



# UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO

## ESCUELA DE POSGRADO

### MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS



#### TESIS

**DISEÑO DE UN INVERNADERO AUTOMATIZADO CON CONTROL IOT,  
USANDO ESP32 PARA EL CULTIVO DE FRESA A 3800 MSNM**

**PRESENTADA POR:**

**ESTER CAROLINA MENDOZA YARESI**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**

**MAESTRO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**PUNO, PERÚ**

**2024**



# ESTER CAROLINA MENDOZA YARESI

## DISEÑO DE UN INVERNADERO AUTOMATIZADO CON CONTROL IOT, USANDO ESP32 PARA EL CULTIVO DE FRESA ...

 Universidad Nacional del Altiplano

### Detalles del documento

Identificador de la entrega

trn:oid::8254:481595086

127 Páginas

Fecha de entrega

11 ago 2025, 4:29 p.m. GMT-5

33.671 Palabras

195.182 Caracteres

Fecha de descarga

11 ago 2025, 4:44 p.m. GMT-5

Nombre de archivo

DISEÑO DE UN INVERNADERO AUTOMATIZADO CON CONTROL IOT, USANDO ESP32 PARA EL CU....docx

Tamaño de archivo

3.7 MB

  
  
Ing. JORGE LUIS APAZA CRUZ  
INGENIERO ELECTRÓNICO  
CIP. 105887





## 4% 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 10 palabras)

### Fuentes principales

- 3% Fuentes de Internet
- 1% Publicaciones
- 2% Trabajos entregados (trabajos del estudiante)

### Marcas de integridad

#### N.º de alertas de integridad para revisión

No se han detectado manipulaciones de texto sospechosas.

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.

  
 **ING. JORGE LUIS APAZA CRUZ**  
 INGENIERO ELECTRÓNICO  
 CIP. 105887

  
 **ING. JARED LUQUE COSTE**  
 INGENIERO EN SISTEMAS DE INFORMACIÓN  
 CIP. 115625





**UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO**  
**ESCUELA DE POSGRADO**  
**MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS**

**TESIS**

**DISEÑO DE UN INVERNADERO AUTOMATIZADO CON CONTROL IOT,  
USANDO ESP32 PARA EL CULTIVO DE FRESA A 3800 MSNM**

**PRESENTADA POR:**

**ESTER CAROLINA MENDOZA YARESI**  
**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE:**  
**MAESTRO EN INGENIERÍA DE SISTEMAS**



APROBADA POR EL JURADO SIGUIENTE:

PRESIDENTE

.....  
Dr. MARCO ANTONIO QUISPE BARRA

PRIMER MIEMBRO

.....  
M.Sc. LENIN HUAYTA FLORES

SEGUNDO MIEMBRO

.....  
Dr. IVAN DELGADO HUAYTA

ASESOR DE TESIS

.....  
D.Sc. JORGE LUIS APAZA CRUZ

Puno, 13 de diciembre de 2024

**ÁREA:** Telecomunicaciones y redes de datos.  
**TEMA:** Automatización y control IoT en agricultura.  
**LÍNEA:** Sistemas, Computación e Informática.



## DEDICATORIA

A mi amado papi Raúl, que, aunque ya no está conmigo, sé que desde donde esté me acompaña y guía en cada paso que doy. A mi amada mami Juana, por su incansable apoyo, amor y sacrificio, que han sido mi inspiración para seguir adelante, gracias por siempre creer en mí. A mis hermanos, Samuel y Juan Carlos, por ser mis compañeros de vida, siempre dispuestos a ayudarme en lo que necesite, aun cuando no lo pida. A Rhoan, por su amor incondicional, apoyo y comprensión, siendo mi refugio en los días de incertidumbre. Y, de manera muy especial, a mi pequeña Mayita, la luz de mis ojos y alegría de mis días, mi mayor motivo para seguir adelante y esforzarme por ser mejor cada día. Este logro es también para ella.

*Ester Carolina Mendoza Yaresi*



## AGRADECIMIENTOS

Mi más sincero agradecimiento al Dr. Jorge Apaza Cruz, por su orientación constante, paciencia y valiosas sugerencias durante el desarrollo de este proyecto. Su guía ha sido fundamental para lograr este trabajo.

Agradezco también a los miembros del jurado, por su tiempo, comentarios constructivos y el esfuerzo dedicado a evaluar mi trabajo. Sus aportes han enriquecido significativamente el resultado final.

También quiero agradecer a mis compañeros y amigos, quienes me brindaron apoyo moral y motivación en momentos difíciles.

Finalmente, pero no menos importante, a mi familia, gracias por siempre estar para mí y creer incondicionalmente en mí durante todo este proceso.

*Ester Carolina Mendoza Yaresi*



## ÍNDICE GENERAL

	<b>Pág.</b>
DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTOS	ii
ÍNDICE GENERAL	iii
ÍNDICE DE TABLAS	v
ÍNDICE DE FIGURAS	vi
ÍNDICE DE ANEXOS	vii
ACRÓNIMOS	viii
RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN	3

### CAPÍTULO I

#### REVISIÓN DE LITERATURA

1.1	Marco teórico	6
1.1.1	Definición y función de un invernadero	7
1.1.2	Tipos de Invernaderos	7
1.1.3	Descripción y Funciones del Invernadero	9
1.1.4	Tipo de Control ON/OFF en microcontrolador	10
1.1.5	Automatización en la agricultura	11
1.1.6	Internet de las cosas (IoT) en la agricultura	14
1.1.7	ESP32	16
1.1.8	El Cultivo de fresa a 3800 m.s.n.m.	20
1.1.9	Invernadero Automatizado con Control IoT en la Región de Puno	26
1.1.10	ESP32 y su papel en la gestión del cambio ambiental	32
1.2	Antecedentes	32
1.2.1	Internacionales	36
1.2.2	Nacionales	38
1.2.3	Locales	40

### CAPÍTULO II

#### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1	Identificación del problema	43
2.2	Enunciados del problema	44
2.2.1	Problema general	45



2.2.2	Problemas específicos	45
2.3	Justificación	46
2.4	Objetivos	47
2.4.1	Objetivo general	47
2.4.2	Objetivos específicos	47
2.5	Hipótesis	47
2.5.1	Hipótesis general	47
2.5.2	Hipótesis específicas	47
<b>CAPÍTULO III</b>		
<b>MATERIALES Y MÉTODOS</b>		
3.1	Lugar de estudio	48
3.2	Población	48
3.3	Muestra	48
3.4	Método de investigación	49
3.5	Descripción detallada de métodos por objetivos específicos	50
3.5.1	Identificación de equipos electrónicos para monitorear y mantener parámetros ambientales	50
3.5.2	Diseño de tecnología IoT y características de dispositivos electrónicos	50
3.5.3	Desarrollo de la investigación	50
<b>CAPÍTULO IV</b>		
<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN</b>		
4.1	Resultados	71
4.2	Discusión	74
	CONCLUSIONES	76
	RECOMENDACIONES	78
	BIBLIOGRAFÍA	80
	ANEXOS	90



## ÍNDICE DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1. Mediciones de temperatura ambiente en °C	62
2. Mediciones de humedad ambiente	67
3. Mediciones de la intensidad de luz UV	69



## ÍNDICE DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1. Elección de zona para el invernadero	51
2. Implementación a través del microcontrolador ESP32	52
3. Implementación de sensor de humedad y temperatura.	52
4. Implementación de luz y sensor de luz	53
5. Puesta en funcionamiento del invernadero	53
6. Puesta en funcionamiento del sistema de riego	54
7. Conexión a una pantalla LCD	54
8. Diseño de red IoT	55
9. Implementación de la interfaz de usuario	56
10. Diseño del invernadero automático usando ESP32	58
11. Plataforma de servidor abierto thinger. io	59
12. Vista de la plataforma thinger.io una vez iniciado	60
13. Icono de la aplicación realizada	61
14. Visualizador de Datos del sistema	61
15. Vista y Monitoreo a tiempo real de condiciones en el invernadero	65
16. Visualización y recolección de datos de radiación UV	66
17. Medición de la temperatura en condiciones ambientales	72
18. Medición de la humedad en condición ambiental.	73
19. Medición de la luz ultravioleta	73



## ÍNDICE DE ANEXOS

	<b>Pág.</b>
1. Matriz de consistencia	90
2. Estructura de la aplicación en HTML	91
3. Programación de la aplicación en CSS	92
4. Programación de la aplicación en Java	94
5. Tabla de muestra de datos aleatorio para la Temperatura ambiente °C	96
6. Tabla de muestra de datos aleatorio para la Humedad ambiente	101
7. Tabla de muestra de datos aleatorio para la intensidad de luz UV ( $W/m^2$ )	107
8. Declaración jurada de autenticidad de tesis	114
9. Autorización de depósito de tesis en el Repositorio Institucional	115



## ACRÓNIMOS

EPG	:	Escuela de Posgrado
ESP32	:	Microcontrolador de bajo consumo
FIMEES	:	Facultad de Ingeniería Mecánica Eléctrica, Electrónica y Sistemas
GUI	:	Interfaz gráfica de usuario
IOT	:	Internet de las cosas
MSNM	:	Metros sobre el nivel del mar
UNA	:	Universidad Nacional del Altiplano
UV	:	Ultravioleta

## RESUMEN

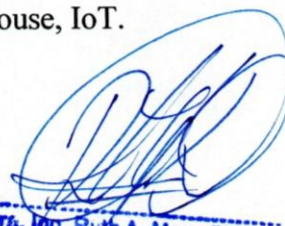
La región de Puno se caracteriza por condiciones ambientales extremas y fluctuaciones en la humedad, bajas temperaturas y alta radiación solar, condiciones que dificultan el desarrollo del cultivo. El objetivo de esta investigación fue diseñar un invernadero automatizado utilizando un microcontrolador para el cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm y el control climático mediante tecnología de internet de las cosas (IoT). Se aplicó un diseño experimental, utilizando un enfoque cuantitativo y técnicas de recolección de datos durante 21 días, como la captura digital a través de fichas de observación. Se configuraron y programaron dispositivos electrónicos como el ESP32 y sensores de temperatura, humedad y luz UV para lecturas en tiempo real y controles automáticos para asegurar un ambiente óptimo para las fresas. Además, se incorporó una aplicación móvil para visualizar los datos de forma remota, facilitando el monitoreo y control continuo de las condiciones del invernadero. Los parámetros obtenidos después del control electrónico fueron temperatura entre  $18\text{ }^{\circ}\text{C}$  y  $25\text{ }^{\circ}\text{C}$ , humedad relativa entre 70 % y 80 % y niveles de luz UV entre  $4,8\text{ W/m}^2$  y  $5,3\text{ W/m}^2$ , asegurando las condiciones ideales para el cultivo de fresas. El uso de tecnologías innovadoras como el IoT y la automatización ofrece una solución para superar las limitaciones y mejorar el rendimiento agrícola; por tanto, se propone el uso de nuevas tecnologías para mejorar la productividad y la sostenibilidad en entornos hostiles y brinda oportunidades para el desarrollo de futuras investigaciones en agricultura en regiones con condiciones adversas.

**Palabras clave:** Automático, control, diseño, ESP32, invernadero, IoT.

## ABSTRACT

The Puno region is characterized by extreme environmental conditions and fluctuations in humidity, low temperatures and high solar radiation, these conditions hinder crop development. The aim of this research was to design an automated greenhouse using a microcontroller for strawberry cultivation at an altitude of 3800 masl and the control of climatic using internet of things (IoT) technology. An experimental design was applied, using a quantitative approach and data collection techniques for 21 days, such as digital capture through observation sheets. Electronic devices such as the ESP32 and temperature, humidity and UV light sensors were configured and programmed for real-time readings and automatic controls to ensure an optimal environment for the strawberries. Additionally, a mobile application was incorporated to visualize the data remotely, facilitating the continuous monitoring and control of the greenhouse conditions. The parameters obtained after the electronic control were temperature between 18°C and 25°C, relative humidity between 70 % and 80 % and levels of UV light between 4.8 W/m<sup>2</sup> and 5.3 W/m<sup>2</sup> thus ensuring ideal conditions for strawberries cultivation. The use of innovative technologies such as IoT and automation offer a solution to overcome constraints and improve agricultural performance, therefore, the use of new technologies to improve productivity and sustainability in harsh environments is proposed and provides opportunities for the development of future research in agriculture in regions with adverse conditions.

**Keywords:** Automatic, control, design, ESP32, greenhouse, IoT.



Dra. Ing. Ruth A. Meza Dumar  
CIP. 90553

## INTRODUCCIÓN

La industria del cultivo de fresas está creciendo a nivel mundial a medida que los mercados locales y extranjeros continúan debilitándose. Sin embargo, surgen problemas al cultivar este producto en zonas de gran altitud, debido a que a una altitud de 3.800 msnm se presentan condiciones ambientales muy duras, como bajas temperaturas, cambios climáticos, humedad, rayos UV, etc. A pesar de estos desafíos, el uso de tecnología de automatización avanzada y el control de los parámetros de las plantas en invernaderos pueden proporcionar las soluciones adecuadas para lograr el crecimiento y aumentar la productividad. En esta investigación, se presenta el diseño de un sistema de control y calefacción aplicando tecnología IoT y utilizando un microcontrolador ESP32 como una forma de controlar cosas complejas como la temperatura, la humedad y los rayos UV a lo largo del tiempo.

El concepto de automatización de invernaderos no es nuevo, pero su combinación con nuevas tecnologías como el Internet de las cosas abre nuevas formas de mejorar la producción agrícola. Según diversos estudios, los sistemas de invernadero permiten un seguimiento interno continuo, asegurando así el control del crecimiento de las plantas y las buenas condiciones ambientales (Berrios Gómez y Rivera Herrera, 2022). El microcontrolador ESP32 se utiliza en muchas aplicaciones de IoT debido a su bajo costo, alta optimización y conectividad, lo que es una buena forma de monitorear y controlar proyectos ambientales (Sánchez-Castillo, 2024). La construcción de un invernadero automatizado utilizando el ESP32 puede incluir diferentes tipos de sensores que miden la temperatura, la humedad y los rayos UV, y puede funcionar sin intervención humana o en áreas remotas, proporcionando así condiciones óptimas para el cultivo de fresas.

Teniendo algunos parámetros como la temperatura, la humedad relativa y la luz ultravioleta determinan el rendimiento de la planta. Y conociendo que la temperatura afecta directamente los procesos de fotosíntesis, crecimiento de las plantas y producción de frutos, pero la baja humedad afecta la nutrición y muchas plagas y enfermedades (Aghaseyedabdollah et al., 2021). Por otro lado, los rayos UV tienen efectos tanto positivos como negativos en las plantas y aunque su presencia en niveles adecuados estimula la producción de sustancias útiles, la cantidad de radiación UV puede causar problemas en las plantas e interrumpir su crecimiento (González Crespín et al., 2024).

El objetivo principal de esta investigación es diseñar un sistema térmico controlado por IoT para el cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm utilizando ESP32. Este diseño solo requiere monitoreo de parámetros ambientales e incluye un sistema de monitoreo que puede detectar y cambiar las condiciones en el invernadero en el momento adecuado, preparando el ambiente adecuado para el crecimiento de la fresa, incluso en condiciones difíciles. Para lograr el objetivo general, se establecieron dos objetivos específicos. Uno de los propósitos iniciales es crear la tecnología del Internet de las Cosas (IoT) y facilitar los componentes electrónicos imprescindibles para el funcionamiento de la unidad sellada. Esto implica elegir sensores para medir temperatura, humedad y radiación ultravioleta, además de incorporar estos dispositivos al microcontrolador ESP32. Un segundo objetivo es encontrar equipos electrónicos que muestren datos ambientales a lo largo del tiempo y permitan ajustar o supervisar de forma manual elementos como la temperatura, la humedad y la ventilación en invernaderos.

Esta investigación es importante porque busca contribuir a optimizar la agricultura en la finca, donde las cosechas a menudo sufren las consecuencias de condiciones climáticas desfavorables. A través del autocontrol y una adecuada gestión de los recursos naturales, no sólo se puede aumentar la productividad de las plantas de fresa, sino que se puede establecer un modelo replicable en otras zonas similares. Además, el uso de la tecnología IoT no sólo aumentará la economía, sino que también promoverá la permacultura, mejorando así la gestión del agua, la energía y los alimentos. En este contexto, un sistema de invernadero controlado por Internet de las cosas representa un avance importante en la agricultura moderna, ya que resuelve los problemas climáticos, aumenta la productividad, reduce el impacto ambiental y garantiza que las fresas estén disponibles siempre que sea posible.

La presente tesis se divide en diversos capítulos. En el Capítulo I: se tiene la revisión literaria necesaria para el desarrollo de la investigación, en que se define el marco teórico y los antecedentes. En el Capítulo II: se presenta el problema de investigación y la justificación del mismo, así como los objetivos e hipótesis planteadas para la investigación. En el Capítulo III: se presentan los materiales y métodos utilizados para el desarrollo de la investigación. En el Capítulo IV: se observan y explican los resultados obtenidos luego de realizada la investigación, así como la discusión con otros autores. Finalmente se presentan las conclusiones y recomendaciones para futuras investigación,



también se tiene la bibliografía utilizada y los anexos necesarios para el mejor entendimiento de la investigación.

## CAPÍTULO I

### REVISIÓN DE LITERATURA

#### 1.1 Marco teórico

La fresa es un árbol frutal que crece en climas tropicales. Por esta razón se cultiva al nivel del mar; sin embargo, la tecnología ha permitido que estas plantas crezcan a altitudes superiores a los 3.000 metros. Una de las primeras formas de conseguirlo es un invernadero diseñado para garantizar un buen crecimiento de hortalizas que pueda soportar determinadas temperaturas. Las estadísticas muestran que el cultivo de fresas sigue siendo una de las frutas más populares y Perú ha mantenido la cantidad de frutas de la cosecha a pesar de la competencia de la fruta fresca tanto en el país como en el exterior. Las fresas también son conocidas por su valor nutricional, salud y crecimiento, lo que está relacionado con centrarse en un estilo de vida sano y saludable.

El Internet de las cosas afecta ahora a muchas áreas de la vida diaria y al desarrollo de la tecnología. A través del Internet de las Cosas se ha creado un ecosistema que conecta diversos dispositivos creando flujos de datos que pueden ser procesados y analizados para obtener información útil. El Internet de las Cosas promueve el desarrollo tecnológico; Hoy en día, la agricultura (Méndez-Guzmán et al., 2022), la empresa, el sector público, la educación, etc. Se utiliza en muchas áreas para mejorar la calidad de vida comprobando y revisando esta información. La gestión utilizando el concepto de Internet de las cosas permite la creación de sistemas interactivos y escalables conectados a sensores que cumplen con estándares abiertos: formato creado por monitores, análisis de productos, intercambio de datos, etc. Se han producido cambios significativos en procesos como el almacenamiento de datos, la escalabilidad de las conexiones de aplicaciones y la gestión de datos

Está previsto construir un invernadero inteligente para el cultivo de fresas a 3.800 metros de altitud. La zona de cultivo de fresas en mitad de la costa de Perú recibe más electricidad que cualquier otra parte del mundo. Sin embargo, al ser una fruta muy sensible y que requiere luz, humedad, calor y dióxido de carbono especial, su cultivo debe realizarse en invernaderos especiales. Durante muchos años, se ha sugerido que la gestión automática de invernaderos puede ahorrar energía y otros servicios, mejorar la calidad y

cantidad de los productos, controlar el sufrimiento de plagas de insectos y, por tanto, aumentar el valor de la producción.

