Newton / Principios, Aplicaciones y Fórmula*. Modern Physics Insights: Discover, Understand, Innovate. <https://modern-physics.org/la-ley-de-enfriamiento-de-newton-principios-aplicaciones-y-formula/>
- Naylamp, M. (2024). *Tutorial LCD con I2C, controla un LCD con solo dos pines*. Naylamp Mechatronics - Perú. https://naylampmechatronics.com/blog/35_tutorial-lcd-con-i2c-controla-un-lcd-con-solo-dos-pines.html
- Ñaupas Paitán, H., Valdivia Dueñas, M. R., Palacios Vilela, J. J., & Romero Delgado, H. E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis* (5.^a ed.). Ediciones de la U LTDA. www.edicionesdelau.com
- Ogata, K. (2010). *Ingeniería De Control Moderna 5ta Ed. Katsuhiko Ogata 2010*. <http://archive.org/details/ingenieria-de-control-moderna-5ta-ed.-katsuhiko-ogata-2010>
- Paricanaza Ticona, D. C. (2022). *Evaluación de las características químicas, físicas, sensoriales, funcionales y vida útil de una bebida a base de quinua (Chenopodium quinoa Willd.) y tarwi (Lupinus mutabilis Sweet)* [Universidad



Nacional del Altiplano].

<https://repositorio.unap.edu.pe/handle/20.500.14082/18404>

Peña, C. (2024). *ARDUINO. Manejo de sensores*. RedUSERS.

[https://books.google.com.pe/books?id=EbYfEQAAQBAJ&printsec=frontcover
&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.pe/books?id=EbYfEQAAQBAJ&printsec=frontcover&hl=es&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false)

Pilco Quesada, S. (2020). *Efectos de la germinación y el horneado sobre los compuestos fenólicos y las propiedades nutricionales de la quinua (*Chenopodium quinoa*) y la kiwicha (*Amaranthus caudatus*)*.

Polanco Arias, F. W. (2023). *Diseño e implementación de un germinador de semillas: Diseño e implementación de un germinador de semillas de lechuga con control de temperatura*. [Trabajo de integración curricular, Escuela Politécnica Nacional]. <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/25016>

Ponce de León De Lama, C., Torija Isasa, E., Matallana González, Ma. C., & Pintado García, C. (2020). Interés de los germinados y su Seguridad Alimentaria. *Nutricion Clinica y Dietetica Hospitalaria, 1*, 62-73.
<https://doi.org/10.12873/401ponce>

Sucasaire Pilco, J. (2022). *Orientaciones para la selección y el cálculo del tamaño de la muestra de investigación*. Sucasaire Pilco, Jorge.
<https://hdl.handle.net/20.500.12390/3096>

Tesla_Electronic, E. (2019, agosto 17). *Teclado matricial 4x4 interruptores de membrana*. Tesla Electronic EIRL.
<https://www.teslaelectronic.com.pe/producto/teclado-matricial-4x4-interruptores-de-membrana/>



Useche, M. C., Artigas, W., Queipo, B., & Perozo, É. (2019). *Técnicas e instrumentos de recolección de datos cuali-cuantitativos*. Universidad de la Guajira.

<https://repositoryinst.uniguajira.edu.co/handle/uniguajira/467>

Véliz Capuñay, C. (2014). *Estadística para la administración y los negocios*.

<https://www.freelibros.net/administracion/estadistica-para-la-administracion-y-los-negocios-carlos-veliz-capunay>



ANEXOS

ANEXO 1: Tabla de datos

DISEÑO DE UN GERMINADOR AUTÓNOMO DE BAJO COSTO, USANDO ESP32 PARA EL GERMINADO DE QUINUA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO.

TABLA DE VALORES EXPERIMENTAL, CONTROL Y HUMBRAL

Nro.	Fecha	Hora	Temp /C	Temp /E	Temp /H	Hum /C	Hum /E	Hum /H	Nombre
1	14/09/2024	21:35:31	22.9	24.8	25	20	77	90	Quinua
2	14/09/2024	21:50:35	22.2	25.3	25	20	80	90	Quinua
3	14/09/2024	22:05:45	22.6	25.3	25	19	84	90	Quinua
4	14/09/2024	22:20:55	22.2	25.3	25	19	89	90	Quinua
5	14/09/2024	22:35:56	22.6	25.3	25	19	92	90	Quinua
6	14/09/2024	22:51:05	22.2	24.8	25	19	94	90	Quinua
7	14/09/2024	23:06:10	22.2	24.8	25	19	96	90	Quinua
8	14/09/2024	23:21:19	22.2	24.8	25	19	98	90	Quinua
9	14/09/2024	23:36:24	22.2	25.3	25	19	98	90	Quinua
10	14/09/2024	23:51:25	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
11	15/09/2024	00:06:32	22.2	24.8	25	19	98	90	Quinua
12	15/09/2024	00:21:34	22.2	25.3	25	19	98	90	Quinua
13	15/09/2024	00:36:36	22.2	25.3	25	19	98	90	Quinua
14	15/09/2024	00:51:38	22.2	24.9	25	19	98	90	Quinua
15	15/09/2024	01:06:48	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
16	15/09/2024	01:21:55	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
17	15/09/2024	01:37:05	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
18	15/09/2024	01:52:15	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
19	15/09/2024	02:07:23	21.8	25.3	25	19	98	90	Quinua
20	15/09/2024	02:22:23	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
21	15/09/2024	02:37:27	21.8	24.9	25	19	98	90	Quinua
22	15/09/2024	02:52:35	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
23	15/09/2024	03:07:37	21.8	25.3	25	19	98	90	Quinua
24	15/09/2024	03:22:43	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
25	15/09/2024	03:37:47	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
26	15/09/2024	03:52:55	21.8	25.3	25	19	98	90	Quinua
27	15/09/2024	04:07:55	21.8	25.3	25	19	98	90	Quinua
28	15/09/2024	04:22:56	21.4	24.8	25	19	98	90	Quinua
29	15/09/2024	04:37:56	21.8	25.3	25	19	98	90	Quinua
30	15/09/2024	04:53:07	21.4	24.8	25	19	98	90	Quinua
31	15/09/2024	05:08:07	21.8	25.3	25	19	98	90	Quinua
32	15/09/2024	05:23:18	21.4	24.8	25	19	98	90	Quinua
33	15/09/2024	05:38:20	21.4	25.3	25	19	98	90	Quinua
34	15/09/2024	05:53:22	21.4	24.8	25	19	98	90	Quinua