El invernadero se diseñó utilizando principios de simulación y creación de prototipos de software y hardware. En primer lugar, la simulación se realizará mediante un software especial para modelos 3D y 2D que podrá simularse térmicamente y así calcular el intercambio de energía con el entorno. Con esta información es posible medir cuánta energía entra, cuánta energía sale y cuánta energía se almacena. Esta carpeta se utiliza no sólo para determinar las características físicas del invernadero, sino también para determinar la cantidad de agua que pierden las plantas por transpiración y por tanto controlar la frecuencia y cantidad de riego requerido. En cuanto al desarrollo de la automatización, la arquitectura se basará en un sistema SCADA que recopilará y mostrará datos de sensores y cámaras de 360° y los controlará programáticamente a través de computadoras o autómatas programables.

### **1.1.1 Definición y función de un invernadero**

Un invernadero es una estructura diseñada para proporcionar control ambiental para el cultivo, proteger las plantas de las inclemencias del tiempo y aumentar su rendimiento. Estos sistemas permiten controlar condiciones como la temperatura, la humedad y la luz, que son variables importantes para ver crecer las plantas. Existen muchos tipos de invernaderos; Las principales diferencias son su estructura, el tipo de control ambiental utilizado y su nivel de automatización. En este contexto, mientras se construye un invernadero electrónico controlado por IoT (plantación de fresas a una altitud de 3800 metros usando ESP32), la temperatura, la humedad y los rayos ultravioleta (UV).

### **1.1.2 Tipos de Invernaderos**

Existen muchos tipos de invernaderos que se pueden clasificar según sus estructuras, gestión ambiental y sistemas de automatización. Los principales fines del uso de invernaderos incluyen invernaderos de túnel, invernaderos de vidrio, invernaderos de plástico, etc. se encuentra. Cada especie tiene una idoneidad única para diferentes cultivos y entornos.

### **A. Invernadero Túnel**

El invernadero túnel, también conocido como invernadero de plástico, es una estructura simple con un marco de metal cubierto con una película transparente o plástica. Estos invernaderos son especialmente adecuados para cultivos en regiones con menos condiciones climáticas, ya que dejan pasar la luz del sol y brindan una fácil protección contra las condiciones climáticas severas. Los invernaderos túnel son económicos y fáciles de instalar, pero no pueden controlar las diferencias del ambiente, lo que limita su efectividad en cultivos de mayor rendimiento, como la fresa.

### **B. Invernaderos de cristal o cristal**

Los invernaderos de cristal o cristal son más modelos que permiten un claro control del espacio interior debido a que el producto tiene un mejor aislamiento y es más duradero. Estos invernaderos se utilizan a menudo en climas fríos y para cultivos que requieren un control estricto de la temperatura. Según Huachallanqui Olivera et al. (2025), los invernaderos de cristal también pueden transmitir más luz, lo que resulta beneficioso para el proceso fotosintético de las plantas. Sin embargo, son más caros y difíciles de instalar que un invernadero.

### **C. Invernaderos automatizados**

Los invernaderos automatizados son una alternativa a los invernaderos tradicionales porque incluyen controles ambientales a través del Internet de las Cosas y tecnologías electrónicas y de monitoreo como sensores de temperatura, humedad y radiación UV. Estos invernaderos garantizan un crecimiento óptimo de las plantas mediante el control preciso y continuo de las condiciones internas. La implementación de dispositivos como ESP32 en estos sistemas permite combinar sensores y actuadores para monitorear instantáneamente los cambios ambientales y ajustar parámetros como la temperatura y la humedad, aumentando así el rendimiento y la sostenibilidad de los cultivos Drakulić y Mujčić (2020). Los invernaderos automatizados son particularmente adecuados para

cultivar fresas a gran altura, hasta 3.800 msnm, donde las condiciones ambientales pueden ser desafiantes.

### 1.1.3 Descripción y Funciones del Invernadero

El objetivo principal de un invernadero es crear un ambiente controlado que proteja a las plantas de condiciones climáticas adversas como bajas temperaturas, fuertes vientos, heladas o lluvias intensas, y cree un buen ambiente para su crecimiento. Con sus invernaderos, se tiene la capacidad de ajustar diversos factores ambientales, como la temperatura, la humedad y la cantidad de calor que reciben sus plantas.

#### A. Temperatura

La temperatura es uno de los factores más importantes del crecimiento. Por ejemplo, las fresas requieren altas temperaturas para un crecimiento óptimo, especialmente entre 18°C y 24°C. Sin embargo, las temperaturas a 3.800 msnm pueden ser más frías, poniendo en riesgo los cultivos. La calefacción automática controla la temperatura de sus sistemas de calefacción y ventilación. Según Méndez-Guzmán et al. (2022), los sistemas de control de IoT, como los microcontroladores ESP32, se pueden utilizar para medir y ajustar si las fresas se encuentran en condiciones óptimas de crecimiento en tiempo real.

#### B. Humedad

La humedad intermedia es otro factor importante en el crecimiento de la fresa. Es necesaria una humedad adecuada (generalmente del 60 al 80 por ciento) para evitar el estrés hídrico y las enfermedades fúngicas. Sus invernaderos automatizados regulan la humedad mediante sistemas controlados de riego y ventilación. Los sensores de IoT conectados a estos sistemas pueden ajustar automáticamente los niveles de humedad, lo que hace que el entorno sea ideal para el cultivo de fresas, el control adecuado de la humedad en invernaderos ayuda a reducir enfermedades como el moho y el moho gris (Ezziyyani et al., 2023).

### C. Luz ultravioleta (UV)

La luz ultravioleta, especialmente la radiación UV-B, desempeña un papel importante en la fotosíntesis y la producción de compuestos antimicrobianos en las plantas. Sin embargo, la radiación UV también puede ser perjudicial si se presenta en niveles excesivos, provocando daños en las plantas. En altitudes elevadas, como a 3800 msnm, la radiación UV es más intensa, lo que puede ser perjudicial para las fresas. Por lo tanto, el control de la radiación UV mediante el uso de filtros o pantallas es esencial para proteger a las plantas. Los invernaderos automatizados permiten controlar esta variable mediante sensores que miden los niveles de radiación UV y ajustan las pantallas o filtros en consecuencia, lo que asegura que las fresas reciban la cantidad adecuada de luz sin sufrir daños (Hoque et al., 2020).

#### 1.1.4 Tipo de Control ON/OFF en microcontrolador

En los invernaderos automatizados, el tipo de control utilizado para regular las variables ambientales puede ser de diferentes tipos, siendo uno de los más simples y comunes el control ON/OFF. Este tipo de control implica la activación o desactivación de sistemas como calefacción, ventilación o riego en función de umbrales preestablecidos. Por ejemplo, si la temperatura dentro del invernadero cae por debajo de un valor mínimo determinado, el sistema de calefacción se activa (ON), y cuando la temperatura alcanza un nivel óptimo, el sistema se apaga (OFF) (Aghaseyedabdollah et al., 2021).

Aunque el control ON/OFF es sencillo y económico, su principal limitación es que no permite ajustes finos, ya que los sistemas funcionan de manera binaria, sin modulaciones intermedias. Sin embargo, para ciertos invernaderos y en situaciones de control relativamente sencillo, este tipo de control puede ser adecuado. En el caso de un invernadero automatizado para el cultivo de fresa a gran altitud, el control ON/OFF de variables como la temperatura, la humedad y la luz UV puede ser eficaz para mantener condiciones estables en el interior del invernadero, reduciendo el riesgo de variaciones extremas que puedan dañar las plantas.

El diseño de un invernadero automatizado controlado por IoT a una altitud de 3800 metros requiere el diseño de diferentes invernaderos, cada uno con sus propias características y funciones. Al utilizar sistemas y dispositivos de IoT como el ESP32, la automatización ayuda a controlar variables ambientales clave como la temperatura, la humedad y los rayos UV. Los sistemas de control de encendido/apagado pueden controlar eficazmente el momento de estos cambios, ayudando a mejorar el rendimiento de la planta durante condiciones climáticas adversas.

### **1.1.5 Automatización en la agricultura**

La agricultura ha surgido como una nueva solución para agilizar el proceso agrícola utilizando tecnologías como Internet de las cosas (IoT) (Agilesh Saravanan et al., 2023), sensores, actuadores y microcontroladores como ESP32. El uso de sistemas automatizados en invernaderos permite el control de diversas variables ambientales como la temperatura, la humedad y la luz ultravioleta (UV), resultando en un ambiente de cultivo más eficiente y efectivo. En particular, la producción de máquinas electrónicas IoT para gestionar el cultivo de fresas a una distancia de 3.800 msnm (msnm) es una aplicación importante de esta tecnología, porque permite superar los problemas del viento en altitudes elevadas.

#### **A. La importancia de la automatización en la agricultura**

La automatización en la agricultura se beneficia de la necesidad de mejorar la productividad y la sostenibilidad de los cultivos al mejorar el uso de recursos como el agua, la energía y los insumos agrícolas. Según Morales Villegas et al. (2025), la automatización permite tener tiempo para monitorear y controlar el ambiente en el invernadero, lo cual es importante para aumentar la productividad y la calidad de los cultivos. El uso de tecnologías como la temperatura, la humedad y la luz ultravioleta facilitan la toma de decisiones basadas en datos diarios precisos, reduciendo la intervención humana y los errores.

Uno de los temas más importantes de la automatización es el Capacidad para gestionar bien los cambios ambientales, de acuerdo con el ajuste continuo del ambiente interior del invernadero. El control

automático de la temperatura es importante, por ejemplo, en el cultivo de fresas a gran altura, donde la temperatura puede variar mucho. Según Nouadjep y Djouodjinang (2022), las fresas necesitan una determinada temperatura para crecer, y la automatización mediante tecnología IoT garantiza que se minimicen las fluctuaciones de temperatura, lo que da como resultado una pulverización de plantas más eficiente.

## **B. Beneficios de la automatización de invernaderos**

La automatización de invernaderos tiene importantes beneficios que afectan la productividad y la sostenibilidad de los cultivos. Los principales beneficios son los siguientes:

### **B.1 Desarrollo de recursos naturales**

La automatización permite el uso de recursos como agua y electricidad, especialmente en condiciones extremas o lugares con recursos limitados. Por ejemplo, el control automático de temperatura permite ajustar el agua según las necesidades del cultivo, evitando exceso e insuficiencia de agua. Según Castillo Ortiz et al. (2025), el uso de sensores de humedad conectados a sistemas de riego automático reduce la pérdida de agua y mejora el rendimiento de los cultivos. Esto es especialmente importante para las fresas, que necesitan suficiente humedad para un buen crecimiento, pero son propensas a enfermedades fúngicas debido a las altas temperaturas.

### **B.2 Control ambiental preciso**

En un invernadero automatizado, las variables ambientales como la temperatura, la humedad y la luz ultravioleta se pueden controlar con sensores y actuadores. Por ejemplo, el control de la temperatura se realiza con sistemas de calefacción y refrigeración que se encienden y apagan automáticamente según los datos de los sensores. El modo de control ON/OFF, que se utiliza en la mayoría de los sistemas de automatización, permite ajustar estos parámetros de forma fácil y eficiente (Kumar et al., 2023). Este tipo de control reduce la necesidad de mano de obra y mejora la uniformidad del ambiente del invernadero.

### **B.3 Incrementar la calidad y cantidad de los productos**

La automatización contribuye a aumentar la calidad y cantidad de la agricultura. Al mantener un entorno sostenible y controlado, se asegura de que la planta tenga el mejor crecimiento. Esto conduce a un mayor crecimiento, menos pérdidas debido a enfermedades o muchos incidentes y cosas así. En el cultivo de fresa, la automatización también da prioridad a la producción de buenos frutos, al tiempo que se optimizan las condiciones de luz y temperatura, dos factores importantes para el desarrollo del fruto (Arregoces-Guerra et al., 2023)

### **B.4 Reducir el impacto ambiental**

La automatización también contribuye a la sostenibilidad de los cultivos al permitir una mejor gestión de los recursos naturales y reducir el impacto ambiental de la agricultura. La tecnología de control se puede utilizar para reducir el uso de energía y agua, lo que reduce la huella ambiental de la planta. Según (Ossa Duque, 2017), los sistemas automáticos de suministro de agua y calefacción para zonas residenciales no solo mejoran la eficiencia, sino que también ayudan a reducir las emisiones de gases de efecto invernadero al permitir el uso de energías renovables y aumentar el uso de electricidad.

### **B.5 Monitoreo en tiempo real y toma de decisiones informadas**

Con sensores conectados a plataformas de análisis de datos, los agricultores pueden tomar decisiones basadas en información precisa y actualizada. Esto facilita la detección temprana de problemas como altas temperaturas y humedad, lo que le permite trabajar rápidamente para corregir las diferencias. Según (Kurniasari et al., 2025), la automatización no solo mejora la eficiencia, sino que también proporciona información valiosa que puede utilizarse para aumentar continuamente la productividad.

La automatización en la agricultura, especialmente en la construcción de invernaderos y el control de IoT para cultivar fresas a gran altura como en la región de Puno, tiene muchas ventajas para el

crecimiento y la sostenibilidad. Monitoree y controle variables clave como temperatura, humedad y rayos UV, gestión ambiental, optimización económica y potencia de salida mediante el uso de tecnologías IoT como los microcontroladores ESP32. El tipo de control ON/OFF, aunque simple y fácil de guardar, las cosas automatizadas pueden ayudar a mejorar la productividad, reducir el impacto ambiental y tomar decisiones.

### **1.1.6 Internet de las cosas (IoT) en la agricultura**

El Internet de las cosas (IoT) ha revolucionado varios sectores y la agricultura no es una excepción. En el ámbito de la agricultura, el Internet de las Cosas incluye la integración de dispositivos y sensores que ayudan a monitorear el tiempo y controlar los parámetros ambientales necesarios para el crecimiento de las plantas, como el calor, la humedad y la luz ultravioleta (UV). El uso del Internet de las Cosas en la agricultura (Chaitanya Kumar et al., 2021), especialmente para el cultivo de fresas a gran altura, ha demostrado ser una herramienta importante para planificar el desarrollo, mejorar los recursos y aumentar el producto.

Al crear un estacionamiento automatizado que usa IoT y ESP32, la meta es tener un sistema inteligente que funcione solo y gestione bien el espacio. Estos sistemas miden continuamente cosas como la temperatura dentro, la temperatura del ambiente y la radiación UV, cambiando cómo operan según lo que miden. Se usa un control ON/OFF en el sistema para que responda rápido y bien, prendiendo o apagando cosas como ventiladores, calefactores y sistemas de riego cuando sea necesario para mejorar el entorno.

#### **A. La IoT en agricultura y aplicaciones**

El IoT ha cambiado mucho la agricultura, desde cómo se maneja el agua hasta cómo se usa la energía. Las principales aplicaciones del IoT en la agricultura incluyen vigilar el ambiente, procesar la producción, manejar el agua y mejorar la calidad de los cultivos (Moreno Perdomo, 2023).

### **A.1 Vigilar el ambiente**

Vigilar el ambiente es una de las aplicaciones más importantes del IoT en un parque. Los sensores que miden cosas como la temperatura, la humedad y la radiación UV dan información precisa que ayuda a tomar buenas decisiones para cambiar las condiciones del jardín (García-Cortés et al., 2024).

### **A.2 La Automatización**

La automatización es clave para el Internet de las Cosas en la agricultura. Usando microcontroladores como el ESP32, el sistema automatizado puede ajustar continuamente la temperatura, la humedad y los niveles de UV en el parque. Por ejemplo, si la temperatura dentro sube mucho, el sistema puede prender el aire; si la humedad baja mucho, el sistema de riego se prenderá solo. Según (Moreno Perdomo, 2023), las computadoras a través del IoT no solo ahorran tiempo y trabajo humano, sino que también hacen que todo sea más eficiente, permitiendo que todo se desarrolle de forma continua y predecible. En áreas lejanas, este tipo de automatización es muy importante debido a los cambios de temperatura.

### **A.3 Gestión inteligente del riego**

Uno de los mayores problemas en la agricultura es cómo manejar el agua. Los sistemas de IoT permiten la implementación de soluciones de riego inteligentes que se conectan automáticamente con el suelo y el clima. Al conectar el suelo con el suelo, el sistema puede realizar el riego si es necesario, evitando el agua y el exceso de agua (Bafdal y Ardiansah, 2021). Al cultivar fresas, el manejo adecuado de la temperatura y la humedad es esencial para prevenir enfermedades y mejorar el rendimiento y el sabor (Castillo Ortiz et al., 2025)

### **A.4 Mejorar la calidad de los cultivos**

Considerar el control de los parámetros ambientales no sólo aumenta el rendimiento, sino también la calidad del cultivo. Al cultivar

fresas, el manejo adecuado de la temperatura y la humedad es esencial para prevenir enfermedades y mejorar el rendimiento y el sabor

## **B. Desarrollos recientes en IoT en la agricultura**

El desarrollo de nuevas tecnologías y la mejora continua de las capacidades de los dispositivos IoT han tenido un impacto significativo en la agricultura. En tiempos recientes, hemos visto microcontroladores como el ESP32, que gracias a su potencia y eficiencia, facilitan la incorporación económica de sensores, motores y comunicaciones (Austria et al., 2023).

También, los sensores modernos destacan por su mayor fiabilidad y resistencia, lo que asegura mediciones precisas del entorno. La supervisión de temperatura, humedad y radiación ultravioleta es cada vez más sencilla y asequible, integrándose sin problemas en sistemas IoT extensos, como los empleados en granjas robotizadas que cuidan cultivos delicados, como las fresas, en climas difíciles.

A su vez, el uso de la nube para el análisis de la información es un avance significativo. Estos sistemas son útiles para guardar y procesar grandes volúmenes de datos de sensores, agilizando el análisis en tiempo real y la toma de decisiones informadas por patrones pasados y datos históricos (Sneineh y Shabaneh, 2023).

La posibilidad de vigilar y ajustar variables cruciales como la temperatura, la humedad y la luz ultravioleta al instante con tecnología como el ESP32 permite a los agricultores optimizar el manejo de sus cultivos. Los progresos en hardware y análisis en la nube, sumados a los sistemas de control, mejoran significativamente la sostenibilidad y adaptabilidad de los sistemas agrícolas, incrementando la productividad y la calidad del producto (Kurniasari et al., 2025).

### **1.1.7 ESP32**

El ESP32 es un microcontrolador de bajo precio pero muy potente, que se ha vuelto muy popular en proyectos de automatización, sobre todo en la

agricultura inteligente. Su utilización en el diseño automatizado de invernaderos y en el control por IoT del cultivo de fresas a 3800 metros sobre el nivel del mar ha demostrado ser una excelente alternativa para vigilar y regular variables clave como la temperatura, la humedad y la radiación ultravioleta. Gracias a sus capacidades, el ESP32 ofrece una base sólida y adaptable para gestionar las condiciones del entorno en el invernadero, optimizando el cultivo en áreas de difícil acceso o en situaciones delicadas.

### **A. Características**

El ESP32 es un microcontrolador de 32 bits creado por Espressif Systems, famoso por integrar Wi-Fi y Bluetooth en un solo chip. Esta cualidad es perfecta para aplicaciones de Internet de las cosas (IoT), ya que facilita la conexión inalámbrica con otros dispositivos y plataformas en la nube. El ESP32 destaca por su bajo consumo de energía, alta capacidad de procesamiento y la integración de múltiples conexiones, lo que lo hace ideal para sistemas de control de diferentes tipos.

Una de las ventajas más notables del ESP32 es su capacidad para manejar una gran cantidad de entradas y salidas digitales (GPIO), lo que permite conectar diversos sensores de temperatura, humedad y luz ultravioleta, además de actuadores para controlar el entorno cerrado. Este microcontrolador también puede implementar sistemas de control ON/OFF para encender y apagar dispositivos como sistemas táctiles, de calefacción, de agua o de luz, según las necesidades del cultivo. El control ON/OFF es muy útil para mantener las condiciones dentro de rangos específicos, activando los sistemas cuando los sensores detectan que las variables ambientales, como la temperatura o la humedad, deben ajustarse.

### **B. Usos en la automatización de invernaderos**

El ESP32, gracias a su conectividad y capacidad de procesamiento, es una plataforma ideal para la automatización de invernaderos. En situaciones como granjas de fresas a gran altitud, donde las condiciones climáticas son extremas e impredecibles, el ESP32 puede monitorear variables clave como la temperatura, la humedad y la luz ultravioleta. Los

sensores conectados al ESP32 (Méndez-Guzmán et al., 2022) proporcionan datos reales al sistema de microcontrolador y, según la configuración especificada, ajustan el sistema del invernadero.

### **C. Monitoreo lumínico y gestión ambiental**

En el cultivo de fresa la temperatura es muy importante, porque requiere de diferentes factores para un buen crecimiento. El ESP32 se puede conectar a un sensor de temperatura, como un DHT22 o DS18B20, para medir continuamente los cambios de temperatura en el invernadero. Si la temperatura supera o baja del valor deseado, el microcontrolador puede activar o desactivar el sistema de calefacción o refrigeración, utilizando el control ON/OFF para mantener el funcionamiento (Agilesh Saravanan et al., 2023a; Arregoces-Guerra et al., 2023). Este tipo de control permite una respuesta rápida a los cambios de temperatura, asegurando que el ambiente en el invernadero se mantenga dentro de los requisitos para el cultivo de fresas.

### **D. Control de humedad**

Otro factor importante en el cultivo de fresas es la humedad, ya que afecta la salud de las plantas y la calidad de la fruta. El ESP32, cuando se combina con un sensor de humedad como el DHT11 o AM2302, puede medir la humedad del aire a lo largo del tiempo. Cuando el nivel de humedad cae por debajo del valor predeterminado, se activa el sistema de riego automático para asegurar que las fresas reciban suficiente agua, pero si la humedad es alta, se puede reducir el riego y el proceso de enfriamiento (Thanh Tran et al., 2024). El control ON/OFF en el sistema de riego y ventilación hace que el equipo funcione cuando la situación lo requiere, evitando daños de agua y energía.

### **E. Monitoreo de rayos ultravioleta (UV)**

Los rayos ultravioletas tienen un impacto significativo en el desarrollo de las plantas y el cultivo de fresas. La radiación ultravioleta, si se controla adecuadamente, puede promover el crecimiento saludable de las fresas y mejorar el sabor. Al integrar un sensor UV como el

VEML6075, el ESP32 permite monitorear los niveles de luz UV dentro del invernadero. Cuando el nivel de radiación UV es insuficiente, el sistema de iluminación puede activarse automáticamente para proporcionar la cantidad adecuada de luz a las plantas. Al igual que con la temperatura y la humedad, el control ON/OFF garantiza que las luces solo se enciendan cuando sea necesario para optimizar el consumo de energía (Wang et al., 2020; Zhang et al., 2018).

#### **F. Ventajas de ESP32 en el diseño automatizado de invernaderos**

La integración de ESP32 en el diseño automatizado de invernaderos ofrece muchas ventajas. En primer lugar, su capacidad para integrar sensores de temperatura, humedad y luz ultravioleta, así como la capacidad de controlar funciones de forma remota, permite una mejor gestión de los recursos en el invernadero. Esto es especialmente importante en zonas de gran altitud, como en el cultivo de fresas a una altitud de 3.800 msnm, donde el clima puede ser muy malo y cambiante.

La conectividad Wi-Fi y Bluetooth del ESP32 también permite la integración con sistemas de monitoreo y control basados en la nube, brindando a los productores la capacidad de monitorear y ajustar las condiciones del invernadero desde cualquier lugar. El resultado es una mejor gestión de los cultivos, ya que los agricultores pueden recibir alertas en tiempo real sobre condiciones ambientales adversas y tomar decisiones rápidas.

De acuerdo con Berrios Gómez y Rivera Herrera (2022), integrar el ESP32 en sistemas de IoT para la agricultura no solo impulsa la eficacia, sino que también mejora la productividad y la sostenibilidad de las cosechas.

El ESP32 es un microcontrolador clave en la creación de un invernadero automatizado, supervisado a través de IoT, para el cultivo de fresas a una altitud de 3800 metros sobre el nivel del mar. Gracias a su capacidad para enlazar diversos sensores de temperatura, humedad y luz ultravioleta, así como su eficiencia en la gestión de dispositivos mediante

un sistema ON/OFF, el ESP32 aporta una solución viable y rentable para perfeccionar las condiciones de cultivo en un entorno controlado. Su conectividad y su reducido consumo de energía lo transforman en una alternativa perfecta para los sistemas de IoT en la agricultura, posibilitando a los agricultores optimizar el uso de los recursos e incrementar la producción de cultivos de alta calidad.

### **1.1.8 El Cultivo de fresa a 3800 m.s.n.m.**

El cultivo de fresas a altitudes elevadas, como a 3800 m s. n. m. en la zona de Puno, generará tanto retos como posibilidades. Este entorno se distingue por las condiciones climáticas, destacando los factores ambientales que afectan directamente al crecimiento de las plantas, como la temperatura, la humedad y la radiación ultravioleta (UV). En este escenario, la puesta en marcha de un invernadero automático, controlado por IoT y gestionado con ESP32, es la solución ideal para hacer frente a este desafío y maximizar la producción de fresas en un ambiente tan complicado.

#### **A. Requisitos para el cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm**

El cultivo de fresa es sensible a cambios extremos de temperatura, humedad y radiación ultravioleta, estos factores se acentúan en las zonas de gran altitud como lo es la región de Puno. A 3.800 metros de altitud, el crecimiento y desarrollo de las fresas requiere ciertas condiciones, entre ellas un control adecuado de la temperatura, la humedad y la luz.

#### **B. Variables clave en el estudio**

##### **B.1 Temperatura**

El rango de temperatura debe ser estable para que las fresas crezcan bien. El rango de temperatura óptimo para el cultivo de fresas es entre 18°C y 24°C (Angkasa y Said, 2022), sin embargo, en la región de Puno la temperatura nocturna es muy fría y la diurna demasiado alta, lo que causa estrés a las plantas y afecta su rendimiento. Por lo tanto, es importante controlar la temperatura automática mediante sistema de calefacción o refrigeración para crear un buen microclima para las plantas

(Bhujel et al., 2020). Estos parámetros se pueden controlar de manera eficiente utilizando el sistema ESP32, activando o desactivando el sistema de calefacción o refrigeración cuando sea necesario mediante controles de encendido/apagado que responden a las variaciones en el calor.

## **B.2 Humedad**

La humedad también juega un papel importante en el desarrollo de las fresas. La humedad relativa ideal para esta planta varía entre el 60% y el 80% (Castañeda-Miranda y Castaño-Meneses, 2020). En la región Puno existen muchas condiciones de baja humedad debido a la altitud y al aire seco, que pueden causar problemas a las plantas si no se manejan adecuadamente. Al monitorear continuamente la humedad a través de los sensores conectados al ESP32, cuando los niveles de humedad caen por debajo del valor establecido, se puede activar el sistema de riego automático para suministrar agua a las plantas. Este control de encendido/apagado optimiza el uso del agua, lo cual es importante en regiones donde el agua es escasa o costosa (Danita et al., 2018).

## **B.3 Ultravioleta (UV)**

La radiación UV tiene un impacto significativo en la fotosíntesis y la calidad de las plantas de fresa. En zonas de gran altitud como Puno, la radiación UV es más intensa debido a la baja densidad del aire, y las plantas pueden dañarse si no se manejan adecuadamente (Li et al., 2018). Sin embargo, dosis de luz ultravioleta son buenas para el desarrollo de las fresas, favoreciendo la floración y aumentando la resistencia de las plantas. El sensor UV integrado en el sistema ESP32 te permite monitorear la intensidad de la radiación UV y activar sistemas de protección o iluminación artificial si es necesario, asegurando que tus fresas reciban suficiente luz para su crecimiento sin riesgo de exposición (Pichoasamin et al., 2024). El control automático de encendido/apagado de esta fuente de luz ayuda a la vida de las plantas y garantiza un crecimiento óptimo de los cultivos.

## **C. Desafíos de cultivo de fresa a 3800 msnm**

El cultivo de fresa en la región Puno enfrenta muchos desafíos debido al clima extremo y las condiciones geográficas de la región. Los principales desafíos son las diferencias de temperatura, la escasez de agua y la alta radiación ultravioleta. A continuación, se analizan estos desafíos y cómo mitigarlos utilizando un invernadero automático en controladores ESP32 IoT.

### **C.1 Variaciones de temperatura**

La variación diaria de temperatura en la región Puno es muy grande, con temperaturas que oscilan entre 0°C y 25°C durante el día (Huachallanqui Olivera et al., 2025). Estos cambios extremos de temperatura pueden tener un efecto negativo en el crecimiento de las fresas, estresando las plantas y reduciendo el rendimiento. Los invernaderos automáticos pueden controlar la temperatura interna calentando y enfriando usando el ESP32, que ajusta las condiciones en función de las lecturas del indicador de temperatura, reduciendo las variaciones internas y creando un ambiente estable para las plantas.

### **C.2 Escasez de agua**

La región andina de Puno tiene recursos hídricos limitados, lo que representa un gran desafío para la agricultura (Agale y Gaikwad, 2017). El sistema de riego automático controlado por el ESP32 se activa solo cuando la humedad del suelo o del aire cae por debajo de un umbral específico, optimizando así el uso del agua. Esto no sólo mejora la calidad del material, sino que asegura que las plantas de fresa reciban la cantidad adecuada de agua en el momento adecuado, evitando excesos o faltas de agua.

### **C.3 Radiación UV**

La fuerza o intensidad de los rayos UV se incrementa a medida que ascendemos en altura, pudiendo causar daños en las fresas si no se toman las precauciones debidas. Sin embargo, la radiación ultravioleta es

necesaria para el crecimiento de las plantas. Utilizando un sensor UV conectado al ESP32, la radiación se puede monitorear y ajustar a través de sistemas de sombreado e iluminación artificial. Este control de los niveles de UV es importante para proteger las plantas durante un crecimiento óptimo.

El cultivo de fresas a 3800 metros de altitud en la región de Puno es un gran desafío debido al mal tiempo, pero los invernaderos automáticos con control IoT mediante un microcontrolador ESP32 pueden ser una solución útil. Variables clave como la temperatura, la humedad y la luz ultravioleta se monitorean y controlan de cerca mediante sensores conectados al ESP32, creando un ambiente controlado propicio para el crecimiento de las fresas. Mediante el uso de un sistema de control de encendido/apagado se puede controlar de manera eficiente el uso de calefacción, refrigeración, riego e iluminación, optimizando el uso de los recursos y aumentando el rendimiento de los cultivos en los campos.

#### **D. Interacción entre biodiversidad y fresales en la región Puno**

Los problemas que puede enfrentar la fresa en la región Puno a una altitud de 3800 msnm se deben principalmente al clima, con grandes diferencias de temperatura, humedad y luz. Para uso ultravioleta (UV). Estas variables que interactúan son importantes para el crecimiento de las plantas y deben manejarse adecuadamente para garantizar buenos rendimientos. En un invernadero estándar que utiliza un microcontrolador ESP32 para el control de IoT, estas variables se pueden monitorear y controlar a lo largo del tiempo para crear el ambiente perfecto para el crecimiento de las fresas. Luego se analiza la interacción entre temperatura, humedad y rayos UV y cómo afecta el cultivo de fresa en la región, mostrando la importancia de la autogestión mediante sistema ON/OFF.

## **E. Condiciones que afectan el crecimiento de la fresa**

### **E.1 Temperatura y humedad**

La temperatura y la humedad están estrechamente relacionadas y afectan el desarrollo de la fresa, especialmente en zonas frías y secas como los Andes. La temperatura óptima para el crecimiento y fructificación del fruto es de 18° C a 24° C. Sin embargo, en zonas de gran altitud como Puno, donde la diferencia de temperatura entre el día y la noche es grande, es difícil mantener un ambiente confortable.

La humedad climática es otro factor importante ya que afecta el crecimiento de las plantas y la disponibilidad de humedad del suelo. Al cultivar fresas se recomienda mantener una humedad entre el 60% y el 80% (Huachallanqui Olivera et al., 2025). Si la humedad cae por debajo de estas condiciones, las fresas pueden sufrir estrés hídrico, afectando el crecimiento y la calidad de la fruta. Por otro lado, si hay demasiada humedad, pueden ocurrir cosas relacionadas con enfermedades fúngicas.

Las dos variables temperatura y humedad están relacionadas entre sí. Por ejemplo, a medida que aumentan las temperaturas, aumenta la capacidad del aire para retener la humedad, lo que hace que el agua se mueva. Sin sistemas de riego adecuados, el aumento de las temperaturas puede dañar gravemente la humedad y afectar el crecimiento de la fresa. Por lo tanto, es muy importante el correcto funcionamiento del control de temperatura y humedad. El ESP32 puede gestionar esta interacción activando los sistemas de calefacción, refrigeración y riego, que están controlados por sensores que monitorean el entorno del invernadero en tiempo real. A través del control ON/OFF, la máquina puede activar estos dispositivos sólo cuando sea necesario, optimizando la utilización de recursos y manteniendo un buen ambiente para las fresas.

### **E.2 Luz Ultravioleta (UV)**

Los rayos ultravioletas (UV) son un factor importante en el crecimiento de las fresas, especialmente en altitudes elevadas. En la provincia de Puno, a medida que disminuye la presión atmosférica,

aumenta la intensidad de los rayos UV, lo que es a la vez beneficioso y perjudicial para las plantas. La baja exposición a los rayos UV promueve la fotosíntesis y aumenta la resistencia de la fresa a ciertas enfermedades, pero la sobreexposición puede dañar el tejido vegetal y reducir la calidad del fruto (Huachallanqui Olivera et al., 2025).

ESP32 puede desempeñar un papel importante en el control de la radiación UV en invernaderos. Al instalar lámparas UV como la VEMML6075, un sistema automatizado puede monitorear la cantidad de radiación UV disponible y ajustar la intensidad de la luz en el invernadero en consecuencia. Si la radiación UV es demasiado alta, el sistema puede incluir sombreadores o pantallas protectoras, y si no hay suficiente luz, se pueden encender luces artificiales para que las plantas reciban luz directa (Berrios Gómez y Rivera Herrera, 2022; Sneineh y Shabaneh, 2023). De esta manera, el control encendido/apagado ayuda a proteger las fresas de la exposición y promueve el crecimiento en condiciones controladas.

### **E.3 Interacción de tres variables: temperatura, humedad y luz UV**

La interacción entre temperatura, humedad y luz UV es compleja pero importante para el éxito del cultivo de fresa en la región Puno. A temperaturas excesivamente altas, aumenta la capacidad del aire para retener la humedad, lo que puede provocar un ambiente seco en el suelo. En este caso, si no se controla suficientemente la humedad, las plantas de fresa pueden tener problemas hídricos que afecten a su desarrollo. Además, la fuerte radiación ultravioleta puede aumentar este estrés al aumentar la evaporación del agua del suelo y las plantas, lo que hace que la gestión de la humedad sea aún más importante.

En este contexto, el uso de invernaderos automatizados con control de IoT se vuelve importante para gestionar eficazmente estas interacciones. Utilizando el ESP32 y sensores integrados para medir la temperatura, la humedad y la radiación UV, se pueden crear sistemas de control avanzados que pueden ajustar la contaminación del aire en tiempo real. Por ejemplo, si la temperatura y la radiación UV aumentan al mismo tiempo, el sistema puede activar un ventilador para reducir la temperatura

y un sistema de riego para compensar el aumento de la evaporación del agua. Por otro lado, si la humedad es muy alta y la radiación UV es baja, el sistema puede activar la ventilación para reducir la humedad y permitir que penetre más luz (García-Cortés et al., 2024; Ossa Duque, 2017).

El control ON/OFF basado en estos sensores permite que el sistema responda inmediatamente a cambios en las condiciones, activando los sistemas de calefacción, ventilación, riego e iluminación solo si las mediciones son aprobadas, lo que no solo mejora el estado de las fresas, sino que también mejora el estado de las fresas. uso de recursos.

La interacción entre temperatura, humedad y luz ultravioleta es importante para el cultivo de fresas en altitudes elevadas, como en la región de Puno. Para un buen crecimiento de las plantas, es vital gestionar bien estos elementos. Emplear un sistema ESP32 automatizado facilita el manejo de estas interacciones, afinando con exactitud cada aspecto, lo que mejora el uso de los recursos y eleva la calidad y cantidad producida. Con el control ON/OFF y el monitoreo, las fresas crecen mejor, adaptándose al entorno adverso y ampliando las opciones de cultivar en zonas altas.

### **1.1.9 Invernadero Automatizado con Control IoT en la Región de Puno**

La idea de un invernadero automatizado con control IoT ha cambiado la agricultura, sobre todo en zonas de clima extremo como Puno, a 3800 metros sobre el nivel del mar. Este sistema usa tecnología avanzada para controlar factores del ambiente, como temperatura, humedad y luz, claves para el cultivo eficiente de fresas. La automatización en invernaderos, con plataformas como ESP32, da opciones para vigilar y manejar estos factores al instante, mejorando la producción y sostenibilidad.