Nro.	Fecha	Hora	Temp /C	Temp /E	Temp /H	Hum /C	Hum /E	Hum /H	Nombre
35	15/09/2024	06:08:28	21.8	25.3	25	19	98	90	Quinua
36	15/09/2024	06:23:32	21.4	24.8	25	19	98	90	Quinua
37	15/09/2024	06:38:41	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
38	15/09/2024	06:53:43	21.8	25.3	25	19	98	90	Quinua
39	15/09/2024	07:08:52	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
40	15/09/2024	07:23:53	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
41	15/09/2024	07:39:03	21.8	25.3	25	19	98	90	Quinua
42	15/09/2024	07:54:04	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
43	15/09/2024	08:09:06	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
44	15/09/2024	08:24:09	21.8	25.3	25	19	98	90	Quinua
45	15/09/2024	08:39:10	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
46	15/09/2024	08:54:14	21.8	24.8	25	20	98	90	Quinua
47	15/09/2024	09:09:22	21.4	24.8	25	20	98	90	Quinua
48	15/09/2024	09:24:22	21.8	25.3	25	20	98	90	Quinua
49	15/09/2024	09:39:23	21.8	25.3	25	21	98	90	Quinua
50	15/09/2024	09:54:29	21.8	25.3	25	21	98	90	Quinua
51	15/09/2024	10:09:39	21.8	24.8	25	20	98	90	Quinua
52	15/09/2024	10:24:41	22.2	25.3	25	20	98	90	Quinua
53	15/09/2024	10:39:46	22.2	25.3	25	20	98	90	Quinua
54	15/09/2024	10:54:53	21.8	24.1	25	20	78	90	Quinua
55	15/09/2024	11:09:54	22.2	24.9	25	19	98	90	Quinua
56	15/09/2024	11:24:57	22.2	24.8	25	19	98	90	Quinua
57	15/09/2024	11:40:07	22.2	24.8	25	19	98	90	Quinua
58	15/09/2024	11:55:11	22.2	25.3	25	19	98	90	Quinua
59	15/09/2024	12:10:20	22.2	24.8	25	19	98	90	Quinua
60	15/09/2024	12:25:23	22.6	25.3	25	19	98	90	Quinua
61	15/09/2024	12:40:29	22.2	24.8	25	19	98	90	Quinua
62	15/09/2024	12:55:38	22.6	25.3	25	19	98	90	Quinua
63	15/09/2024	13:10:48	22.6	24.8	25	22	98	90	Quinua
64	15/09/2024	13:25:53	22.6	25.3	25	23	98	90	Quinua
65	15/09/2024	13:41:01	22.6	24.8	25	23	98	90	Quinua
66	15/09/2024	13:56:05	22.6	25.3	25	23	98	90	Quinua
67	15/09/2024	14:11:08	23	24.8	25	23	98	90	Quinua
68	15/09/2024	14:26:14	23	25.3	25	23	98	90	Quinua
69	15/09/2024	14:41:18	23	25.3	25	23	98	90	Quinua
70	15/09/2024	14:56:25	23	25.3	25	23	98	90	Quinua
71	15/09/2024	15:11:30	23	25.2	25	23	98	90	Quinua
72	15/09/2024	15:26:39	23	25.3	25	23	98	90	Quinua
73	15/09/2024	15:41:42	23	25.3	25	24	98	90	Quinua
74	15/09/2024	15:56:51	23	25.3	25	23	98	90	Quinua
75	15/09/2024	16:11:56	23	24.8	25	24	98	90	Quinua
76	15/09/2024	16:27:05	23	25.3	25	24	98	90	Quinua
77	15/09/2024	16:42:08	23	24.8	25	26	98	90	Quinua
78	15/09/2024	16:57:15	23	25.3	25	26	98	90	Quinua



Nro.	Fecha	Hora	Temp /C	Temp /E	Temp /H	Hum /C	Hum /E	Hum /H	Nombre
79	15/09/2024	17:12:22	23	24.8	25	27	98	90	Quinua
80	15/09/2024	17:27:27	23	25.3	25	29	98	90	Quinua
81	15/09/2024	17:42:36	22.6	25.3	25	30	98	90	Quinua
82	15/09/2024	17:57:43	22.6	24.8	25	30	98	90	Quinua
83	15/09/2024	18:12:52	22.6	25.3	25	29	98	90	Quinua
84	15/09/2024	18:27:55	23	25.2	25	33	98	90	Quinua
85	15/09/2024	18:43:05	22.7	24.8	25	38	98	90	Quinua
86	15/09/2024	18:58:07	22.6	24.8	25	39	98	90	Quinua
87	15/09/2024	19:13:17	23	25.3	25	39	98	90	Quinua
88	15/09/2024	19:28:26	22.7	24.8	25	38	98	90	Quinua
89	15/09/2024	19:43:29	22.6	25.3	25	38	98	90	Quinua
90	15/09/2024	19:58:33	23	24.8	25	35	98	90	Quinua
91	15/09/2024	20:13:35	22.6	24.8	25	35	98	90	Quinua
92	15/09/2024	20:28:35	22.6	25.3	25	28	98	90	Quinua
93	15/09/2024	20:43:38	22.6	24.8	25	20	98	90	Quinua
94	15/09/2024	20:58:41	22.6	25.3	25	19	98	90	Quinua
95	15/09/2024	21:13:46	22.6	24.8	25	19	98	90	Quinua
96	15/09/2024	21:28:49	22.2	24.8	25	19	98	90	Quinua
97	15/09/2024	21:43:55	22.6	25.3	25	17	98	90	Quinua
98	15/09/2024	21:58:59	22.6	25.3	25	17	98	90	Quinua
99	15/09/2024	22:14:05	22.6	25.3	25	17	98	90	Quinua
100	15/09/2024	22:29:08	22.2	24.8	25	17	98	90	Quinua
101	15/09/2024	22:44:15	22.2	24.8	25	17	98	90	Quinua
102	15/09/2024	22:59:24	22.2	24.8	25	17	98	90	Quinua
103	15/09/2024	23:14:34	22.2	25.3	25	17	98	90	Quinua
104	15/09/2024	23:29:37	21.8	25.3	25	17	98	90	Quinua
105	15/09/2024	23:44:43	22.2	25.3	25	17	98	90	Quinua
106	15/09/2024	23:59:51	22.2	24.8	25	17	98	90	Quinua
107	16/09/2024	00:14:52	22.2	24.8	25	17	98	90	Quinua
108	16/09/2024	00:30:02	22.2	24.8	25	17	98	90	Quinua
109	16/09/2024	00:45:07	22.2	25.2	25	17	98	90	Quinua
110	16/09/2024	01:00:18	22.2	25.3	25	17	98	90	Quinua
111	16/09/2024	01:15:18	22.2	25.3	25	17	98	90	Quinua
112	16/09/2024	01:30:26	22.2	24.8	25	17	98	90	Quinua
113	16/09/2024	01:45:34	22.6	25.3	25	17	98	90	Quinua
114	16/09/2024	02:00:41	22.2	25.3	25	17	98	90	Quinua
115	16/09/2024	02:15:44	22.6	24.8	25	17	98	90	Quinua
116	16/09/2024	02:30:47	22.2	25.3	25	17	98	90	Quinua
117	16/09/2024	02:45:49	22.6	25.3	25	17	98	90	Quinua
118	16/09/2024	03:00:52	21.8	24.8	25	17	98	90	Quinua
119	16/09/2024	03:16:03	22.2	24.8	25	17	98	90	Quinua
120	16/09/2024	03:31:08	22.6	25.3	25	17	98	90	Quinua
121	16/09/2024	03:46:12	22.6	25.3	25	17	98	90	Quinua
122	16/09/2024	04:01:14	22.6	24.8	25	17	98	90	Quinua



Nro.	Fecha	Hora	Temp /C	Temp /E	Temp /H	Hum /C	Hum /E	Hum /H	Nombre
123	16/09/2024	04:16:17	22.6	24.8	25	17	98	90	Quinua
124	16/09/2024	04:31:20	22.6	24.9	25	17	98	90	Quinua
125	16/09/2024	04:46:30	22.2	25.3	25	17	98	90	Quinua
126	16/09/2024	05:01:37	22.2	24.8	25	17	98	90	Quinua
127	16/09/2024	05:16:45	22.3	24.8	25	17	98	90	Quinua
128	16/09/2024	05:31:52	22.2	25.3	25	17	98	90	Quinua
129	16/09/2024	05:46:57	22.2	25.3	25	17	98	90	Quinua
130	16/09/2024	06:02:02	22.6	24.8	25	17	98	90	Quinua
131	16/09/2024	06:17:10	21.8	24.8	25	17	98	90	Quinua
132	16/09/2024	06:32:18	21.5	25.3	25	17	98	90	Quinua
133	16/09/2024	06:47:23	22.6	25.1	25	17	98	90	Quinua
134	16/09/2024	07:02:30	22.2	24.8	25	17	98	90	Quinua
135	16/09/2024	07:17:37	22.2	24.8	25	17	98	90	Quinua
136	16/09/2024	07:32:46	22.2	25.3	25	17	98	90	Quinua
137	16/09/2024	07:47:49	22.6	25.3	25	19	98	90	Quinua
138	16/09/2024	08:02:56	22.2	24.8	25	19	98	90	Quinua
139	16/09/2024	08:18:04	22.3	24.8	25	20	98	90	Quinua
140	16/09/2024	08:33:11	22.2	25.3	25	27	98	90	Quinua
141	16/09/2024	08:48:20	22.6	24.8	25	29	98	90	Quinua
142	16/09/2024	09:03:21	22.6	25.3	25	29	98	90	Quinua
143	16/09/2024	09:18:31	22.6	25.3	25	30	98	90	Quinua
144	16/09/2024	09:33:35	22.6	25.3	25	30	98	90	Quinua
145	16/09/2024	09:48:41	23	25.3	25	29	98	90	Quinua
146	16/09/2024	10:03:49	22.6	24.8	25	29	98	90	Quinua
147	16/09/2024	10:18:49	23	25.3	25	29	98	90	Quinua
148	16/09/2024	10:33:53	23	24.8	25	29	98	90	Quinua
149	16/09/2024	10:49:03	22.6	25.3	25	30	98	90	Quinua
150	16/09/2024	11:04:03	22.6	25.3	25	30	98	90	Quinua
151	16/09/2024	11:19:11	23	25.3	25	29	98	90	Quinua
152	16/09/2024	11:34:19	23	24.8	25	30	98	90	Quinua
153	16/09/2024	11:49:26	22.6	25.3	25	30	98	90	Quinua
154	16/09/2024	12:04:30	23	25.3	25	30	98	90	Quinua
155	16/09/2024	12:19:31	23	25.3	25	30	98	90	Quinua
156	16/09/2024	12:34:35	23	25.3	25	30	98	90	Quinua
157	16/09/2024	12:49:38	23	25.3	25	30	98	90	Quinua
158	16/09/2024	13:04:44	23	25.3	25	29	98	90	Quinua
159	16/09/2024	13:19:49	23	25.3	25	29	98	90	Quinua
160	16/09/2024	13:34:51	23	25.3	25	30	98	90	Quinua
161	16/09/2024	13:50:01	23	25.3	25	31	98	90	Quinua
162	16/09/2024	14:05:08	23	25.3	25	33	98	90	Quinua
163	16/09/2024	14:20:09	23	25.3	25	33	98	90	Quinua
164	16/09/2024	14:35:10	23	25.3	25	32	98	90	Quinua
165	16/09/2024	14:50:12	23	25.3	25	33	98	90	Quinua
166	16/09/2024	15:05:14	23	25.3	25	33	98	90	Quinua



Nro.	Fecha	Hora	Temp /C	Temp /E	Temp /H	Hum /C	Hum /E	Hum /H	Nombre
167	16/09/2024	15:20:16	23	24.8	25	33	98	90	Quinua
168	16/09/2024	15:35:26	23	24.8	25	33	98	90	Quinua
169	16/09/2024	15:50:28	22.6	25.3	25	34	98	90	Quinua
170	16/09/2024	16:05:31	22.6	24.8	25	35	98	90	Quinua
171	16/09/2024	16:20:34	22.6	25.3	25	36	98	90	Quinua
172	16/09/2024	16:35:39	22.6	24.8	25	37	98	90	Quinua
173	16/09/2024	16:50:45	22.2	25.3	25	37	98	90	Quinua
174	16/09/2024	17:05:48	22.2	24.8	25	36	98	90	Quinua
175	16/09/2024	17:20:57	22.2	24.8	25	36	98	90	Quinua
176	16/09/2024	17:36:05	22.2	24.8	25	37	98	90	Quinua
177	16/09/2024	17:51:10	22.2	24.8	25	38	98	90	Quinua
178	16/09/2024	18:06:14	22.2	24.8	25	42	98	90	Quinua
179	16/09/2024	18:21:23	22.2	24.8	25	42	98	90	Quinua
180	16/09/2024	18:36:31	21.8	24.9	25	44	98	90	Quinua
181	16/09/2024	18:51:35	21.8	24.8	25	44	98	90	Quinua
182	16/09/2024	19:06:35	21.8	24.8	25	44	98	90	Quinua
183	16/09/2024	19:21:39	21.4	24.8	25	44	98	90	Quinua
184	16/09/2024	19:36:43	21.4	24.8	25	44	98	90	Quinua
185	16/09/2024	19:51:48	21.8	24.8	25	44	98	90	Quinua
186	16/09/2024	20:06:49	21.4	24.8	25	44	98	90	Quinua
187	16/09/2024	20:21:53	21.8	24.8	25	43	98	90	Quinua
188	16/09/2024	20:36:55	21.8	24.8	25	44	98	90	Quinua
189	16/09/2024	20:51:56	21.8	24.8	25	43	98	90	Quinua
190	16/09/2024	21:06:58	21.8	24.8	25	43	98	90	Quinua
191	16/09/2024	21:22:09	21.8	25.3	25	42	98	90	Quinua
192	16/09/2024	21:37:17	21.8	24.8	25	42	98	90	Quinua
193	16/09/2024	21:52:23	21.8	24.8	25	43	98	90	Quinua
194	16/09/2024	22:07:34	21.8	25.1	25	43	98	90	Quinua
195	16/09/2024	22:22:34	21.8	24.8	25	43	98	90	Quinua
196	16/09/2024	22:37:38	21.8	24.8	25	42	98	90	Quinua
197	16/09/2024	22:52:39	21.8	24.8	25	42	98	90	Quinua
198	16/09/2024	23:07:49	21.8	24.9	25	41	98	90	Quinua
199	16/09/2024	23:22:58	21.4	24.8	25	41	98	90	Quinua
200	16/09/2024	23:38:07	21.4	24.8	25	39	98	90	Quinua
201	16/09/2024	23:53:10	21.4	24.8	25	39	98	90	Quinua
202	17/09/2024	00:08:13	21.8	24.8	25	39	98	90	Quinua
203	17/09/2024	00:23:21	21.4	24.9	25	39	98	90	Quinua
204	17/09/2024	00:38:26	21.4	24.8	25	39	98	90	Quinua
205	17/09/2024	00:53:30	21.4	24.8	25	39	98	90	Quinua
206	17/09/2024	01:08:37	21.4	24.8	25	39	98	90	Quinua
207	17/09/2024	01:23:42	21.4	24.9	25	38	98	90	Quinua
208	17/09/2024	01:38:45	21.4	24.8	25	38	98	90	Quinua
209	17/09/2024	01:53:45	21.4	24.8	25	38	98	90	Quinua
210	17/09/2024	02:08:51	21.4	24.8	25	38	98	90	Quinua