En altura, un invernadero automatizado es un lugar cerrado para cultivar plantas, con sistemas que controlan las condiciones internas necesarias para su crecimiento. Estos sistemas gestionan temperatura, humedad, ventilación, riego e iluminación, con dispositivos electrónicos que actúan de manera (Huachallanqui Olivera et al., 2025). La automatización permite que el invernadero funcione sin tanta supervisión, reduciendo errores y mejorando la eficiencia. En Puno, con sus

cambios de temperatura y altitud, un invernadero así ayuda a solucionar estos problemas. Un sistema electrónico, como el ESP32, regula con precisión las condiciones del invernadero, ajustando los parámetros según las plantas y el clima exterior.

En Puno, el Internet de las Cosas (IoT) se refiere a la conexión digital de objetos y dispositivos por internet, que les permite recoger, procesar y enviar datos sin ayuda humana. En la agricultura, IoT se usa para ver y gestionar variables del ambiente y operativas. Estos dispositivos, con sensores y actuadores, toman datos al instante y permiten decidir de forma automática o remota para mejorar el cultivo (Marín-García et al., 2023).

En la zona de Puno, el uso de IoT en el cultivo de fresas hace posible incorporar sensores que miden temperatura, humedad, radiación UV, entre otros aspectos, como la calidad del aire y las condiciones del suelo, con el fin de modificar de manera automática el ambiente dentro del invernadero. Dichos sistemas IoT, que utilizan plataformas de bajo costo como el ESP32, brindan una alternativa eficiente y accesible para lidiar con las condiciones extremas del lugar. Aparte, permiten la supervisión a distancia, lo que simplifica la administración y el control remoto de los parámetros del invernadero.

Para la automatización de invernaderos en la zona de Puno, el ESP32 resulta ser un microcontrolador de bajo costo, muy eficiente y adaptable, que se ha vuelto una alternativa común en implementaciones de IoT, gracias a su capacidad de conexión inalámbrica (Wi-Fi y Bluetooth) y a su sencilla integración con sensores y otros aparatos electrónicos (Nasution et al., 2020). Dentro de un invernadero automatizado, el ESP32 funciona como el centro del sistema, analiza información de sensores y decide en tiempo real cómo controlar los sistemas del invernadero, como la temperatura, la humedad y la iluminación.

La conexión del ESP32 a sensores especiales puede monitorear y ajustar automáticamente las condiciones dentro del invernadero. Por ejemplo, el ESP32 puede activar sistemas de calefacción o ventilación según lecturas de temperatura, encender sistemas de riego cuando la humedad es baja o controlar los rayos UV según la radiación medida. Este control automatizado no solo aumenta la

productividad de la fábrica, sino que también reduce el consumo de recursos y mejora la eficiencia de la fábrica (García Torres et al., 2024)

Usando el control ON/OFF en sistemas automatizados implica encender o apagar dispositivos y sistemas en base a mediciones realizadas por sensores. Este tipo de control es especialmente adecuado para sets en áreas como Puno donde el clima puede cambiar rápidamente y requiere ajustes rápidos. Por ejemplo, cuando la temperatura dentro del invernadero cae por debajo del límite establecido, el sistema ON/OFF enciende automáticamente el sistema de calefacción. Del mismo modo, si la humedad baja demasiado, el sistema de riego se pondrá en marcha. Este enfoque simplificado y al mismo tiempo eficaz permite una gestión eficiente de la energía y un control preciso de los parámetros ambientales sin la necesidad de una intervención manual constante. El uso del control ON/OFF con tecnología IoT en invernaderos mejora la precisión y la respuesta a las condiciones ambientales cambiantes, lo cual es importante en zonas de gran altitud como Puno, donde las condiciones extremas pueden afectar negativamente el crecimiento de la fresa. La automatización también reduce el desperdicio de energía y recursos, haciendo que los procesos sean más sostenibles a largo plazo.

### A. Ventajas

La implementación de invernaderos automáticos con control por Internet de las Cosas en la región Puno brinda una serie de ventajas importantes para el cultivo de fresa. Los beneficios clave incluyen:

- Optimización de recursos: el control automático de la temperatura, la humedad y la luz a través del Internet de las cosas permite una mejor gestión de recursos como el agua y la energía, lo cual es importante en áreas con recursos hídricos limitados y variables climáticas (Manoharan et al., 2024).
- Aumento de la producción: un entorno controlado con precisión promueve el crecimiento y la fructificación de las fresas, lo que conduce a una mayor productividad y una mejor calidad de la fruta (Ferrández-Pastor et al., 2019).
- Reducción de costos operativos: La automatización reduce la necesidad de intervención humana frecuente, reduciendo así los

costos laborales y aumentando la eficiencia del trabajo (Wang et al., 2020)

- Monitoreo remoto: la integración de IoT permite a los agricultores monitorear la contaminación del aire en tiempo real, lo que permite una toma de decisiones precisa desde cualquier lugar (Angkasa y Said, 2022)

El diseño de un invernadero automático con control IoT mediante un microcontrolador ESP32 es una solución innovadora para el cultivo de fresa en la sierra, como en la región Puno. Al integrar tecnologías como el control ON/OFF y sensores IoT para monitorear y controlar parámetros como temperatura, humedad y luz ultravioleta, es posible crear un ambiente controlado que apoye el crecimiento de las fresas, además de aumentar la calidad y cantidad de producción. Este tipo de invernadero no sólo aumenta la eficiencia en el uso de los recursos, sino que también permite una gestión sostenible y una producción más competitiva en condiciones adversas.

En la Ingeniería con control IoT (Internet de las cosas) es una nueva solución para mejorar el desarrollo de frutos, basado en control. Especialmente el cultivo de fresas a grandes altitudes, como por ejemplo a 3.800 msnm, crea importantes problemas debido a las condiciones ambientales. La tecnología avanzada permite controlar factores importantes como la temperatura, la humedad y la luz ultravioleta (UV), diferencias que son importantes para el desarrollo de las fresas a esta altitud.

## **B. Factores en invernaderos automáticos y su aplicación en el cultivo de fresa**

Los invernaderos automáticos son estructuras diseñadas para crear un ambiente controlado que haga que las plantas crezcan bien. Según Ardiansah et al. (2020), el uso de invernaderos permite mejorar el rendimiento de los cultivos al proporcionar un buen ambiente para el crecimiento de las plantas y protegerlas de condiciones adversas. La

creación de hábitats electrónicos utilizando tecnología IoT ha cobrado importancia en los últimos años porque es posible monitorear y ajustar el ambiente del invernadero en el tiempo (Huachallanqui Olivera et al., 2025). Esta tecnología permite que interactúen la temperatura, la humedad y la luz ultravioleta, proporcionando información en tiempo real que puede analizarse para mejorar el crecimiento de las plantas.

En las especiales condiciones del cultivo de la fresa, es necesario cuidar el medio ambiente, que es la correcta climatización del invernadero. Según Huachallanqui Olivera et al. (2025), las fresas requieren una temperatura de 18 – 24 °C para un crecimiento óptimo. Sin embargo, en altitudes elevadas, como a 3800 msnm, la temperatura puede bajar, lo que puede tener un efecto negativo en la fruta. El control de temperatura mediante tecnología IoT permite la adaptación y gestión eficiente de las condiciones agrícolas (Ezziyyani et al., 2023; Huachallanqui Olivera et al., 2025)

### **B.1 Temperatura en el cultivo de fresa**

La temperatura es un factor importante en el cultivo de fresa porque afecta la germinación, el crecimiento y el fruto. En altitudes elevadas, como a 3.800 msnm, la temperatura baja la mayor parte del año, lo que daña el cultivo de la fresa (Ezziyyani et al., 2023). Según Huachallanqui Olivera et al. (2025), las fresas necesitan una temperatura constante para un buen crecimiento, lo cual se puede lograr mediante el uso de un sistema de control electrónico que ajusta la temperatura del invernadero de acuerdo con la información recopilada de los dispositivos probadores de señal.

La automatización del control de la temperatura del invernadero es posible mediante la integración de sistemas IoT que utilizan microcontroladores como ESP32. Esta herramienta es adecuada para sistemas de monitoreo y control debido a su bajo costo, alto consumo de energía y fácil integración con otros dispositivos IoT (Moreno Perdomo, 2023). El ESP32 proporciona lecturas continuas de temperatura y enciende

la calefacción o ventilación según sea necesario, asegurando que las fresas tengan las condiciones adecuadas para su crecimiento.

## **B.2 Humedad relativa en el cultivo de fresas**

La humedad relativa también juega un papel importante en el desarrollo de las fresas. Las fresas necesitan entre un 60 y un 80% de humedad para evitar estrés hídrico o enfermedades fúngicas, que son comunes en ambientes cálidos o condiciones extremadamente secas (Morales Villegas et al., 2025). En los edificios automáticos, la temperatura se puede ajustar con un sistema que controla el agua y el aire, ajustándose a las mejores condiciones en función de los datos de los sensores. El uso de dispositivos IoT para medir y ajustar la temperatura del aire en el invernadero permite mantener las condiciones adecuadas para el desarrollo de las fresas, incluso a gran altura. El uso de este método ha demostrado ser efectivo en varios estudios (Huachallanqui Olivera et al., 2025), demostraron que el control de la temperatura conduce a un aumento en la producción, que suele afectar a estas plantas.

## **B.3 La luz ultravioleta y su influencia en el cultivo de la fresa**

La luz ultravioleta (UV) es otro cambio importante en el cultivo de la fresa, porque afecta la fotosíntesis y la producción de sustancias químicas útiles en la fruta, como los antioxidantes. Sin embargo, la exposición excesiva a la luz ultravioleta puede dañar las plantas y perjudicar su crecimiento. En altitudes elevadas, como 3800 m sobre el nivel del mar, la radiación UV es peligrosa porque no filtra la radiación solar (Ameen et al., 2019). En este caso, el control de los rayos UV en el invernadero es importante para proteger los cultivos sin reducir su exposición a niveles útiles.

Varios estudios han demostrado que el rendimiento se puede aumentar significativamente controlando la luz mediante sensores que monitorean la luz ultravioleta y cambiando reflectores o filtros para igualar el crecimiento de la fresa. Según Bhandari et al. (2023), el uso de filtros UV y sistemas de control ayuda a reducir el riesgo de daño por radiación

excesiva y aumenta la absorción de luz para la fotosíntesis, lo que favorece la producción de frutos de alta calidad.

### **1.1.10 ESP32 y su papel en la gestión del cambio ambiental**

ESP32 se han utilizado ampliamente en sistemas IoT debido a su flexibilidad y capacidad para manejar múltiples sensores simultáneamente. Según (Hernández-Morales et al., 2023), este dispositivo se puede conectar a varias redes de sensores para monitorear diversos factores como temperatura, humedad y luz ultravioleta, enviando los datos a una plataforma central para su análisis en tiempo real. El sistema puede ajustar los sistemas del invernadero, como la calefacción, el riego y la sombra, utilizando datos obtenidos de sensores.

La instalación de ESP32 en un invernadero equipado con IoT para plantar fresas a gran altura no solo permite monitorear los cambios ambientales, sino que también aumenta el uso de recursos como el agua y la energía para ser más eficientes y sostenibles

Un invernadero para cultivar fresas a una altitud de 3800 metros (Berrios Gómez y Rivera Herrera, 2022; Hernández-Morales et al., 2023), utilizando el microcontrolador ESP32 e Internet de las cosas es una buena solución para los problemas ambientales. Es necesario un control preciso de variables como la temperatura, la humedad y la luz ultravioleta para garantizar el crecimiento y la producción de fresas de alta calidad a gran altura. El uso de tecnología IoT y microcontroladores como el ESP32 proporciona una plataforma potente y flexible para gestionar mejor estos cambios, contribuyendo así a la sostenibilidad y optimización de los sistemas agrícolas modernos.

## **1.2 Antecedentes**

La agricultura en la región de Puno, ubicada a 3.800 msnm, enfrenta importantes desafíos debido a condiciones climáticas severas como bajas temperaturas, alta insolación y cambios de humedad. Estos factores limitan el cultivo de especies agrícolas sensibles como la fresa, que requieren un manejo ambiental adecuado para su óptimo desarrollo. A pesar de la capacidad de adaptar los métodos agrícolas tradicionales a las condiciones locales, la variabilidad térmica y la falta de un manejo adecuado de la humedad y la luz solar hacen imposible una producción de alta calidad (García Torres et al., 2024)

El cultivo de fresa en zonas de gran altitud como Puno es muy difícil considerando que las temperaturas en estas zonas varían entre 5 °C y 18 °C, lo que afecta el crecimiento y la productividad de las plantas (Huachallanqui Olivera et al., 2025). Además, la radiación UV es muy alta en altitudes elevadas y puede dañar las plantas si no se aborda adecuadamente. Además, la humedad en Puno muestra una gran variabilidad, favoreciendo la propagación de enfermedades fúngicas y afectando negativamente la sanidad de los cultivos.

En este panorama, el empleo de invernaderos automatizados, que posibilitan la supervisión de elementos cruciales como la temperatura, la humedad y la radiación ultravioleta mediante tecnologías punteras como el IoT, emerge como una alternativa prometedora. No obstante, la carencia de plataformas eficaces y accesibles para regular directamente estos elementos en tiempo real plantea la necesidad de explorar nuevas estrategias. A pesar del potencial de estas tecnologías, la puesta en marcha de sistemas automatizados en este campo sigue siendo compleja debido a las limitaciones técnicas y la disponibilidad de los recursos para gestionar adecuadamente el control variable.

La pregunta de cuestión es la escasez de un sistema de gestión integrado para mantener bajo control las condiciones del invernadero, en particular la temperatura, la humedad y la exposición a la radiación UV. Adicionalmente, los sistemas de gestión actuales, que en su mayoría se gestionan de forma manual o básica, no ofrecen la flexibilidad y precisión necesarias para preservar las condiciones ambientales del sector propicias para el cultivo de fresas. Por otro lado, la aplicación de tecnologías como ESP32 y el control ON/OFF de estas variables plantea retos técnicos vinculados a la infraestructura existente y la formación de los agricultores de las regiones no siempre está preparada para el manejo y conservación de estos sistemas.

La investigación sobre la concepción de un invernadero automatizado con control IoT basado en ESP32 aspira a dar respuesta a estos retos y proporcionar una solución eficaz para supervisar y controlar las variables ambientales de forma remota y automática. Empero, es imprescindible abordar los desafíos técnicos y económicos asociados a la adopción de esta clase de tecnología en regiones con condiciones geográficas y climáticas concretas.

Se considera fundamental comprender que el manejo adecuado de las variables ambientales como la temperatura, la humedad y la luz UV puede ejercer un impacto

directo en el desarrollo de la fresa. La temperatura es uno de los factores que más influye en el crecimiento de las plantas porque afecta la germinación, la germinación y la fotosíntesis (Sreekantha y Kavya, 2017). En la región de Puno, las fluctuaciones de temperatura dificultan el control manual de las condiciones dentro de los invernaderos. Por tanto, el uso de sistemas automáticos para controlar la temperatura en el rango óptimo es importante para el éxito del producto.

Sin embargo, la humedad es otra variable clave para la agricultura, especialmente el cultivo de fresa (Sharma y Kumar, 2020). La humedad es relevante para prevenir enfermedades fúngicas e infecciones fúngicas. Debido a la fluctuación de la humedad en Puno, se necesita un sistema para mantener el nivel en el invernadero. El control automático de la humedad mediante sensores y sensores conectados a un sistema IoT puede mantener las condiciones óptimas para el jardín de fresas y evitar que las plantas experimenten cambios inesperados que puedan afectar la planta.

Además, la radiación ultravioleta (UV) también es importante en el desarrollo de las plantas, ya que afecta la fotosíntesis y la producción de fitoquímicos para mejorar la calidad de las plantas (Shirsath et al., 2017). En altitudes elevadas como Puno, la radiación ultravioleta es peor debido a la menor densidad del aire. Por tanto, se necesita un método para controlar la exposición de las plantas a la radiación UV, para evitar que los niveles sean demasiado altos y dañen las fresas. El control de la luz ultravioleta y de invernadero mediante la tecnología IoT puede abordar estos niveles de forma inmediata y anticipada.

La instalación del sistema automático basado en tecnología ESP32 permite implementar el control ON/OFF de estas variables, el cual define el control de temperatura, humedad y luz UV. Aunque este tipo de control es sencillo, es muy útil en sistemas agrícolas donde se requiere eficiencia y flexibilidad en el manejo de recursos. La conexión de estos sistemas a la plataforma IoT permite a los agricultores monitorear y ajustar las condiciones de sus invernaderos en tiempo real, ayudando a optimizar el uso de recursos como la energía y el agua

En el caso de la región de Puno, la implementación de invernaderos automáticos mostrará avances en la producción agrícola de la región, y habrá una oportunidad para transformar la economía local a través del cultivo de fresa, producto que es él. en demanda en todo el país. y mercados internacionales. Además, el uso de la tecnología IoT para

gestionar el medio ambiente en invernadero beneficiará la sostenibilidad de la agricultura en esta región, al reducir el desperdicio y la dependencia de métodos agrícolas antiguos e ineficientes (Huachallanqui Olivera et al., 2025).

Finalmente, la implementación de un invernadero automático con control IoT usando ESP32 del entorno Puno para el cultivo de fresa a 3800 msnm es una solución innovadora y aprovecha las dificultades del clima. El control preciso de los cambios de temperatura, humedad y luz ultravioleta, así como el control de encendido/apagado, pueden mejorar las condiciones de crecimiento y mejorar los rendimientos, contribuyendo al desarrollo de la agricultura y la economía local.

A continuación, se mencionarán antecedentes sobre invernaderos donde se ha demostrado que el uso de hábitats energéticamente eficientes mejora las prácticas agrícolas en áreas que sufren condiciones climáticas extremas, como las grandes altitudes. En este contexto, la región de Puno, que se encuentra a 3.800 msnm, es muy difícil para producir cultivos como la fresa. Los cambios en el ambiente, como la temperatura, la alta radiación UV y los cambios de humedad, limitan el crecimiento eficiente de los cultivos. Para abordar estas cuestiones, se han realizado muchos estudios sobre el uso de tecnologías modernas como el IoT para controlar cambios clave en el invernadero.

Se han realizado muchas investigaciones sobre el concepto de edificios autónomos en muchas regiones del mundo. Según (Sundari.M et al., 2020), un sistema automatizado permite controlar variables ambientales como temperatura, humedad y luz, creando un ambiente favorable para el crecimiento de las plantas. En particular, el control de la temperatura es uno de los factores más importantes en la producción de fresas, porque la planta es muy sensible a los cambios de temperatura. En este sentido, el uso de sistemas electrónicos con sensores para controlar la temperatura en invernadero ha demostrado ser útil en cultivos como partes del mundo (Ullah et al., 2022)

La integración de sensores IoT como ESP32 es una posible opción para controlar estos sistemas. Según Zhong-X. et al. (2024) ESP32 permite la combinación de varios sensores y actuadores para el monitoreo y control remoto de cambios ambientales que se pueden ajustar y mantener con retraso. Esto se logra mediante el uso de una plataforma de gestión en la nube que permite el seguimiento en tiempo real y la toma de decisiones basadas en datos precisos. En este sentido, investigaciones previas como la de Martínez

y García (2020) muestran los beneficios del uso de ESP32 en tecnología agrícola, especialmente en la gestión del cambio ambiental.