Nro.	Fecha	Hora	Temp /C	Temp /E	Temp /H	Hum /C	Hum /E	Hum /H	Nombre
211	17/09/2024	02:24:00	21.4	24.8	25	37	98	90	Quinua
212	17/09/2024	02:39:01	21	24.8	25	36	98	90	Quinua
213	17/09/2024	02:54:08	21.1	24.8	25	36	98	90	Quinua
214	17/09/2024	03:09:12	21	24.8	25	36	98	90	Quinua
215	17/09/2024	03:24:19	21	24.8	25	35	98	90	Quinua
216	17/09/2024	03:39:19	21	24.8	25	36	98	90	Quinua
217	17/09/2024	03:54:27	21	24.8	25	34	98	90	Quinua
218	17/09/2024	04:09:33	21	24.5	25	34	98	90	Quinua
219	17/09/2024	04:24:36	20.6	24.5	25	35	98	90	Quinua
220	17/09/2024	04:39:45	20.6	24.5	25	36	98	90	Quinua
221	17/09/2024	04:54:52	20.6	24.5	25	36	98	90	Quinua
222	17/09/2024	05:09:59	20.6	24.5	25	36	98	90	Quinua
223	17/09/2024	05:25:03	20.6	24.1	25	36	98	90	Quinua
224	17/09/2024	05:40:13	20.2	24.1	25	36	98	90	Quinua
225	17/09/2024	05:55:17	20.6	24.1	25	35	98	90	Quinua
226	17/09/2024	06:10:18	20.6	24.1	25	36	98	90	Quinua
227	17/09/2024	06:25:20	20.2	24.1	25	37	98	90	Quinua
228	17/09/2024	06:40:25	20.2	24.1	25	37	98	90	Quinua
229	17/09/2024	06:55:31	20.6	24.1	25	36	98	90	Quinua
230	17/09/2024	07:10:33	20.6	24.1	25	36	98	90	Quinua
231	17/09/2024	07:25:44	20.6	24.1	25	37	98	90	Quinua
232	17/09/2024	07:40:45	20.6	24.1	25	37	98	90	Quinua
233	17/09/2024	07:55:46	20.2	22.6	25	38	98	90	Quinua
234	17/09/2024	08:10:53	20.6	24.1	25	38	98	90	Quinua
235	17/09/2024	08:26:04	21	24.5	25	36	98	90	Quinua
236	17/09/2024	08:41:13	21.4	25.1	25	37	98	90	Quinua
237	17/09/2024	08:56:17	21.4	24.8	25	38	98	90	Quinua
238	17/09/2024	09:11:22	21	24.9	25	38	98	90	Quinua
239	17/09/2024	09:26:24	21	24.8	25	36	98	90	Quinua
240	17/09/2024	09:41:31	21.4	24.8	25	35	98	90	Quinua
241	17/09/2024	09:56:34	21	24.8	25	34	98	90	Quinua
242	17/09/2024	10:11:41	21.4	24.8	25	35	98	90	Quinua
243	17/09/2024	10:26:48	21.5	24.8	25	35	98	90	Quinua
244	17/09/2024	10:41:53	21.8	25.3	25	34	98	90	Quinua
245	17/09/2024	10:56:56	21.8	24.8	25	34	98	90	Quinua
246	17/09/2024	11:12:01	21.8	24.8	25	34	98	90	Quinua
247	17/09/2024	11:27:02	21.8	24.8	25	34	98	90	Quinua
248	17/09/2024	11:42:05	22.2	24.8	25	34	98	90	Quinua
249	17/09/2024	11:57:08	21.8	24.9	25	34	98	90	Quinua
250	17/09/2024	12:12:15	21.8	24.8	25	34	98	90	Quinua
251	17/09/2024	12:27:21	21.8	24.8	25	34	98	90	Quinua
252	17/09/2024	12:42:31	22.2	24.8	25	34	98	90	Quinua
253	17/09/2024	12:57:38	22.2	24.8	25	35	98	90	Quinua
254	17/09/2024	13:12:45	22.2	24.8	25	36	98	90	Quinua



Nro.	Fecha	Hora	Temp /C	Temp /E	Temp /H	Hum /C	Hum /E	Hum /H	Nombre
255	17/09/2024	13:27:47	22.2	25.3	25	37	98	90	Quinoa
256	17/09/2024	13:42:57	22.2	24.8	25	36	98	90	Quinoa
257	17/09/2024	13:58:06	22.2	24.8	25	36	98	90	Quinoa
258	17/09/2024	14:13:15	22.6	25.3	25	37	98	90	Quinoa
259	17/09/2024	14:28:25	22.2	24.8	25	36	98	90	Quinoa
260	17/09/2024	14:43:36	22.2	24.8	25	36	98	90	Quinoa
261	17/09/2024	14:58:37	22.2	24.8	25	37	98	90	Quinoa
262	17/09/2024	15:13:41	22.2	24.8	25	34	98	90	Quinoa
263	17/09/2024	15:28:51	22.2	24.8	25	35	98	90	Quinoa
264	17/09/2024	15:44:01	22.3	24.9	25	36	98	90	Quinoa
265	17/09/2024	15:59:10	22.2	25.3	25	36	98	90	Quinoa
266	17/09/2024	16:14:18	22.6	25.3	25	35	98	90	Quinoa
267	17/09/2024	16:29:29	22.6	24.8	25	35	98	90	Quinoa
268	17/09/2024	16:44:29	22.2	24.8	25	37	98	90	Quinoa
269	17/09/2024	16:59:32	22.2	25.3	25	38	98	90	Quinoa
270	17/09/2024	17:14:34	22.6	24.8	25	37	98	90	Quinoa
271	17/09/2024	17:29:35	22.2	25.3	25	37	98	90	Quinoa
272	17/09/2024	17:44:40	22.2	24.8	25	38	98	90	Quinoa
273	17/09/2024	17:59:43	22.2	25.3	25	38	98	90	Quinoa
274	17/09/2024	18:14:46	22.2	24.8	25	38	98	90	Quinoa
275	17/09/2024	18:29:53	22.2	24.8	25	38	98	90	Quinoa
276	17/09/2024	18:45:01	22.2	25.3	25	36	98	90	Quinoa
277	17/09/2024	19:00:06	22.2	24.8	25	35	98	90	Quinoa
278	17/09/2024	19:15:16	22.2	24.8	25	36	98	90	Quinoa
279	17/09/2024	19:30:16	22.2	24.8	25	33	98	90	Quinoa
280	17/09/2024	19:45:27	22.2	24.8	25	26	98	90	Quinoa
281	17/09/2024	20:00:36	22.2	24.8	25	26	98	90	Quinoa
282	17/09/2024	20:15:37	21.8	24.8	25	34	98	90	Quinoa
283	17/09/2024	20:30:45	22.2	24.8	25	27	98	90	Quinoa
284	17/09/2024	20:45:55	22.2	24.8	25	23	98	90	Quinoa
285	17/09/2024	21:00:56	22.2	24.8	25	21	98	90	Quinoa
286	17/09/2024	21:16:05	22.2	24.8	25	20	98	90	Quinoa
287	17/09/2024	21:31:10	22.2	24.8	25	20	98	90	Quinoa
288	17/09/2024	21:46:13	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinoa
289	17/09/2024	22:01:18	21.4	24.8	25	19	98	90	Quinoa
290	17/09/2024	22:16:22	21.4	24.8	25	19	98	90	Quinoa
291	17/09/2024	22:31:29	21.4	24.8	25	19	98	90	Quinoa
292	17/09/2024	22:46:31	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinoa
293	17/09/2024	23:01:35	21.4	24.8	25	20	98	90	Quinoa
294	17/09/2024	23:16:41	22.2	24.8	25	19	98	90	Quinoa
295	17/09/2024	23:31:46	22.2	24.8	25	20	98	90	Quinoa
296	17/09/2024	23:46:49	22.2	24.8	25	20	98	90	Quinoa
297	18/09/2024	00:01:52	22.2	24.8	25	20	98	90	Quinoa
298	18/09/2024	00:16:59	21.8	24.8	25	20	98	90	Quinoa



Nro.	Fecha	Hora	Temp /C	Temp /E	Temp /H	Hum /C	Hum /E	Hum /H	Nombre
299	18/09/2024	00:32:08	21	24.8	25	20	98	90	Quinua
300	18/09/2024	00:47:17	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
301	18/09/2024	01:02:26	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
302	18/09/2024	01:17:34	22.2	24.8	25	19	98	90	Quinua
303	18/09/2024	01:32:44	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
304	18/09/2024	01:47:47	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
305	18/09/2024	02:02:51	22.2	24.9	25	19	98	90	Quinua
306	18/09/2024	02:17:52	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
307	18/09/2024	02:32:55	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
308	18/09/2024	02:47:59	21.8	24.8	25	19	98	90	Quinua
309	18/09/2024	03:03:03	21.7	24.8	25	19	98	90	Quinua
310	18/09/2024	03:18:08	21.4	24.5	25	19	98	90	Quinua
311	18/09/2024	03:33:14	21.4	24.5	25	19	98	90	Quinua
312	18/09/2024	03:48:22	21.4	24.6	25	19	98	90	Quinua
313	18/09/2024	04:03:31	21	24.5	25	20	98	90	Quinua
314	18/09/2024	04:18:31	21	24.5	25	21	98	90	Quinua
315	18/09/2024	04:33:39	21.4	24.5	25	23	98	90	Quinua
316	18/09/2024	04:48:48	21.8	24.8	25	23	98	90	Quinua
317	18/09/2024	05:03:57	21.8	24.8	25	24	98	90	Quinua
318	18/09/2024	05:19:07	21.8	24.8	25	24	98	90	Quinua
319	18/09/2024	05:34:15	21.4	24.8	25	26	98	90	Quinua
320	18/09/2024	05:49:24	21.8	24.8	25	26	98	90	Quinua
321	18/09/2024	06:04:34	21.8	24.8	25	27	98	90	Quinua
322	18/09/2024	06:19:34	21.8	24.8	25	29	98	90	Quinua
323	18/09/2024	06:34:42	22	24.8	25	29	98	90	Quinua
324	18/09/2024	06:49:49	21.4	24.9	25	29	98	90	Quinua
325	18/09/2024	07:04:59	21.4	24.8	25	30	98	90	Quinua
326	18/09/2024	07:20:04	21.8	24.8	25	30	98	90	Quinua
327	18/09/2024	07:35:08	21	24.8	25	31	98	90	Quinua
328	18/09/2024	07:50:13	21.4	24.8	25	31	98	90	Quinua
329	18/09/2024	08:05:15	21.5	24.8	25	31	98	90	Quinua
330	18/09/2024	08:20:20	21.8	24.8	25	30	98	90	Quinua
331	18/09/2024	08:35:25	21.8	25.3	25	31	98	90	Quinua
332	18/09/2024	08:50:29	21.4	24.8	25	32	98	90	Quinua
333	18/09/2024	09:05:37	21.8	24.8	25	32	98	90	Quinua
334	18/09/2024	09:20:47	21.8	25.3	25	31	98	90	Quinua
335	18/09/2024	09:35:57	21.8	24.8	25	31	98	90	Quinua
336	18/09/2024	09:50:58	21.8	24.8	25	30	98	90	Quinua
337	18/09/2024	10:06:08	22.2	24.8	25	31	98	90	Quinua
338	18/09/2024	10:21:08	22.2	24.8	25	30	98	90	Quinua
339	18/09/2024	10:36:17	21.8	24.8	25	30	98	90	Quinua
340	18/09/2024	10:51:22	22.2	25.3	25	30	98	90	Quinua
341	18/09/2024	11:06:30	22.2	24.8	25	30	98	90	Quinua
342	18/09/2024	11:21:40	22.2	24.8	25	31	98	90	Quinua



Nro.	Fecha	Hora	Temp /C	Temp /E	Temp /H	Hum /C	Hum /E	Hum /H	Nombre
343	18/09/2024	11:36:42	22.2	25.3	25	33	98	90	Quinoa
344	18/09/2024	11:51:50	22.2	25.3	25	33	98	90	Quinoa
345	18/09/2024	12:06:54	22.6	24.8	25	33	98	90	Quinoa
346	18/09/2024	12:21:58	22.6	24.8	25	34	98	90	Quinoa
347	18/09/2024	12:37:00	22.4	24.8	25	34	98	90	Quinoa
348	18/09/2024	12:52:02	22.6	25.3	25	34	98	90	Quinoa
349	18/09/2024	13:07:12	22.6	25.3	25	34	98	90	Quinoa
350	18/09/2024	13:22:18	22.6	24.8	25	34	98	90	Quinoa
351	18/09/2024	13:37:19	22.6	25.3	25	34	98	90	Quinoa
352	18/09/2024	13:52:23	22.6	24.8	25	34	98	90	Quinoa
353	18/09/2024	14:07:24	22.6	25.3	25	34	98	90	Quinoa
354	18/09/2024	14:22:26	22.6	24.8	25	34	98	90	Quinoa
355	18/09/2024	14:37:27	22.6	25.3	25	34	98	90	Quinoa
356	18/09/2024	14:52:28	22.6	25.3	25	33	98	90	Quinoa
357	18/09/2024	15:07:32	22.6	25.3	25	33	98	90	Quinoa
358	18/09/2024	15:22:41	22.6	24.8	25	33	98	90	Quinoa
359	18/09/2024	15:37:43	22.6	24.8	25	33	97	90	Quinoa
360	18/09/2024	15:52:44	22.6	25.3	25	34	97	90	Quinoa
361	18/09/2024	16:07:49	22.6	24.8	25	37	97	90	Quinoa
362	18/09/2024	16:22:56	22.6	24.8	25	36	96	90	Quinoa
363	18/09/2024	16:37:57	22.2	24.8	25	36	96	90	Quinoa
364	18/09/2024	16:53:02	22.6	25.3	25	34	95	90	Quinoa
365	18/09/2024	17:08:08	22.2	24.8	25	34	94	90	Quinoa
366	18/09/2024	17:23:12	22.6	24.8	25	34	93	90	Quinoa
367	18/09/2024	17:38:18	22.2	24.8	25	34	92	90	Quinoa
368	18/09/2024	17:53:22	22.2	24.9	25	34	89	90	Quinoa
369	18/09/2024	18:08:31	22.6	24.8	25	34	88	90	Quinoa
370	18/09/2024	18:23:40	21.8	24.8	25	37	86	90	Quinoa
371	18/09/2024	18:38:42	21.4	24.8	25	42	85	90	Quinoa
372	18/09/2024	18:53:46	22.2	24.8	25	42	84	90	Quinoa
373	18/09/2024	19:08:49	22.2	24.8	25	42	82	90	Quinoa
374	18/09/2024	19:23:50	21.8	24.8	25	42	81	90	Quinoa
375	18/09/2024	19:38:58	22.2	24.8	25	42	80	90	Quinoa
376	18/09/2024	19:54:05	21.8	24.8	25	42	79	90	Quinoa
377	18/09/2024	20:09:07	21.8	24.8	25	42	77	90	Quinoa
378	18/09/2024	20:24:09	22.2	24.8	25	41	76	90	Quinoa
379	18/09/2024	20:39:14	22.2	24.8	25	41	72	90	Quinoa
380	18/09/2024	20:54:15	21.8	24.8	25	41	67	90	Quinoa
381	18/09/2024	21:09:20	21.8	24.8	25	40	63	90	Quinoa
382	18/09/2024	21:24:25	22.2	24.8	25	39	59	90	Quinoa
383	18/09/2024	21:39:27	21.8	24.8	25	39	57	90	Quinoa
384	18/09/2024	21:54:38	22.2	24.8	25	39	55	90	Quinoa
385	18/09/2024	22:09:39	22.2	24.8	25	39	52	90	Quinoa

Nota: estos datos son el total del primer experimento. Elaboración propia.