La humedad es un aspecto importante del cultivo de fresas, especialmente en áreas donde la temperatura varía y es difícil de controlar. Según Wang et al. (2020a) demostraron que el control de la temperatura en el invernadero reduce la aparición de enfermedades fúngicas y mejora la calidad del agua. Además, una gestión eficaz de la humedad del suelo conduce a un uso eficiente del agua, que es limitado en muchas regiones agrícolas.

Otro desafío importante es la radiación UV, especialmente en las regiones tropicales. Para Wang et al. (2020) la exposición a los rayos UV puede dañar las plantas, afectando su crecimiento y calidad de los frutos. Muchos estudios han investigado el potencial de los sistemas utilizados para controlar las plantas expuestas a la radiación UV con la ayuda de filtros o control de la intensidad de la luz (Esparza Cruz et al., 2024). El uso de la tecnología IoT en el sistema le permite controlar eficazmente la luz ultravioleta, promoviendo un crecimiento saludable y previniendo daños por exceso de radiación.

Lo más importante a considerar al momento de implementar los parques utilizados en Puno es la capacitación y el acceso a la última tecnología. Según lo informado por Vargas y Castro (2022), el uso de nuevas tecnologías en zonas rurales y montañosas enfrenta obstáculos relacionados con la falta de infraestructura adecuada y capacitación de los agricultores. Sin embargo, estudios previos como el de Schneps-Schneppe y Lacis (2022) muestran la importancia del uso de sistemas automatizados, especialmente en la gestión de la temperatura, la humedad y la luz ultravioleta, y también se muestra la importancia de integrar dispositivos como el ESP32 para obtener un seguimiento en tiempo real de estos parámetros. La implementación de estas condiciones en la zona de Puno para el cultivo de fresa puede cambiar la situación de desarrollo y ayudar al desarrollo de la agricultura en la zona.

### **1.2.1 Internacionales**

La ejecución de un invernadero en la agricultura moderna, especialmente en zonas donde la temporada de lluvias impide el crecimiento de los cultivos. En este sentido, diversos estudios internacionales han investigado el uso de tecnologías avanzadas como el IoT para mejorar la gestión ambiental en

invernaderos y mejorar la agricultura. El cultivo de fresas en áreas de mucha altura, como Puno (a 3.800 metros sobre el nivel del mar), se complica por los cambios bruscos de temperatura, la humedad variable y la intensa luz UV. Una forma de superar esto es usar sistemas automatizados, como los que emplean microcontroladores ESP32.

Diversos análisis resaltan las ventajas de los invernaderos autónomos para mejorar el control del entorno. Según Šabić et al. (2020), encontraron que los sistemas de control automatizados permiten ajustar la temperatura, la humedad y la luz de manera precisa y constante, lo que favorece el desarrollo de las plantas y mejora la producción. Al incorporar sensores de IoT, el sistema puede seguir de cerca las condiciones del invernadero al momento, algo clave para optimizar el producto y asegurar su calidad (Berrios Gómez y Rivera Herrera, 2022). Con el ESP32, las variables se ajustan solas, disminuyendo el trabajo manual y aumentando el rendimiento (Arregoces-Guerra et al., 2023).

El uso de ESP32 en la automatización de invernaderos se ha documentado en varios estudios. Según Kurniasari et al. (2025) el ESP32 es un microcontrolador multifuncional que puede integrar sensores de temperatura, humedad, luz y UV para ayudar a crear sistemas de control ambiental inteligentes. Este dispositivo es muy adecuado para la agricultura debido a su bajo coste, fácil integración y capacidad de conectarse a plataformas IoT. Según este estudio, el uso de ESP32 en la automatización de invernaderos puede ayudar a aumentar la productividad ayudando a controlar mejor el medio ambiente.

La radiación UV es otro factor ambiental importante a controlar en los invernaderos, especialmente en zonas de gran altitud donde la radiación solar es más fuerte. En la investigación realizada por Mahammad Noor et al. (2021) enfatizaron la importancia de controlar la exposición de las plantas a la radiación UV para prevenir daños por radiación excesiva que pueden inhibir el crecimiento de las plantas y afectar la calidad de la fruta. El control automático de la luz ultravioleta en los invernaderos se logra mediante el uso de filtros o ajustando la intensidad de la luz mediante sistemas de control de IoT, como los sistemas basados en ESP32, que han mostrado resultados prometedores en la protección de plantas sensibles (Mishra et al., 2021).

Por otro lado, es importante controlar la humedad en el jardín, porque el exceso o falta de humedad puede provocar el crecimiento de enfermedades fúngicas o reducir la calidad de las plantas. En este sentido, ha sido ampliamente estudiado el uso de sistemas automáticos para el control de la humedad en invernaderos. Según la investigación de H. Li et al. (2021) la aplicación de sensores de IoT en invernaderos permitió un control preciso de la humedad, lo que condujo a la reducción de enfermedades y al uso eficiente del agua. Estos sistemas también mejoran el consumo de energía y reducen el desperdicio de recursos, lo cual es particularmente importante en zonas rurales con acceso limitado a estos insumos.

La modernización agrícola, impulsada por la automatización, se ha transformado en un pilar fundamental para impulsar tanto el rendimiento como la viabilidad a nivel global. El empleo de tecnologías IoT en entornos de invernadero ha evidenciado su utilidad, destacándose no únicamente en la gestión de las variables del entorno, sino también en la optimización de los recursos y el perfeccionamiento de los contextos de siembra. Este desarrollo es particularmente importante para regiones como Puno, donde la agricultura enfrenta desafíos climáticos únicos. En este contexto, la aplicación de un sistema automatizado basado en ESP32 podría representar una solución innovadora para la producción de fresas de zonas montañosas, mejorando la calidad del producto y la eficiencia del proceso productivo (Hernández-Morales et al., 2023).

### 1.2.2 Nacionales

En la situación actual del Perú, el uso de una agricultura energéticamente eficiente aparece como una forma de resolver los problemas que enfrentan los agricultores en muchas regiones, especialmente en zonas de gran altitud como la región de Puno. Situada a 3.800 msnm, esta zona plantea importantes desafíos para la agricultura debido a los cambios de temperatura, los cambios en la humedad del suelo y el aumento de la radiación ultravioleta. En respuesta a este desafío, el desarrollo de tecnologías como el Internet de las Cosas ha mostrado la posibilidad de mejorar la calidad del cultivo de organismos importantes como la fresa proporcionando una mejor gestión y control ambiental en invernaderos. Jeaunita et al. (2018) evaluaron el uso de aerogeneradores para controlar la

temperatura, la humedad y el agua en la costa del Perú, donde el clima es más estable, pero aún afecta los resultados de cultivos como tomate y fresa. Este estudio muestra el impacto positivo de la automatización en la producción y la eficiencia de los recursos, mostrando que los sistemas de control de IoT se pueden utilizar en áreas de gran altitud como Puno, dependiendo del clima local.

Respecto al uso de otros sensores IoT, como los del microcontrolador ESP32, estudios como el de Vargas y Castro (2022) mostraron la efectividad de esta tecnología en la agricultura del país. Los autores utilizan ESP32 para monitorear y controlar el cambio climático en un invernadero ubicado en la región de los Andes, manteniendo un control óptimo de temperatura y humedad. El uso de sensores conectados a plataformas en la nube permite a los investigadores procesar datos en tiempo real, lo que facilita la toma de decisiones y mejora la eficiencia de las herramientas.

En un estudio reciente, Paredes et al. (2020) estudiaron el uso de tecnología automatizada en invernaderos para la producción de fresa en zonas de gran altitud como Puno. Los autores dicen que, si bien la tecnología IoT tiene un gran potencial para mejorar la gestión ambiental en los hogares, el principal desafío en el medio ambiente peruano sigue siendo la falta de recursos suficientes y capacitación para los agricultores. A pesar de estos problemas, el estudio concluyó que el uso de un generador automático que determine variables como temperatura, humedad y luz ultravioleta será importante para mejorar el rendimiento de cultivos como la fresa en estas regiones.

Por otro lado, Rodríguez et al. (2021) utilizaron tecnología IoT para realizar el análisis de sistemas de riego automatizados para la agricultura de tierras altas en todo el país. Aunque este estudio se centró en el riego, los métodos utilizados para controlar la humedad en los invernaderos también afectan el control de la temperatura y la luz, que son importantes en el cultivo de fresas. El sistema de monitoreo de humedad propuesto en este estudio mostró buenos resultados en términos de eficiencia y ahorro de agua, lo cual es relevante para la sostenibilidad de la agricultura en países de gran altitud con acceso más, un estudio de Vásquez y Gómez (2018) sobre el diseño de invernaderos inteligentes en Perú concluyó que la automatización de operaciones agrícolas utilizando

plataformas IoT basadas en microcontroladores como ESP32 es una gran oportunidad para la agricultura peruana. Este estudio encontró que, si bien la región andina tiene buenas condiciones para el cultivo de fresas, la falta de equipos para controlar adecuadamente el clima en los invernaderos reduce el potencial de producción. La implementación de sistemas IoT de bajo costo, como los que utilizan ESP32, es clave para superar estas barreras.

En conclusión, según las condiciones nacionales, la investigación en invernaderos en Perú aún está en sus inicios, pero las investigaciones actuales muestran la efectividad de las tecnologías IoT, incluido el uso de microcontroladores como el ESP32, para controlar variables ambientales importantes como: estoy trabajando Temperatura, humedad y luz en el huerto de fresas. Los estudios muestran que, con la infraestructura adecuada y el apoyo a la capacitación, los invernaderos en regiones de gran altitud como Puno pueden ser una solución eficaz para mejorar la productividad agrícola y abordar los desafíos climáticos fronterizos.

### 1.2.3 Locales

Ubicada a una altitud de 3.800 msnm, la región de Puno presenta muchos desafíos para la agricultura debido a su altitud, clima frío y fluctuaciones de temperatura que afectan el crecimiento de los cultivos blandos existentes como la fresa. La agricultura de la región se caracteriza por una fuerte dependencia de los métodos tradicionales y a menudo se enfrenta a la escasez de recursos y a la falta de tecnologías apropiadas para gestionar adecuadamente las condiciones climáticas. Sin embargo, algunas investigaciones recientes han comenzado a explorar el uso de tecnologías emergentes como el IoT para mejorar la eficiencia de los sistemas agrícolas en este campo, particularmente en la producción de fresas.

En la región de Puno, una investigación que se llevó a cabo como caso de estudio pionero fue por Quispe et al. (2019) su investigación se centró en evaluar si era factible implementar invernaderos para cultivar vegetales en las áreas rurales de Puno. Las condiciones climáticas extremas, especialmente las bajas temperaturas nocturnas y las frecuentes heladas, dificultan los cultivos, según el estudio. Como solución, los autores sugieren utilizar el invernadero como

extensión para el cultivo de plantas. Sin embargo, los estudios también muestran una falta de tecnología para controlar las condiciones ambientales en los invernaderos, lo que limita el potencial de producción. El plan es utilizar tecnología automatizada para aumentar significativamente el control sobre las variables que afectan el crecimiento de las plantas.

Otro estudio realizado por Miranda y Álvarez (2020) evaluó sistemas de riego automatizados en invernaderos en la región andina, específicamente alrededor de Puno. El proyecto enfatiza que la gestión eficaz del agua es crucial dada la abundancia de recursos hídricos en muchas zonas de la región. La implementación del riego mediante sensores de IoT reducirá el desperdicio de agua y, al mismo tiempo, garantizará cultivos suficientes. El estudio también destaca que la automatización del riego mediante tecnologías como el ESP32 es una solución de bajo costo y fácil de usar para los agricultores locales, lo que brinda nuevas oportunidades a la agricultura en zonas montañosas como Puno.

Otro ejemplo importante es el trabajo de Gómez et al. (2019, 2021) aplicaron un sistema automatizado para controlar la temperatura y la humedad en invernaderos de cultivos en la región andina sur del Perú, incluido Puno. Los investigadores están utilizando sensores de IoT para controlar cambios clave en los invernaderos y han descubierto que el uso de la tecnología para regular mejor la temperatura y la humedad puede aumentar significativamente los rendimientos. Aunque el estudio se centró en hortalizas como el tomate, los hallazgos se pueden extrapolar a las fresas debido a las necesidades ambientales similares de ambos cultivos. Utilizar un dispositivo como el ESP32, que permite conectar varios sensores y mandos a distancia, ha demostrado ser una buena solución en las condiciones extremas de la zona.

Respecto al control de la radiación ultravioleta (UV), estudios recientes de Carrillo y Guzmán (2022) muestran que en zonas de gran altitud como Puno la radiación UV es mayor debido a la menor densidad del aire. Puede dañar las plantas, especialmente las sensibles como las fresas. Los autores recomiendan implementar un sistema automático de control de la luz mediante sensores de radiación UV para medir la intensidad de la luz y ajustar el sistema de protección del invernadero. Este sistema se puede controlar de forma automática a través de

la plataforma IoT, lo que ayuda a proteger las plantas y mejorar su rendimiento en condiciones de alta radiación solar.

A nivel local, el uso de microcontroladores como el ESP32 ha sido poco explorado, pero algunos estudios comienzan a mostrar sus beneficios. En un estudio de Mendoza et al. (2023), implementaron un sistema automático basado en ESP32 para controlar la temperatura y la humedad en un pequeño invernadero experimental en la región de Puno. Las investigaciones muestran que ESP32 es adecuado para las condiciones locales debido a su bajo costo y alta conectividad, lo que brinda una solución asequible para los agricultores locales que buscan mejorar la producción de plantas de invernadero.

El contexto local de la región de Puno muestra que, aunque aún está en inicios, el uso de tecnologías como IoT y sistemas automatizados para gestionar las variables ambientales de los invernaderos tiene un gran potencial para aumentar la producción agrícola. Especialmente el cultivo de fresas, que es bastante delicado ante los cambios del clima, mejorará notablemente al usar sistemas automáticos controlados con aparatos como el ESP32. Gracias a estas mejoras, los agricultores de Puno podrán usar mejor sus recursos, perfeccionar sus técnicas de siembra y tener cosechas más abundantes, lo cual ayudará al crecimiento agrícola constante de la zona.

## CAPÍTULO II

### PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Cultivar fresas a grandes alturas conlleva complicaciones relacionadas con el entorno, como temperaturas muy altas o bajas, mucha luz solar, clima cambiante y una temporada de cultivo más corta. En Puno, a 3800 metros sobre el nivel del mar, estos problemas son aún mayores, lo que afecta la cantidad y calidad de las fresas cosechadas. La agricultura tradicional en esta zona, que suele usar métodos manuales y sistemas de riego comunes, tiene dificultades para aprovechar al máximo los recursos disponibles, especialmente en un lugar tan complicado (Jeanita et al., 2018).

Crear un invernadero automatizado con tecnologías nuevas como el IoT podría ser una buena manera de solucionar estos problemas. Usar microcontroladores como el ESP32, que facilitan la conexión de sensores, actuadores y sistemas de control a distancia, es una forma prometedora de mejorar el cuidado de los cultivos en zonas altas (Huachallanqui Olivera et al., 2025). Estos invernaderos automatizados pueden controlar aspectos como la temperatura, la humedad, la luz y el riego, mejorando la infraestructura, disminuyendo la necesidad de intervención humana y asegurando las condiciones ideales para que las fresas crezcan durante todo el año.

Aun así, para diseñar y construir invernaderos en Puno, es necesario analizar bien los aspectos técnicos, económicos y prácticos de estos métodos. En este sentido, la integración de tecnologías IoT aún no se ha estudiado a fondo, sobre todo en cuanto al uso del ESP32 como plataforma principal para controlar los sistemas de automatización (Vargas & Castro, 2022). Este estudio busca llenar este vacío, evaluando si la automatización funciona bien en un entorno agrícola de altura y cómo afecta la cantidad y calidad de las fresas.

#### 2.1 Identificación del problema

El cultivo de fresas en Puno, a 3.800 metros de altura, se enfrenta a varios problemas que dificultan su capacidad para competir en el mercado. Las condiciones ambientales extremas, como las bajas temperaturas, la alta radiación solar y los cambios climáticos diarios, pueden afectar el desarrollo de las plantas y limitar el rendimiento y la calidad de los cultivos. Además, la gran altitud dificulta la adaptación de especies como

la fresa, que requieren de un clima cálido para su óptimo crecimiento (Huachallanqui Olivera et al., 2025).

La agricultura en la región todavía se basa en gran medida en el trabajo manual y los sistemas de riego, que exigen mucho trabajo físico y siempre carecen de las condiciones ambientales necesarias para un crecimiento exitoso de los cultivos, no garantizan el control de los cambios. La escasez de recursos como agua y energía, sumada a las condiciones climáticas extremas, requieren una gestión eficiente de los invernaderos y la optimización de los recursos agrícolas (Huachallanqui Olivera et al., 2025).

En este contexto, la introducción de nuevas tecnologías como los sistemas de automatización basados en IoT se propone como una posible solución para superar los problemas anteriores. El microcontrolador ESP32 es conocido por su potencia y capacidad para controlar de forma remota y precisa las condiciones del invernadero como temperatura, humedad, luz y riego, conectando sensores y actuadores para adaptarlos a las necesidades del cultivo. Fresa y verde. Sin embargo, la aplicación y efectividad de estas tecnologías en contextos específicos como Puno no han sido completamente exploradas, lo que constituye un vacío en el conocimiento existente sobre el uso de IoT en la agricultura de montaña (Ezziyyani et al., 2023; Huachallanqui Olivera et al., 2025).

## 2.2 Enunciados del problema

Por otro lado, la agricultura tradicional de la región depende en gran medida de métodos manuales y de riego tradicional, que no pueden controlar eficazmente las condiciones ambientales que afectan el crecimiento de los cultivos. Es necesario gestionar constantemente estos factores (como temperatura, humedad, luz y riego) y adaptarse a las necesidades específicas de la planta de fresa para asegurar un buen rendimiento y reducir los riesgos provocados por cambios climáticos bruscos (Lanitha et al., 2022).

Aquí es donde la tecnología juega un papel importante. La automatización de invernaderos que utiliza tecnologías como IoT ofrece la capacidad de controlar elementos remotos dentro del invernadero en tiempo real. Conocido por su bajo costo, bajo consumo de energía y capacidad de integrarse con sensores y sistemas de comunicación, el microcontrolador ESP32 es la solución perfecta para este tipo de tareas. Al medir y controlar con precisión parámetros como la temperatura, la humedad, el riego y la iluminación, el uso de IoT puede optimizar en gran medida los recursos disponibles,

reducir la intervención humana y garantizar un entorno bien gestionado que apoye el crecimiento de fresas de alta calidad (Montaño-Blacio et al., 2023).

El vínculo o la relación entre el problema de investigación y la solución propuesta radican en la necesidad de adaptar los sistemas agrícolas a un entorno cada vez más complejo y cambiante, utilizando tecnologías modernas para superar las limitaciones climáticas y aumentar la utilización de recursos en la agricultura a grandes altitudes. La pregunta de investigación fue:

¿Cómo puede un sistema de invernadero automatizado, basado en tecnología IoT y controlado por ESP32, mejorar las condiciones de cultivo y la productividad de fresa a 3800 msnm en la región de Puno?