ANEXO 2: Tabla de control y observación

DISEÑO DE UN GERMINADOR AUTÓNOMO DE BAJO COSTO, USANDO ESP32 PARA EL GERMINADO DE QUINUA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO.	
TABLA DE CONTROL Y OBSERVACION DIARIO	
FECHA Y HORA:	14/09/2024-21:40
DIA DE EXPERIMENTO:	Primer Dia
TEMPERATURA EXPERIMENTAL:	24.8°C
HUMEDAD EXPERIMENTAL:	77%
TEMPERATURA CONTROL:	22.9°C
HUMEDAD CONTROL:	20%
TEMPERATURA HUMBRAL:	25°C
HUMEDAD HUMBRAL:	90%
DESCRIPCIÓN: Este registro se realiza el primer día dentro de los primeros 15 minutos, en Foto 02 se mu	
Foto 01: Lavado de semillas.	Foto 02: Primera configuracion.
	
Foto 03: Semillas dentro del Germinador.	Foto 04: Semillas fuera del germinador.
	
Observaciones: Despues de 8 horas se le retiro el agua terminando la etapa de remojado.	

Nota: estas fotos muestran el primer día del primer experimento. Elaboración propia.

ANEXO 3: Tabla de control y observación en el cuarto día

DISEÑO DE UN GERMINADOR AUTÓNOMO DE BAJO COSTO, USANDO ESP32 PARA EL GERMINADO DE QUINUA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO.	
TABLA DE CONTROL Y OBSERVACION DIARIO	
FECHA Y HORA:	19/09/2024-22:50
DIA DE EXPERIMENTO:	Primer Dia
TEMPERATURA EXPERIMENTAL:	25.3°C
HUMEDAD EXPERIMENTAL:	98%
TEMPERATURA CONTROL:	22.2°C
HUMEDAD CONTROL:	34%
TEMPERATURA HUMBRAL:	25°C
HUMEDAD HUMBRAL:	90%
DESCRIPCIÓN: Se presenta fotografías de las semillas germinadas a 4 días dentro del germinador,	
Foto 01: Semillas en germiador.	Foto 02: Semila germinada dentro del germinador.
	
Foto 03:	Foto 04:
Observaciones: Las fotos presentes afirman un ingrementeno de la germinacio.	

Nota: estas fotos muestran el último día del primer experimento. Elaboración propia.

ANEXO 4: Cuadro de control segundo experimento primer día

DISEÑO DE UN GERMINADOR AUTÓNOMO DE BAJO COSTO, USANDO ESP32 PARA EL GERMINADO DE QUINUA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO.	
TABLA DE CONTROL Y OBSERVACION DIARIO	
FECHA Y HORA:	29/10/2024-21:35
DIA DE EXPERIMENTO:	Dia 01
TEMPERATURA EXPERIMENTAL:	28.5°C
HUMEDAD EXPERIMENTAL:	52%
TEMPERATURA CONTROL:	25.8°C
HUMEDAD CONTROL:	52%
TEMPERATURA HUMBRAL:	28°C
HUMEDAD HUMBRAL:	50%
DESCRIPCIÓN: A continuacion se muestra las fotografias del lavado y puesta en remojo de las semillas	
Foto 01: Acondicionamiento de la quinua	Foto 02: Lavado de la quinua
	
Foto 03: Remojado fuera del germinador	Foto 04: Remojado dentro del germinador
	
Observaciones:	

Nota: estas fotos muestran el primer día del segundo experimento. Elaboración propia.

ANEXO 5: Cuadro de control segundo experimento cuarto día

DISEÑO DE UN GERMINADOR AUTÓNOMO DE BAJO COSTO, USANDO ESP32 PARA EL GERMINADO DE QUINUA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO.	
TABLA DE CONTROL Y OBSERVACION DIARIO	
FECHA Y HORA:	02/11/2024-21:30
DIA DE EXPERIMENTO:	Dia 04
TEMPERATURA EXPERIMENTAL:	28.5°C
HUMEDAD EXPERIMENTAL:	50%
TEMPERATURA CONTROL:	17.4°C
HUMEDAD CONTROL:	33%
TEMPERATURA HUMBRAL:	28°C
HUMEDAD HUMBRAL:	50%
DESCRIPCIÓN: A continuacion se muestra las fotografias de la quinua germianda a 04 dias.	
Foto 01: Acercamiento de la fotografia	Foto 02: Acercamiento de la fotografia
	
Foto 03: Germinado fuera del germinador	Foto 04: Germinado dentro del germinador
	
Observaciones:	

Nota: estas fotos muestran el cuarto día del segundo experimento. Elaboración propia.

ANEXO 6: Cuadro de control segundo experimento séptimo día

DISEÑO DE UN GERMINADOR AUTÓNOMO DE BAJO COSTO, USANDO ESP32 PARA EL GERMINADO DE QUINUA EN LA UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO PUNO.	
TABLA DE CONTROL Y OBSERVACION DIARIO	
FECHA Y HORA:	05/11/2024-18:40
DIA DE EXPERIMENTO:	Dia 07
TEMPERATURA EXPERIMENTAL:	28.10°C
HUMEDAD EXPERIMENTAL:	51%
TEMPERATURA CONTROL:	24.3°C
HUMEDAD CONTROL:	44%
TEMPERATURA HUMBRAL:	28°C
HUMEDAD HUMBRAL:	50%
DESCRIPCIÓN: A continuacion se muestra las fotografias de los resultados finales del germinado.	
Foto 01: Germinado fuera del dispositivo	Foto 02: Germinado dentro del dispositivo
	
Foto 03: Resultados de la germinacion	Foto 04: Resultados de la germinacion
	
Observaciones:	

Nota: estas fotos muestran el séptimo día del segundo experimento. Elaboración propia.



ANEXO 7: Costos de materiales y herramientas

ITM	Descripción	Unidad de medida	Cantidad	Costo
1	ESP32	Unidad	1	S/. 45.00
2	RTC DS1307	Unidad	1	S/. 19.00
3	Teclado Matricial 4x4	Unidad	1	S/. 10.00
4	Bomba de agua 12v	Unidad	1	S/. 25.00
5	Modulo LCD I2C	Unidad	1	S/. 15.00
6	LCD 4 x 20	Unidad	1	S/. 40.00
7	Sensor DHT11	Unidad	2	S/. 30.00
8	Módulo de 4 Relés	Unidad	1	S/. 35.00
9	Sistema calefacción	Unidad	1	S/. 25.00
10	Extractor	Unidad	1	S/. 20.00
11	Luces LED	Unidad	1	S/. 10.00
12	Carcasa de microondas	Unidad	1	S/. 30.00
13	Placa PCB	Unidad	1	S/. 15.00
14	Estaño	Metros	3	S/. 4.50
15	Pasta para soldar	Unidad	1	S/. 5.00
16	Acido	Unidad	1	S/. 10.00
17	Broca	Unidad	6	S/. 6.00
18	Jumper H/H	Unidad	20	S/. 7.00
19	Jumper M/M	Unidad	20	S/. 7.00
20	Jumper M/H	Unidad	20	S/. 7.00
21	Desarmadores	Unidad	2	S/. 10.00
22	Cautín	Unidad	1	S/. 25.00
23	Taladro	Unidad	1	S/. 35.00
24	Pinza amperimétrica	Unidad	1	S/. 150.00
25	Útiles de escritorio	Global	1	S/. 500.00
26	Gastos de estadía	Global	1	S/. 1200.00
27	Gastos varios	Global	1	S/. 600.00
Total				S/. 2880.50

Nota: Se muestra la lista completa de materiales y herramientas conjuntamente de sus costos. Elaboración propia.