En esta investigación es investigar el efecto integrado del uso de tecnologías IoT, especialmente ESP32, en operaciones de invernadero para superar los desafíos ambientales y mejorar los rendimientos de los huertos de fresas (Folorunso et al., 2024) en la región andina. Este estudio tuvo la intención de investigar como objetivo abordar la falta de investigación en esta área sobre el uso de tecnologías avanzadas en agricultura de alta tecnología, particularmente la utilización de IoT en invernaderos de fresas. Al desarrollar y utilizar un microcontrolador ESP32 integrado, el objetivo secundario es aumentar el crecimiento económico y establecer una estrategia común con otras comunidades de alta tecnología que enfrentan desafíos similares.

### **2.2.1 Problema general**

- Es muy difícil cultivar fresas en la zona de Puno, a 3.800 msnm, debido a las condiciones climáticas desfavorables de la zona, como bajas temperaturas, grandes cambios de día y noche, que enfrentan difíciles restricciones. Estas condiciones afectan la tasa de crecimiento de las plantas, y la falta de infraestructura técnica en IoT, adecuada dificultan la gestión eficaz de cultivos en la región de Puno a 3800 msnm.

### **2.2.2 Problemas específicos**

- Implementar la visualización de los distintos parámetros para corregir los parámetros ambientales como la humedad, temperatura y ventilación en un invernadero.

- Sera posible diseñar tecnología IoT y caracterizar componentes electrónicos para el control del invernadero para el cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm.

### 2.3 Justificación

De acuerdo con la realidad del país a finales del 2022, la crisis política y desabastecimiento de productos a causa de las paralizaciones y cierres de carretera, la salida para parte de la población fue el cultivo de plantas. Y, dado que la fresa posee un rápido ciclo de producción el cultivo de esta se ve como una salida viable ante la escases de alimentos, es por eso que se plantea este tipo de proyectos ya que ayudaran a amortizar el precio de la canasta familiar y también podrá convertirse en una fuente de ingresos (Guo y Zhong, 2015); pero para poder realizar la producción de fresas se debe tomar en cuenta los requerimientos básicos para una cosecha de calidad, los mismos que no existen a 3800 msnm puesto que no se tiene un clima subtropical cálido, por el contrario, el clima es uno de los más fríos en cuanto a la altitud donde se ubica. Debido a que los cultivos tropicales aportan mucha ganancia se propone desarrollar un mini invernadero autónomo controlado con tecnología IoT, esto teniendo en cuenta los parámetros óptimos para el crecimiento de las fresas comestibles, para lo cual se necesita controlar varios aspectos físicos determinados, tales como: temperatura (entre 15 – 20° C), humedad (entre 65% a 80%), luz (necesitan 12 horas de luz al día para funcionar de manera efectiva), sustrato (preferentemente franco arenoso, con buena ventilación y buena salida de agua, pH (entre 6 y 7).

Con respecto a la salinidad, las fresas no tienen una salinidad alta. La CE no debe exceder 1 ohm/cm. También es muy perceptible a la caliza activada, en especial al 5%, porque tiende a realizar un taponamiento de hierro, seguido de una anemia por falta de hierro.

Además, se debe de tener en cuenta la irrigación en el proceso de fertilización utilizado en la crianza de fresas, esta depende de la temperatura o clima, y la composición del resto del invernadero como suelo y otros componentes de las plantas.

## 2.4 Objetivos

### 2.4.1 Objetivo general

- Diseñar un invernadero automatizado con control IoT utilizando ESP32 para el cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm.

### 2.4.2 Objetivos específicos

- Determinar si el control climático con ESP32 permite visualizar y corregir los parámetros ambientales como la humedad, temperatura y ventilación en el invernadero automatizado.
- Diseñar un invernadero con tecnología IoT para el control de cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm.

## 2.5 Hipótesis

### 2.5.1 Hipótesis general

- El uso de un invernadero automatizado con control IoT, utilizando ESP32, mejora significativamente el rendimiento y la calidad del cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm.

### 2.5.2 Hipótesis específicas

- La implementación del control climático con ESP32 visualiza y corrige los parámetros idóneos para el funcionamiento del invernadero.
- El diseño de un invernadero con tecnología IoT mejora el control de la calidad para el cultivo de fresa a 3800 msnm.

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Lugar de estudio

El estudio se llevará a cabo en la región ubicada a orillas del lago Titicaca, a una altitud de 3835 m.s.n.m., en la provincia de Puno en las coordenadas 15°57'-S 70°03'-O. Los ensayos de laboratorio se realizarán en las instalaciones de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la FIMEES en la ciudad de Puno.

#### 3.2 Población

La población se define como los datos ambientales que se recojan dentro del invernadero automatizado. Para valorar cómo las condiciones ambientales afectan al cultivo de fresas en altura, esta información resulta crucial. Se consideran factores como la temperatura, la humedad, la radiación ultravioleta y otros elementos que impactan en el desarrollo de las fresas en el invernadero (Gómez et al., 2021).

Los datos de temperatura y humedad se obtendrán mediante sensores conectados al ESP32, permitiendo un seguimiento al instante y asegurando un control preciso del entorno del invernadero. La radiación UV, vital para las plantas, se medirá con sensores específicos que darán datos exactos sobre la exposición solar que recibe el cultivo. Estos datos se guardan continuamente, ofreciendo información para valorar el funcionamiento del sistema automático y su capacidad para mantener las condiciones perfectas para el crecimiento de la fresa en altura.

La recopilación de datos con el microcontrolador no sólo registra las condiciones ambientales, sino también la reacción de la planta a estas condiciones, lo que indica la salud y el crecimiento de la fresa. Así, se evalúa la eficacia de los sistemas automatizados para mantener el entorno adecuado para los cultivos, comprendiendo mejor cómo aplicar las tecnologías de IoT en la agricultura moderna.

#### 3.3 Muestra

La muestra consta de datos ambientales recogidos por sensores en el invernadero automático, que miden variables clave para el crecimiento de las fresas. Entre estas variables destacan la temperatura, la humedad y la radiación UV, ya que influyen

directamente en el desarrollo de las plantas y en la eficacia del sistema de control automático (Gómez, 2019)

Los datos obtenidos se procesaron y analizaron para evaluar la capacidad del sistema automático basado en IoT para mantener las condiciones de cultivo ideales, reduciendo la intervención humana y aumentando la producción de fresas en un entorno de altitud. A través de este análisis, se buscará demostrar la viabilidad de la automatización en la agricultura de precisión en regiones como Puno, donde las condiciones climáticas extremas representan un desafío significativo para los cultivos (Martínez y Gómez, 2019).

La muestra probabilística se aplicará la siguiente fórmula para la dimensión registro de temperatura con una data de 363,241:

$$n = \frac{N * Z^2 * p * q}{E^2 * (N - 1) + z^2 * p * q}$$

Donde:

- Z: Es el coeficiente de confianza o punto crítico para un nivel de confianza.
- p: Es la proporción esperada de casos favorables, valor supuesto.
- q: Es la proporción de casos no favorables, valor supuesto.
- E: Es el margen de error muestral deseado.
- N: Es el tamaño de la población o universo.
- n: es el tamaño de la muestra.

La muestra necesaria para el estudio es de 15913, para tener un nivel de confianza del 99 % con un margen de error del  $\pm 5$  %.

### 3.4 Método de investigación

Este estudio se lleva a cabo sobre un procedimiento experimental destinado a crear un invernadero automatizado con control de IoT utilizando un microcontrolador ESP32 para cultivar plantas de fresa a una altitud de 3800 msnm. Para lograr este objetivo se utiliza un sistema de correcta evaluación de la calidad de la automatización de invernaderos en condiciones avanzadas donde las condiciones climáticas extremas requieren una gestión estricta y continua del medio ambiente.

### **3.5 Descripción detallada de métodos por objetivos específicos**

El diseño experimental se dividió en los pasos según los objetivos de la investigación:

#### **3.5.1 Identificación de equipos electrónicos para monitorear y mantener parámetros ambientales**

La selección de los equipos electrónicos necesarios para monitorear y regular parámetros ambientales como temperatura, humedad y viento dentro del invernadero. Además, a partir de la información recogida por los sensores, se desarrollará un sistema de retroalimentación automatizado para ajustar los sistemas de ventilación, riego y calefacción. Estos sistemas permiten la adaptación a cambios de temperatura, humedad y otros factores ambientales que puedan afectar el crecimiento de la fresa (Gómez et al., 2020)

#### **3.5.2 Diseño de tecnología IoT y características de dispositivos electrónicos**

Se desarrolla un sistema IoT que proporciona capacidades. La implementación de una interfaz gráfica de usuario (GUI) que permite a los usuarios monitorear y cambiar parámetros desde dispositivos remotos. Control automático del invernadero. Esto requiere la selección de componentes electrónicos apropiados, como microcontroladores ESP32, temperatura, humedad, sensores UV y actuadores para ventilación, riego y control de iluminación. Estos materiales se utilizan para garantizar un buen desempeño en condiciones extremas. El diseño se basa en la integración de estos elementos en una plataforma que permita la recogida de datos reales y su transmisión a través de la red.

#### **3.5.3 Desarrollo de la investigación**

##### **A. Método para el diseño de un invernadero automatizado con control IoT, usando ESP32 para el cultivo de fresa a 3800 msnm**

Este método realizado está orientado a la creación e implementación de un invernadero automatizado mediante la utilización de la tecnología IoT (Internet de las Cosas) y el microcontrolador ESP32,

con el propósito de optimizar las condiciones para el cultivo de fresas en zonas de alta altitud, específicamente a 3800 msnm. La principal meta es controlar de manera automatizada y en tiempo real los parámetros ambientales, tales como temperatura, humedad y ventilación, favoreciendo el crecimiento de las fresas.

## **B. Diseño e implementación del invernadero automatizado con control IoT usando ESP32 para el cultivo de fresa a 3800 msnm**

El primer paso para diseñar un jardín automático es elegir una zona que satisfaga las necesidades de las plantas de fresa. Esto significa observar las limitaciones del medio ambiente, especialmente la altura, y sugerir formas de aumentar y mejorar el acceso a recursos como la luz, el aire, el agua y los alimentos.

### **Figura 1**

*Elección de zona para el invernadero*



*Nota.* En la figura se aprecia la carcasa del invernadero y la zona de funcionamiento del mismo.

Una vez completada la configuración física, la tecnología IoT se implementará a través del microcontrolador ESP32. El dispositivo funciona como un centro de control, conectando varios sensores y operadores para monitorear y controlar las condiciones de temperatura. ESP32 Para el funcionamiento automático son necesarias redes bien organizadas de dispositivos conectados y un ajuste dinámico e independiente de factores ambientales como temperatura, humedad y ventilación.

## Figura 2

*Implementación a través del microcontrolador ESP32*



*Nota.* En la figura se observa la implementación del invernadero aplicando un microcontrolador ESP32.

### C. Diseño de tecnología IoT y caracterización de componentes electrónicos para el control del invernadero

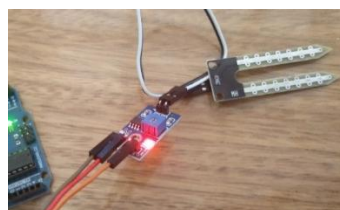
El diseño de la tecnología IoT incluye una selección adecuada de sensores y actuadores para obtener información precisa sobre las condiciones ambientales y actuar sobre parámetros clave que afectan la producción de fresas. Se debe proporcionar el siguiente equipo electrónico:

#### C.1 Sensores de temperatura y humedad:

Estos sensores (como DHT22 o SHT30) pueden medir con precisión las condiciones ambientales. La temperatura y la humedad relativa determinan el crecimiento de las fresas, por lo que también es importante controlarlas con frecuencia.

## Figura 3

*Implementación de sensor de humedad y temperatura.*



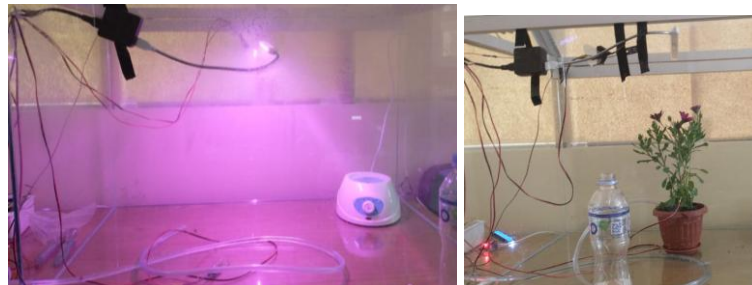
*Nota.* En la fotografía se muestra la conexión del sensor de humedad y temperatura.

## C.2 Sensores de luz

Como el BH1750 se utilizan para detectar la cantidad de luz solar que ingresa al invernadero. Esto permite el ajuste manual de las condiciones de iluminación si es necesario. Sensor de CO<sub>2</sub>, dado que el dióxido de carbono es esencial para la fotosíntesis, monitorear la concentración de dióxido de carbono en el ambiente del invernadero es importante para mejorar el rendimiento de la planta. El sensor MH-Z19 es ideal para este propósito.

### Figura 4

*Implementación de luz y sensor de luz*



*Nota.* En la fotografía se muestra la implementación de la luz UV para el funcionamiento del invernadero, además del sensor de luz usado para el experimento.

## C.3 Aires Acondicionados:

Son máquinas controladas electrónicamente que funcionan en base a datos recopilados de sensores de temperatura y humedad. El ventilador está conectado al ESP32 a través de un relé o módulo de control de energía.

### Figura 5

*Puesta en funcionamiento del invernadero*



*Nota.* La figura muestra la puesta en funcionamiento del invernadero con los sensores y actuadores.

#### C.4 Sistemas de riego automatizados:

Los sistemas de riego de invernaderos se automatizan mediante bombas de agua pequeña y controlada. La cantidad de agua se controla mediante un sensor de agua del suelo, como el sensor capacitivo FC-28, asegurando que las plantas reciban el agua necesaria sin restricciones.

##### Figura 6

*Puesta en funcionamiento del sistema de riego*



*Nota.* La figura muestra la puesta en funcionamiento del sistema de riego en el invernadero.

#### C.5 Pantalla y monitoreo

Se conecta a una pantalla LCD o una interfaz web accesible a través de un dispositivo móvil para mostrar los parámetros directamente. Esto permite a sus horticultores monitorear y corregir las condiciones dentro del ojo.

##### Figura 7

*Conexión a una pantalla LCD*



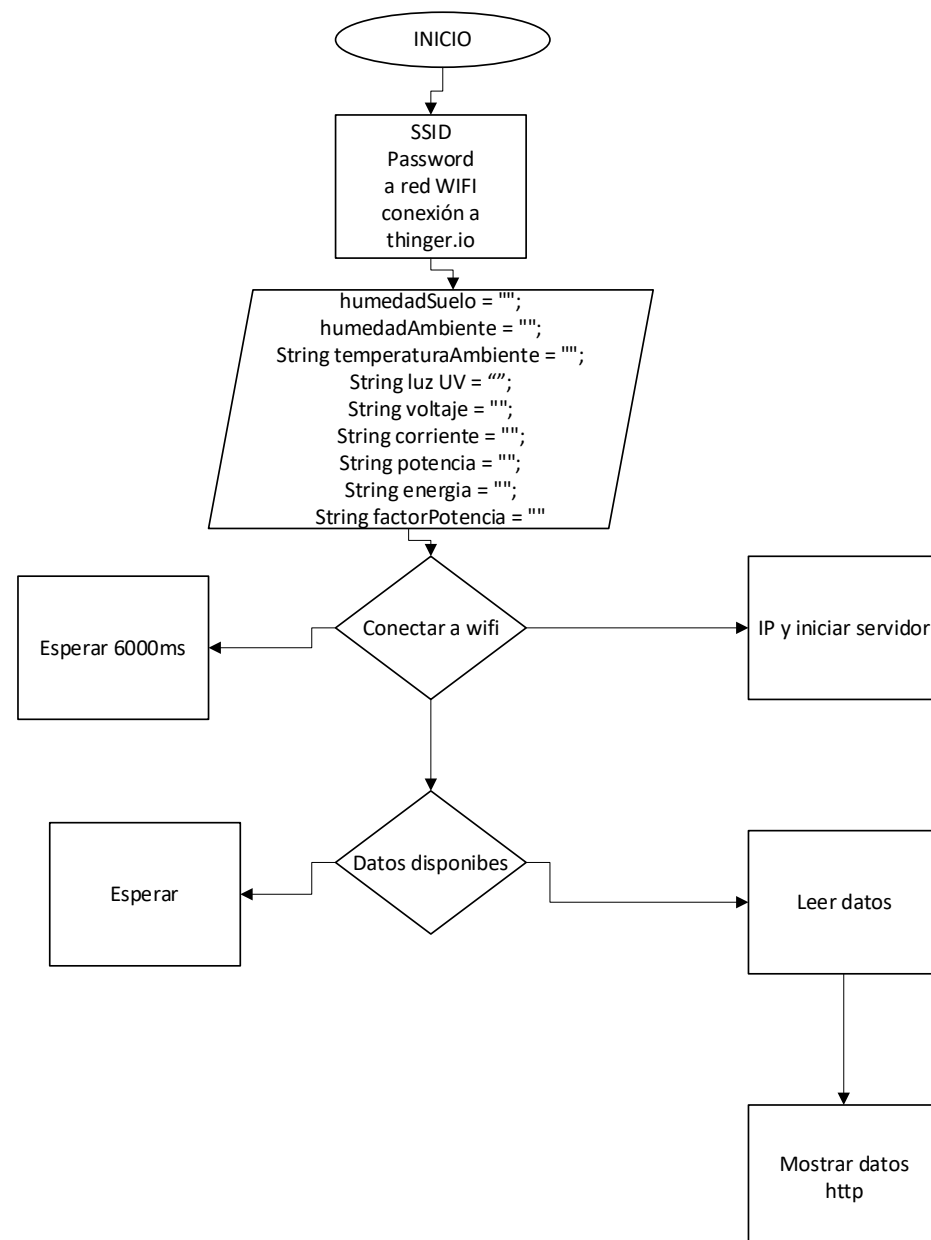
*Nota.* La figura muestra la conexión y funcionamiento de la pantalla LCD para la lectura de los datos.

## C.6 Diseño de red para IoT

Este debe garantizar que todos los sensores y actores colaboren a través de métodos de comunicación eficientes como MQTT o HTTP. ESP32 actúa como el centro de la red, recopila y procesa datos de sensores y envía comandos de control a actuadores.

**Figura 8**

*Diseño de red IoT*



*Nota.* La imagen muestra el diagrama de bloques para el diseño de la red IoT.