ANEXO 8: Estadísticos descriptivos para 25°C

Descriptivos

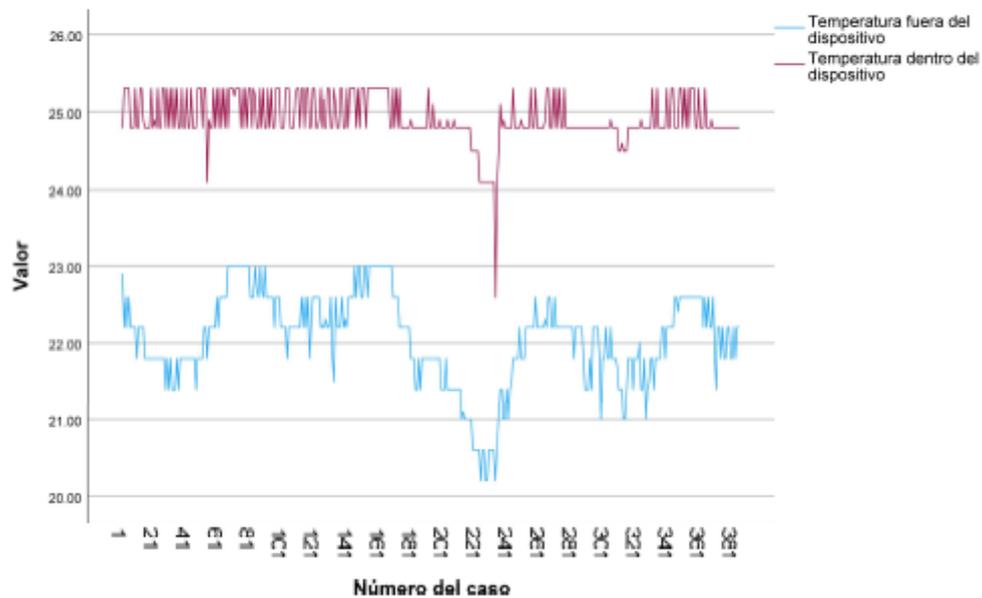
Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar
Temperatura dentro del dispositivo	385	22.60	25.30	24.9192	.30370
N válido (por lista)	385				

Estadísticos descriptivos

	Varianza
Temperatura dentro del dispositivo	.092
N válido (por lista)	

Gráfico



Nota: Se muestran estadísticas básicas. Elaboración propia.

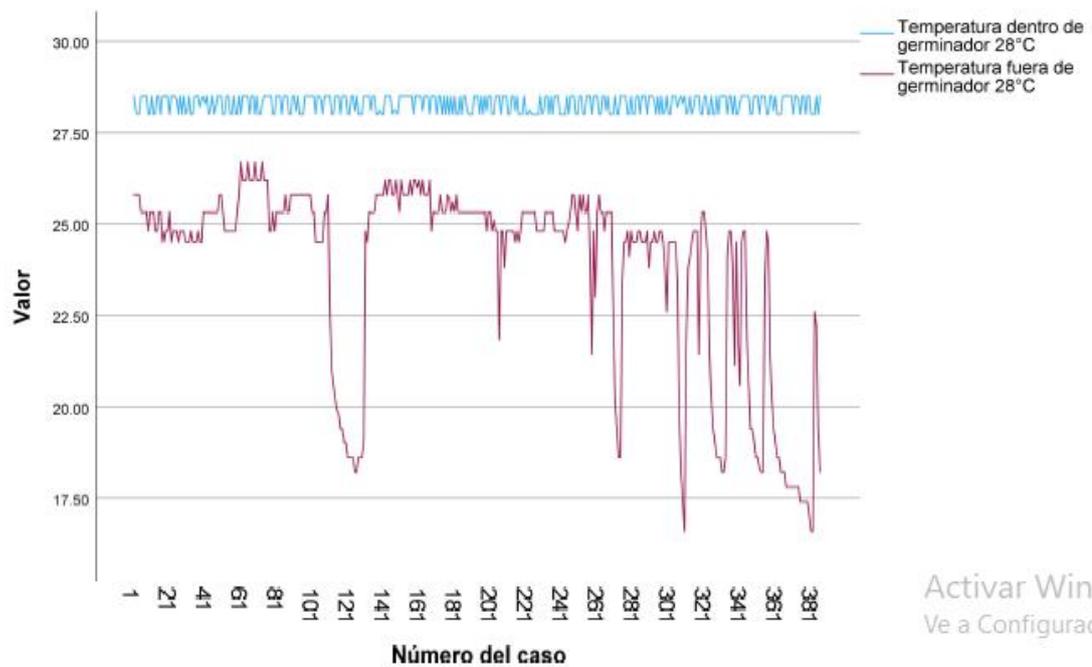
ANEXO 9: Estadísticos descriptivos para 28°C

Descriptivos

Estadísticos descriptivos

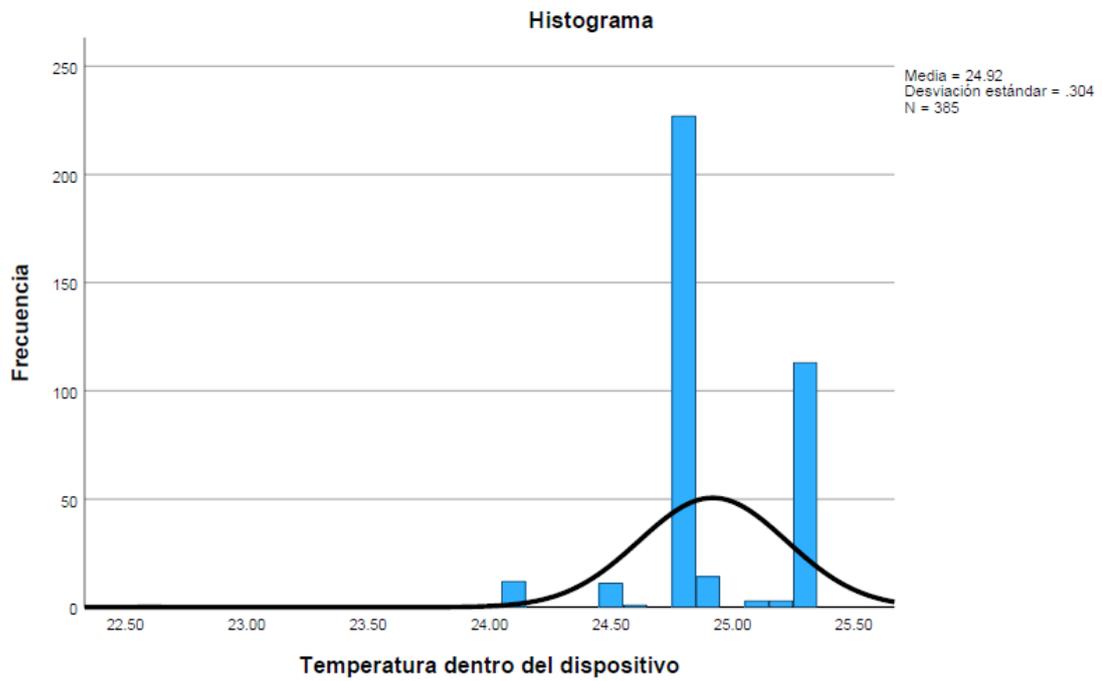
	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv. estándar
Temperatura dentro de germinador 28°C	385	28.00	28.50	28.2930	.23865
N válido (por lista)	385				

Gráfico



Nota: Se muestran estadísticas básicas. Elaboración propia.