## **D. Determinación de los Componentes Necesarios para la Visualización y Corrección de Parámetros Ambientales**

Una visión adecuada y una organización ambiental son fundamentales para el éxito de un invernadero automatizado. Los elementos importantes para esto incluyen:

### **D.1 Interfaz de usuario (GUI):**

Una pantalla gráfica accesible a través de un dispositivo móvil o computadora permite al usuario monitorear los cambios en tiempo real en el invernadero, como la temperatura, el volumen de agua entrante, el nivel de dióxido de carbono y brillo. Para ello, se puede crear una aplicación móvil conectada al sistema IoT del invernadero.

### **Figura 9**

*Implementación de la interfaz de usuario*



*Nota.* La imagen muestra la implementación de la interfaz de usuario.

### **D.2 Sistema de Notificación:**

Se agrega un sistema de alerta para notificar a los usuarios sobre anomalías detectadas en el área del invernadero, como temperaturas extremas o bajos niveles de humedad, a través de notificaciones de la aplicación móvil o correo electrónico. Esto permite tomar decisiones rápidas para corregir cualquier desviación de los valores óptimos para el cultivo de fresas.

### **D.3 Control de aire**

El ventilador se pone en marcha automáticamente para ajustar la temperatura y la humedad al nivel óptimo para el crecimiento de la fresa. Además, se debe utilizar ventilación para garantizar una circulación de aire adecuada, especialmente en altitudes elevadas donde las condiciones climáticas pueden ser extremas.

### **D.4 Sistema de calefacción:**

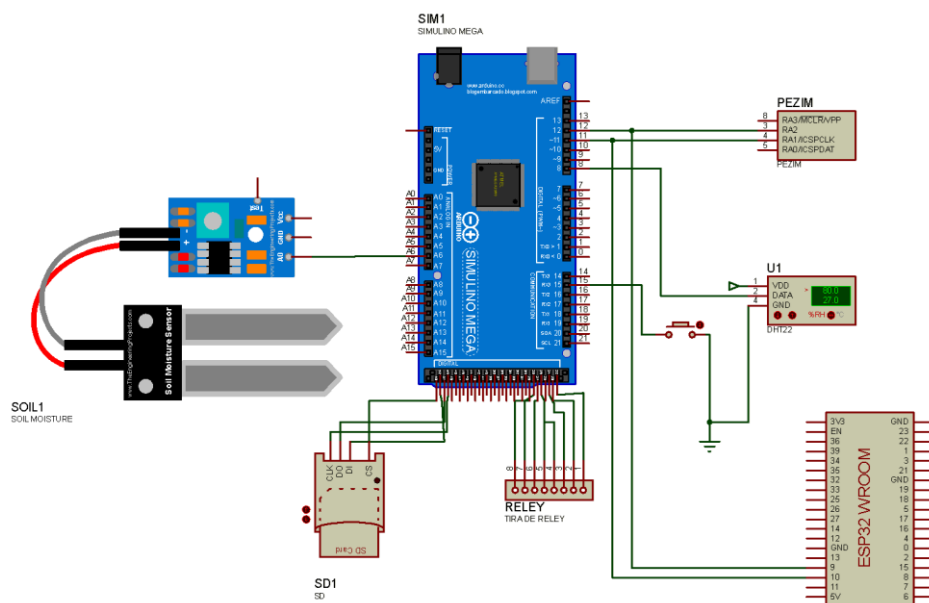
Si la temperatura baja demasiado se puede utilizar un sistema de calefacción controlado por ESP32 para evitar que las plantas se congelen. El sistema solo funciona en base a datos de temperatura y humedad cuando es necesario.

La integración de estos componentes también permite un control ambiental preciso y local y los ajustes necesarios para garantizar un buen ambiente para el cultivo de fresas incluso a una altitud de 3800 m.

El diseño de un invernadero automático con control IoT utilizando ESP32 para el cultivo de fresas a 3800 msnm es una poderosa estrategia que combina alta tecnología con un profundo conocimiento de las necesidades agronómicas de los cultivos. Mediante la instalación de sensores, transductores y plataformas de video se logra el control de las condiciones ambientales, aumentando el crecimiento de las fresas y asegurando que sus frutos estén en un ambiente hostil. El uso de la tecnología IoT en este contexto no sólo mejorará la fabricación de productos, sino que también acelerará la toma de decisiones y la intervención si se excluyen parámetros críticos.

**Figura 10**

*Diseño del invernadero automático usando ESP32*



*Nota.* La figura muestra el diseño del invernadero automático usando el microcontrolador ESP32.

El sensor de temperatura proporcionará datos sobre las variaciones térmicas dentro del invernadero, lo cual es fundamental dado que la fresa requiere un rango específico de temperatura para su óptimo crecimiento, especialmente en condiciones de alta altitud como las de la región de Puno. La humedad relativa será otra variable clave, ya que un nivel adecuado de humedad es esencial para mantener el equilibrio hídrico en las plantas y prevenir enfermedades relacionadas con el exceso de humedad o la sequedad. Además, la radiación UV se medirá para evaluar el impacto de la exposición solar sobre las fresas, ya que una cantidad excesiva de radiación ultravioleta puede afectar negativamente la salud de las plantas, mientras que una cantidad insuficiente puede restringir su crecimiento.

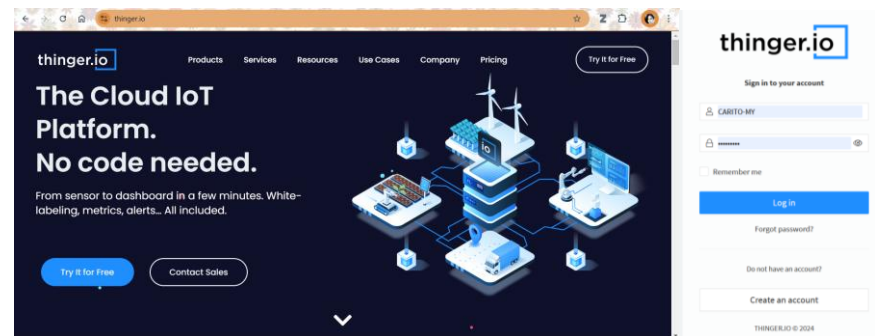
### **E. Uso de la IoT en el diseño de un invernadero automatizado con ESP32 para el cultivo de fresa a 3800 msnm**

En el diseño de un invernadero automatizado con control IoT para el cultivo de fresa a 3800 msnm (MSNM), la Internet de las Cosas (IoT) desempeña un papel crucial en la optimización de las condiciones de cultivo y en la mejora de la eficiencia de los procesos agrícolas. Usando

dispositivos IoT como el ESP32, se puede integrar un sistema de monitoreo y control inteligente que permita la recolección de datos en tiempo real, el análisis y la toma de decisiones automáticas se usó en la nube <https://thinger.io/> para la visualización y crear un ambiente ideal para el cultivo de fresas en condiciones extremas de altitud.

### Figura 11

*Plataforma de servidor abierto thinger. io*



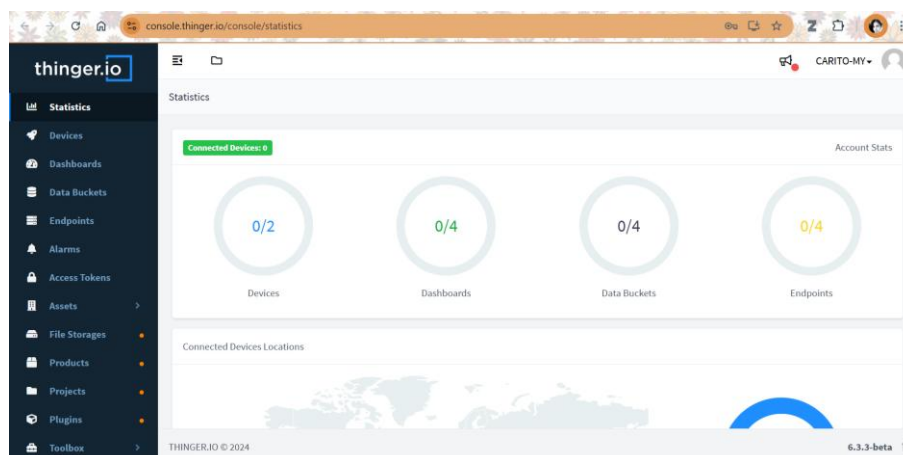
Nota. <https://thinger.io/>

### E.1 Seguimiento en tiempo real

Un elemento clave del invernadero automatizado es la habilidad de vigilar las condiciones del entorno que influyen en el desarrollo de las fresas. Usando sensores vinculados a la plataforma IoT de Thinger. io, se pueden evaluar variables importantes como la temperatura, la humedad, la luz solar, la concentración de CO<sub>2</sub> y la humedad del sustrato. Estos datos se mandan al servidor IoT mediante ESP32, que sirve como enlace entre el sensor y la plataforma en la nube. La plataforma Thinger. io facilita la visualización directa de estos parámetros a través de paneles interactivos, haciendo más fácil la gestión de las condiciones del invernadero y asegurando que las plantas hallen el entorno perfecto para crecer.

## Figura 12

*Vista de la plataforma thinger.io una vez iniciado*



*Nota.* <https://console.thinger.io/console/statistics>

### E.2 Adaptación automática del entorno

Una ventaja clave de integrar sistemas IoT en invernaderos es la automatización. Al incorporar elementos como ventiladores, sistemas de riego programables y controles de luz o sombra, se pueden optimizar las condiciones del entorno. Utilizando el ESP32, los sensores pueden ajustar estos elementos de forma continua, basándose en límites definidos o en la información recopilada. Por ejemplo, si la temperatura dentro del invernadero supera un cierto nivel, el sistema puede encender los ventiladores automáticamente para reducirla. De manera similar, si la humedad del suelo cae por debajo de un punto crítico, el sistema puede regar las plantas, permitiendo que el agua alivie la sequedad eficazmente.

### E.3 Almacenamiento y análisis de datos

Usar IoT para desarrollar invernaderos automatizados significa que no solo se obtienen datos de forma instantánea, sino que también se pueden analizar esos datos a lo largo del tiempo. Con Thinger.io, los datos de los sensores se pueden almacenar y procesar para generar informes completos sobre el rendimiento de las plantas para proporcionar decisiones informadas sobre la gestión de invernaderos. Esto es especialmente importante en altitudes de 3800 msnm, donde el clima puede ser muy duro y cambiante. Estas pruebas ayudan a organizar el

sistema de control para que la fruta de fresa se produzca en diferentes momentos.

### Figura 13

*Icono de la aplicación realizada*



*Nota.* La figura muestra el icono de la aplicación realizada

### Figura 14

*Visualizador de Datos del sistema*



*Nota.* La imagen muestra el visualizador de datos de la aplicación creada.

**Tabla 1**

*Mediciones de temperatura ambiente en °C*

FECHA	HORA	Temperatura ambiente °C
10/06/2024	00:00:00	0,00
10/06/2024	13:15:00	23,01
10/06/2024	13:15:06	23,01
10/06/2024	13:15:12	23,01
10/06/2024	13:15:18	23,01
10/06/2024	13:15:24	23,01
10/06/2024	13:15:30	23,01
10/06/2024	13:15:36	23,01
10/06/2024	13:15:42	23,01
10/06/2024	13:15:48	23,01
10/06/2024	13:15:54	23,01
10/06/2024	13:16:00	23,01
10/06/2024	13:16:06	23,01
10/06/2024	13:16:12	23,01
10/06/2024	13:16:18	23,01
10/06/2024	13:16:24	23,01
10/06/2024	13:16:30	23,01
10/06/2024	13:16:36	23,01
10/06/2024	13:16:42	23,01
10/06/2024	13:16:48	23,01
10/06/2024	13:16:54	23,01
10/06/2024	13:17:00	23,01
10/06/2024	13:17:06	23,01
10/06/2024	13:17:12	23,01
10/06/2024	13:17:18	23,01

*Nota.* Se muestra algunas lecturas obtenidas en el periodo de medición de 21 días.

La Tabla 1 muestra las mediciones de temperatura ambiente en grados Celsius (°C) medidas cada 6 segundos, realizadas a partir del 10 de junio de 2024 y finalizando el 1 de julio de 2024. El valor se mantendrá en 23,01°C, pero para la primera medición muestra 0,00°C, lo que puede

indicar una falla o inicio en el sensor, un período de inactividad o el inicio de medida.

La temperatura ambiente constante a 23.01 °C durante todo el período de medición, indica que la temperatura es estable en el ambiente monitoreado, esto gracias al uso de IoT en el diseño de un invernadero automático y control con ESP32 para cultivar fresas en condiciones de 3800 msnm, debido a que son clave para establecer las condiciones adecuadas en el invernadero para el cultivo de fresas.

La plataforma IoT utiliza el ESP32 como microcontrolador principal para monitorear la temperatura del ambiente en el invernadero a lo largo del tiempo. Para los datos de la tabla, el sensor de temperatura conectado al ESP32 todavía registró 23,01°C. Esta temperatura es importante para garantizar que las fresas crezcan en un ambiente óptimo, ya que las fresas necesitan una temperatura suave, generalmente entre 18°C y 24°C, para un crecimiento óptimo.

Usando IoT se puede monitorear y controlar automáticamente la temperatura en el invernadero. El ESP32 puede activar interruptores, como sistemas de calefacción o refrigeración, cuando el sistema de monitoreo detecta que la temperatura varía del rango deseado. Por ejemplo, si la temperatura sube por encima de los 24°C, el sistema puede encender el ventilador para reducir el calor, pero si la temperatura baja demasiado, puede activarse en el sistema de calefacción para mantener la temperatura óptima para la planta de fresa.

El uso de sensores de IoT puede hacer un uso eficiente de los recursos del invernadero y ajustar la temperatura cuando sea necesario. En condiciones extremas, como las que ocurren a 3800 msnm, cuando la diferencia de temperatura entre el día y la noche es demasiado grande, los sistemas de control automático pueden optimizar el consumo de energía, reduciendo costos y promoviendo la estabilidad.

Acceso y gestión remota, otro gran beneficio del control del IoT es la capacidad de gestionar el invernadero de forma remota. Los agricultores

pueden acceder a la plataforma a través de Thingier.io o un sistema similar, para poder monitorear continuamente las condiciones de los cultivos desde cualquier lugar. Si la temperatura está fuera del rango apropiado, el sistema puede notificar a los operadores mediante un mensaje para que puedan tomar las medidas adecuadas.

Monitoreo integrado de otros parámetros ambientales, además de la temperatura, el ESP32 se puede integrar con otros sensores como humedad, radiación UV, dióxido de carbono y humedad del suelo, para que el sistema muestre las condiciones internas. el invernadero. Este enfoque integral mejora la toma de decisiones, permitiendo ajustes más rápidos y precisos a los sistemas de control automatizados a 3800 msnm en el cultivo de fresas. A esta altitud, las condiciones climáticas son más difíciles debido a la baja presión del aire y la baja temperatura. Sin embargo, un sistema de control automático de temperatura puede mantener un mejor ambiente para el cultivo de fresas. Esto es especialmente útil en áreas de difícil acceso donde la intervención manual es complicada.

Al diseñar un invernadero automático para cultivar fresas a altitudes como 3800 msnm, la integración de IoT y el uso de ESP32 proporcionan una solución eficiente y sostenible para la gestión ambiental. A través de la medición continua y el control automático de la temperatura, es posible asegurar un ambiente adecuado para el crecimiento de la fresa, aumentando la productividad y rentabilidad de la planta, al mismo tiempo que se optimizan los recursos y se reducen los costos operativos.

#### **E.4 Acceso remoto y gestión de invernaderos**

Una de las bondades más destacadas del Internet de las Cosas es su aptitud para facilitar la gestión a distancia de los invernaderos. Por medio de Tinger. Io, los agricultores pueden llevar el control y la supervisión de los datos de sus cultivos, sin importar el tipo de dispositivo con acceso a la red que empleen. Esta herramienta resulta muy útil para optimizar los gastos y para trabajar en áreas de gran dificultad. Los productores tienen la opción de observar las condiciones del invernadero,

ajustar los mecanismos de control y recibir notificaciones inmediatas sobre cualquier evento relevante (como fallos en los sensores o alertas de valores que se salen de los parámetros).

**Figura 15**

*Vista y Monitoreo a tiempo real de condiciones en el invernadero*



*Nota.* En la figura se muestra la visualización de datos de temperatura y humedad monitoreados a tiempo real.

### E.5 Sostenibilidad y uso eficiente de la energía

Los modelos de invernaderos automatizados que se valen del IoT también posibilitan una administración más eficaz de los recursos. Un control adecuado de la temperatura, la humedad y el riego aminora el gasto superfluo de energía y agua, lo cual provoca que el sistema sea más sustentable. Esto resulta importante en zonas como las que están a 3800 metros sobre el nivel del mar, en donde los recursos pueden ser escasos y las condiciones adversas, lo que exige soluciones eficaces para certificar la sustentabilidad de los cultivos.

La integración del diseño automatizado de invernaderos EOT con ESP32 brinda una solución potente y adaptable para el cultivo de fresas a gran altitud, perfeccionando las condiciones de desarrollo, incrementando la eficacia en el empleo de los recursos y facilitando la supervisión remota y directa. La plataforma Thingier.io juega un rol principal en la organización de datos, la materialización de cambios y la adopción de decisiones informadas con el propósito de crear un ambiente provechoso para el desarrollo de las fresas.

### Figura 16

*Visualización y recolección de datos de radiación UV*



## Visualizador de Datos

Seleccionar archivo	Libro2.xlsx
Mostrar UV	Buscar N°
Mostrar Temperatura	Buscar N°
Mostrar Humedad	Buscar N°

N°	Fecha	Hora	UV
1	6/10/24	1:15:00 PM	4.89
2	6/10/24	1:15:06 PM	5.00
3	6/10/24	1:15:12 PM	5.13
4	6/10/24	1:15:18 PM	5.23
5	6/10/24	1:15:24 PM	5.05
6	6/10/24	1:15:30 PM	5.29
7	6/10/24	1:15:36 PM	4.96
8	6/10/24	1:15:42 PM	5.17
9	6/10/24	1:15:48 PM	5.08
10	6/10/24	1:15:54 PM	5.15
11	6/10/24	1:16:00 PM	5.08
12	6/10/24	1:16:06 PM	5.21
13	6/10/24	1:16:12 PM	5.28
14	6/10/24	1:16:18 PM	4.82
15	6/10/24	1:16:24 PM	5.24

*Nota.* En esta figura se muestra la visualización de datos de luz UV monitoreados a tiempo real.

**Tabla 2**

*Mediciones de humedad ambiente*

FECHA	HORA	Humedad ambiente %
10/06/2024	13:15:00	65%
10/06/2024	13:15:06	66%
10/06/2024	13:15:12	66%
10/06/2024	13:15:18	66%
10/06/2024	13:15:24	66%
10/06/2024	13:15:30	66%
10/06/2024	13:15:36	66%
10/06/2024	13:15:42	66%
10/06/2024	13:15:48	66%
10/06/2024	13:15:54	66%
10/06/2024	13:16:00	66%
10/06/2024	13:16:06	66%
10/06/2024	13:16:12	66%
10/06/2024	13:16:18	66%
10/06/2024	13:16:24	67%
10/06/2024	13:16:30	67%
10/06/2024	13:16:36	67%
10/06/2024	13:16:42	67%
10/06/2024	13:16:48	67%
10/06/2024	13:16:54	67%
10/06/2024	13:17:00	67%
10/06/2024	13:17:06	67%
10/06/2024	13:17:12	67%
10/06/2024	13:17:18	67%
10/06/2024	13:17:24	67%

*Nota.* Se muestra algunas lecturas obtenidas en el periodo de medición de 21 días.