ANEXO 10: Histograma 25°C



Nota: Se muestran estadísticas básicas. Elaboración propia.



ANEXO 11: Prueba T

Prueba T

Estadísticas para una muestra

	N	Media	Desv. estándar	Media de error estándar
Temperatura dentro del dispositivo	385	24.9192	.30370	.01548

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 25

	t	gl	Significación		Diferencia de medias
			P de un factor	P de dos factores	
Temperatura dentro del dispositivo	-5.219	384	<.001	<.001	-.08078

Prueba para una muestra

Valor de prueba = 25

95% de intervalo de confianza de la diferencia

	Inferior	Superior
Temperatura dentro del dispositivo	-.1112	-.0503

Activar Window

Nota: Se muestran estadísticas básicas. Elaboración propia.

ANEXO 12: Pruebas no paramétricas 24°C

Pruebas no paramétricas

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig. ^{a,b}
1	La mediana de Temperatura dentro del dispositivo es igual a 25.00.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra	.262

Resumen de contrastes de hipótesis

	Decisión
1	Conserve la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de .050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra

Temperatura dentro del dispositivo

Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra

N total	385
Estadístico de prueba	34776.500
Error estándar	2119.056
Estadístico de prueba estandarizado	-1.121
Sig. asintótica (prueba bilateral)	.262

Nota: Se muestran estadísticas básicas. Elaboración propia.



ANEXO 13: Pruebas no paramétricas 25°C

Pruebas no paramétricas

Resumen de contrastes de hipótesis

	Hipótesis nula	Prueba	Sig. ^{a,b}
1	La mediana de Temperatura dentro del dispositivo es igual a 25.00.	Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra	.262

Resumen de contrastes de hipótesis

	Decisión
1	Conserve la hipótesis nula.

a. El nivel de significación es de .050.

b. Se muestra la significancia asintótica.

Prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra

Temperatura dentro del dispositivo

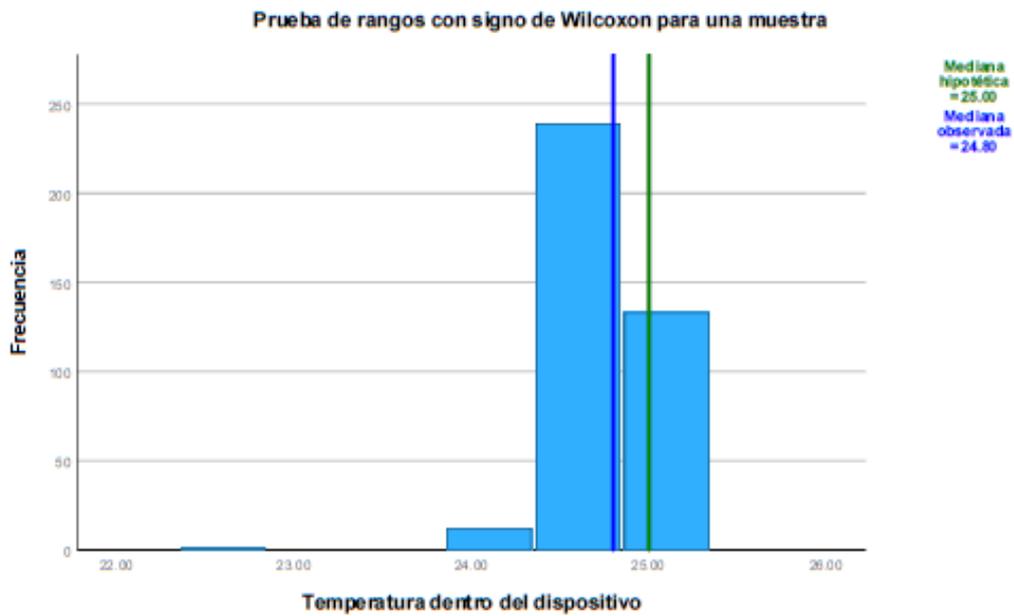
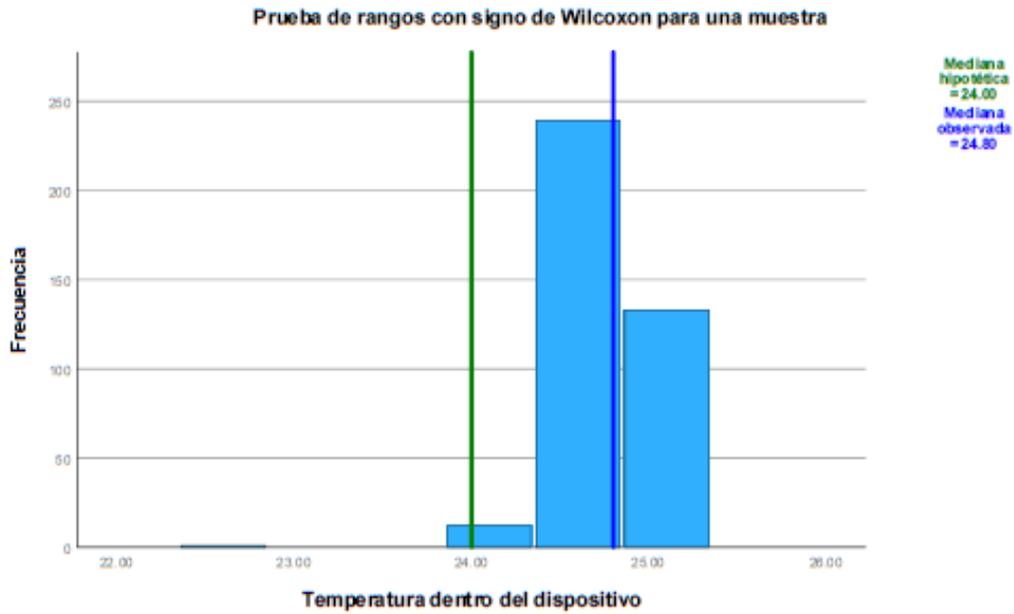
Resumen de prueba de rangos con signo de Wilcoxon para una muestra

N total	385
Estadístico de prueba	34776.500
Error estándar	2119.056
Estadístico de prueba estandarizado	-1.121
Sig. asintótica (prueba bilateral)	.262

Nota: Se muestran estadísticas básicas. Elaboración propia.

ANEXO 14: Graficas de Pruebas no paramétricas

Pruebas no paramétricas



Nota: Se muestran estadísticas básicas. Elaboración propia.



ANEXO 15: 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 BHIL SADAM CALSINA LLAVILLA,
identificado con DNI 71719785 en mi condición de egresado de:

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

informo que he elaborado el/la Tesis o Trabajo de Investigación denominada:
“DISEÑO DE UN GERMINADOR AUTOMATIZADO DE BAJO COSTO,
BASADO EN IOT CON ESP32, ORIENTADO AL CONTROL DE TEMPERATURA
DURANTE LA GERMINACIÓN DE CHENOPODIUM QUINOA”

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 13 de diciembre del 2024



FIRMA (obligatoria)



Huella



ANEXO 16: Autorización para el depósito de tesis en el repositorio institucional



Universidad Nacional
del Altiplano Puno



Vicerrectorado
de Investigación



Repositorio
Institucional

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

Por el presente documento, Yo BHIL SADAM CALSENA LLAVILLA identificado con DNI 71719785 en mi condición de egresado de:

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

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

"DISEÑO DE UN GERMINADOR AUTOMATIZADO DE BAJOCOSTO, BASADO EN IOT CON ESP32, ORIENTADO AL CONTROL DE TEMPERATURA DURANTE LA GERMINACIÓN DE CHENOPODIUM QUENOA"

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 13 de diciembre del 2024

FIRMA (obligatoria)



Huella