Esta Tabla 2 muestra la humedad promedio entre el 10 de junio de 2024 (última actualización el 1 de julio de 2024). El contenido de la tabla se describe a continuación:

Hora de medición real se destacó que las mediciones se toman cada 6 segundos, lo que permite realizar un análisis detallado de la humedad en ese período de tiempo.

Humedad ambiente (%): Humedad relativa del aire, expresada en porcentaje. En este caso, la humedad varió entre 65% y 67% durante el período de medición. El valor constante: Muchos documentos muestran que la humedad ambiental es constante en 66% la mayor parte del tiempo, al final de la serie de mediciones Estos pequeños cambios pueden ser causados por fenómenos naturales de retarde de los actuadores o intervenciones en el proceso de medición.

La tendencia, aunque la humedad cambió ligeramente, se mantuvo estable, lo que indica que el ambiente no cambió mucho durante la grabación. Esta estabilidad es necesaria para garantizar que el contenido del invernadero no cambie, lo cual es muy importante para el buen desarrollo de cultivos como la fresa.

La humedad relativa es un factor importante en el manejo de invernaderos y sistemas de cultivo. Una humedad demasiado alta o demasiado baja puede afectar la salud de las plantas. Es necesario un adecuado control de la humedad para crear un ambiente adecuado para el crecimiento de la fresa y evitar problemas como hongos o estrés hídrico.

Estabilidad del producto: La estabilidad de los datos en esta tabla indica que el sistema de monitoreo está funcionando en un entorno controlado. Como muestran estos artículos, mantener la humedad en el nivel adecuado ayuda a prevenir daños a las plantas y promueve su crecimiento.

En resumen, esta tabla muestra una evaluación continua de la humedad ambiental durante un corto período de tiempo, donde las condiciones varían ligeramente entre 65% y 67%. Esto se puede utilizar para gestionar cosas dentro del invernadero o un sistema de cultivo automático, para garantizar el nivel más óptimo de cosas para el desarrollo de las plantas, en este caso las fresas.

**Tabla 3**

*Mediciones de la intensidad de luz UV*

FECHA	HORA	Intensidad de luz UV
		$W/m^2$
10/06/2024	13:15:00	4,89
10/06/2024	13:15:06	5
10/06/2024	13:15:12	5,13
10/06/2024	13:15:18	5,23
10/06/2024	13:15:24	5,05
10/06/2024	13:15:30	5,29
10/06/2024	13:15:36	4,96
10/06/2024	13:15:42	5,17
10/06/2024	13:15:48	5,08
10/06/2024	13:15:54	5,15
10/06/2024	13:16:00	5,08
10/06/2024	13:16:06	5,21
10/06/2024	13:16:12	5,28
10/06/2024	13:16:18	4,82
10/06/2024	13:16:24	5,24
10/06/2024	13:16:30	5,16
10/06/2024	13:16:36	5,08
10/06/2024	13:16:42	4,82
10/06/2024	13:16:48	5,16
10/06/2024	13:16:54	5,29
10/06/2024	13:17:00	4,86
10/06/2024	13:17:06	4,83
10/06/2024	13:17:12	5,21
10/06/2024	13:17:18	5,24
10/06/2024	13:17:24	5,16

*Nota.* Se muestra algunas lecturas obtenidas en el periodo de medición de 21 días.

Esta Tabla 3 muestra datos de intensidad ultravioleta (UV), medida en vatios por metro cuadrado ( $W/m^2$ ), durante 21 días, del 10 de junio al 1 de julio de 2024

Intensidad ultravioleta (UV)  $W/m^2$ : medida de intensidad de UV Radiación en  $W/m^2$ . Esta intensidad representa la cantidad de energía UV incidente por unidad de área. En esta tabla, los valores oscilan entre 4,82  $W/m^2$  y 5,29  $W/m^2$ . La intensidad UV varía según las mediciones, entre 4,82  $W/m^2$  y 5,29  $W/m^2$ . Este valor representa pequeñas variaciones de la radiación UV a lo largo del tiempo en el invernadero. El valor de intensidad más bajo es de 4,82  $W/m^2$  y el más alto es de 5,29  $W/m^2$ , lo que indica que la radiación UV es la misma durante este período.

Radiación UV: Esta es una medida importante para controlar la exposición a la radiación ultravioleta, que afecta a humanos y plantas. Para invernaderos o granjas de fresas, la radiación ultravioleta puede afectar el crecimiento de las plantas, especialmente si desea optimizar las condiciones de crecimiento para mejorar la salud y la productividad de las fresas.

La tabla también muestra que las mediciones son muy frecuentes (cada 6 segundos), lo que permite una descripción detallada de la variación de la radiación UV durante este período en particular. Esta tabla proporciona datos de luz ultravioleta durante 2 minutos y 24 segundos, lo que le permite analizar la diferencia de radiación ultravioleta en ese momento en una ubicación específica.

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1 Resultados

El objetivo general de esta investigación es diseñar y operar un invernadero que permita el control ambiental adecuado a las características del cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm en la región Puno. Otra característica fundamental es la interfaz gráfica de usuario (GUI) que permite a los investigadores monitorear los parámetros del invernadero en tiempo real y ajustar los cambios manualmente si es necesario. Esta plataforma ha demostrado ser una herramienta útil para el monitoreo remoto y el control físico, una mejora importante con respecto a los métodos agrícolas tradicionales. Se concretó un diseño eficaz de un sistema automatizado que incorporó tecnología del Internet de las Cosas (IoT), empleando el microcontrolador ESP32.

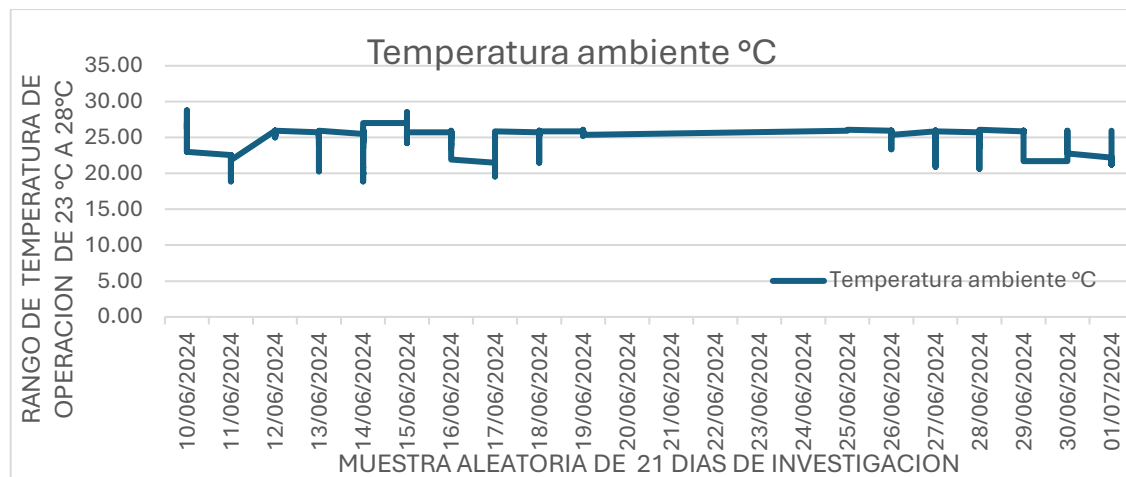
Se consiguió poner en marcha un sistema automatizado para ver y regular los parámetros del entorno dentro del invernadero. Así, se cumplió el primer objetivo específico, centrado en aspectos clave como temperatura, humedad y luz ultravioleta. Este sistema hizo posible vigilar y ajustar en tiempo real las condiciones internas, garantizando un ambiente perfecto para el cultivo de fresas a 3800 metros sobre el nivel del mar. Se elaboró una plataforma para ver a distancia que mostraba al instante los datos obtenidos por los sensores ubicados en el invernadero. Dichos sensores, como el SHT30 para medir la temperatura y la humedad relativa, y el ML8511 para medir la radiación UV, se enlazaron al microcontrolador ESP32, que procesó las señales y las envió a una interfaz gráfica accesible desde dispositivos móviles u ordenadores. La plataforma permitió observar cómo cambiaban las condiciones del entorno y hacer ajustes para corregir cualquier diferencia con respecto a los valores óptimos para el cultivo de fresas.

Se logró el segundo objetivo específico de crear la tecnología IoT requerida y definir las características de los componentes electrónicos para el control eficaz de las condiciones del entorno dentro del invernadero. Específicamente enfocado en el cultivo de fresas a 3800 metros sobre el nivel del mar. La configuración de la solución IoT abarcó la incorporación del microcontrolador ESP32, facilitando así la conexión de varios sensores ambientales y los sistemas de actuación dentro del recinto. Se seleccionaron y caracterizaron sensores específicos de temperatura y humedad relativa, tales como el

SHT30, y sensores de radiación UV, como el ML8511, que fueron instalados en puntos estratégicos dentro del invernadero. Estos componentes proporcionaron datos en tiempo real que se enviaron al ESP32 para su procesamiento y posterior transmisión a una plataforma de monitoreo.

### Figura 17

*Medición de la temperatura en condiciones ambientales*



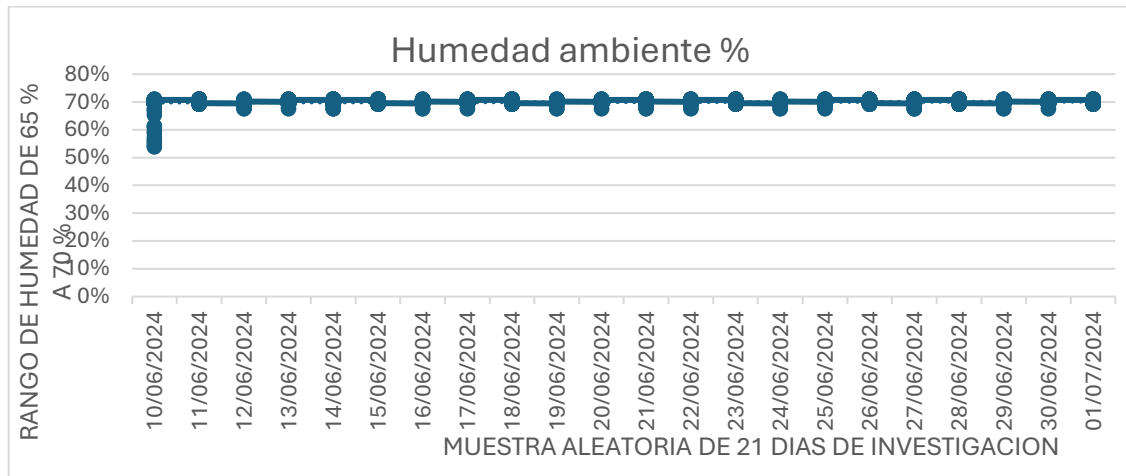
*Nota.* La figura muestra un condensado de las lecturas de temperatura en el periodo de 21 días.

En cuanto a la temperatura, se definieron umbrales óptimos para el cultivo de fresa, generalmente entre 18°C y 25°C. Los resultados mostraron que el sistema de ventilación automática se activó cada vez que la temperatura interna del invernadero superaba el límite superior, activando los ventiladores para reducir la temperatura. De igual forma, cuando la temperatura caía por debajo de los límites deseados, se encendieron los sistemas de calefacción (si estaban habilitados) para evitar que las fresas sufrieran daños debido al frío extremo, que es característico en la región andina.

En cuanto a la humedad relativa, se observó que los niveles de humedad eran controlados eficazmente mediante un sistema de riego automatizado. El sistema de monitoreo permitía ajustar el riego según los datos del sensor de humedad, asegurando que el ambiente se mantuviera dentro del rango adecuado para el crecimiento de las plantas, evitando tanto el exceso de agua que podría favorecer enfermedades, como la escasez que podría afectar el desarrollo del cultivo. La humedad dentro del invernadero se mantuvo entre el 70% y el 80%, niveles óptimos para el cultivo de fresas en condiciones de alta altitud.

**Figura 18**

*Medición de la humedad en condición ambiental.*

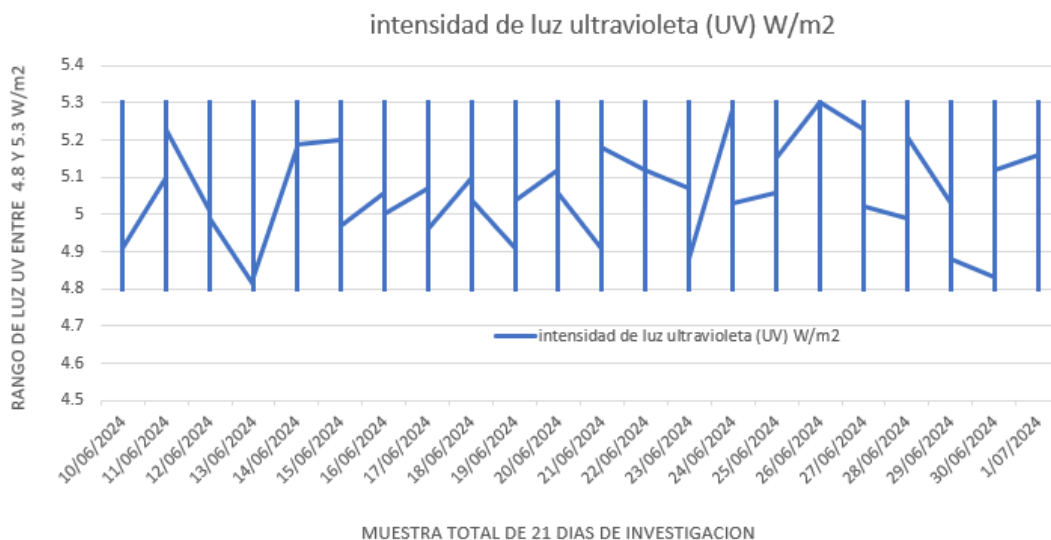


*Nota.* Se muestra las lecturas de humedad en el ambiente obtenidos a lo largo de 21 días de investigación.

En cuanto a la radiación UV, se registraron niveles que permitieron una adecuada exposición solar sin sobreexponer las plantas, lo que se logró gracias al sistema automatizado de ajuste de iluminación y sombreado, activado según las mediciones del sensor de radiación. Este control fue especialmente relevante para la región de estudio, donde la intensidad de la radiación solar puede ser muy alta debido a la altitud.

**Figura 19**

*Medición de la luz ultravioleta*



*Nota.* Se muestra los datos obtenidos para la intensidad de luz UV en un periodo de 21 días.

## 4.2 Discusión

Al diseñar un sistema automatizado de calefacción de invernadero habilitado para IoT y utilizar ESP32 para cultivar fresas a una altitud de 3800 m, se lograron buenos resultados en el control de los parámetros ambientales necesarios para el crecimiento de las plantas. El uso de tecnologías IoT permite almacenar información precisa en tiempo real sobre aspectos importantes como temperatura, humedad y calidad del aire, lo que supone un gran avance en la agricultura en zonas de gran altitud como la región de Puno, donde las fluctuaciones climáticas son frecuentes.

En primer lugar, el control de temperatura de emergencia es uno de los aspectos más importantes del sistema. Los resultados obtenidos muestran que la temperatura dentro del invernadero se mantiene en el lugar adecuado para el cultivo de fresas, es decir entre 18°C y 25°C. Este control es posible porque el sistema de aire acondicionado automático enciende los ventiladores si la temperatura supera el límite establecido. Estos hallazgos son consistentes con estudios previos en los que el control de la temperatura es necesario para prevenir el golpe de calor en plantas de fresa, especialmente en altitudes elevadas donde las diferencias de temperatura diarias son significativas

La humedad relativa también está bien controlada. Un sensor de humedad conectado al microcontrolador ESP32 permite que el sistema de riego se inicie automáticamente, manteniendo los niveles de humedad entre el 70% y el 80%, lo que se considera óptimo para el crecimiento de la fresa. Este control automático reduce el riesgo de enfermedades fúngicas asociadas a la alta humedad, un problema de la altura. Además, el control de la humedad crea la necesidad de un mantenimiento constante, lo que significa que se ahorra tiempo y esfuerzo y el invernadero funciona de manera eficiente.

En cuanto a la calidad del aire, los resultados muestran que los sistemas de aire acondicionado son efectivos para un flujo de aire constante durante las noches cálidas y frías. Un estudio donde se enfatizan la importancia de la ventilación en los edificios verdes porque previene la acumulación de aire caliente y evita problemas relacionados con la alta humedad. Según los resultados de esta investigación, el control de la calidad del aire es muy útil para crear un buen entorno de cultivo y es bueno para la producción de fresas de alta calidad.



Lo mejor es monitorear datos reales de forma remota, permitiendo a los usuarios monitorear el entorno. Esta capacidad de monitorear sistemas y cambios es similar a la de demostraron que el acceso remoto a datos puede ayudar en la toma de decisiones y respaldar la gestión de productos. La plataforma no solo monitorea, sino que también recopila datos históricos, lo que permite un análisis en profundidad de los proyectos y una optimización continua del sistema.

A pesar de los resultados positivos, el estudio identificó varias limitaciones. Uno de los mayores desafíos es gestionar las enormes diferencias en la luz solar durante el día, lo que afecta la capacidad del sistema para mantener la temperatura requerida, especialmente en los días soleados. Aunque ya existían sistemas de sombra e interruptores de ventilador, los cambios en la radiación solar en el espacio requirieron medidas adicionales para controlar la luz y la temperatura en las condiciones más difíciles. Estudios anteriores informaron que esto es una limitación en el manejo de cultivos de altura. Los resultados obtenidos corroboran la idea de que la automatización ambiental y la gestión remota pueden mejorar la productividad agrícola en regiones de gran altitud como la provincia de Puno. Sin embargo, este estudio demuestra que para lograr una mayor optimización será necesario introducir otras tecnologías que puedan gestionar mejor la radiación solar y la iluminación, y estas áreas serán objeto de futuras investigaciones.

## CONCLUSIONES

- PRIMERO:** Los resultados muestran que el diseño del invernadero automatizado con control IoT, fue efectivo y resalta la importancia del mismo, así como las características usadas en la implantación para crear el sistema de control adecuado para la siembra de fresas a una altitud de 3800 msnm. La integración de tecnologías avanzadas y sistemas de monitoreo y control ha permitido validar la viabilidad de utilizar tecnologías IoT usando ESP32 para optimizar los parámetros ambientales dentro de un invernadero en una región de alta altitud. El uso de sensores de temperatura y humedad, junto con un sistema de ventilación controlado automáticamente, garantizó un ambiente controlado y adecuado para el desarrollo del cultivo de fresa.
- SEGUNDO:** Asimismo, se logró determinar los componentes electrónicos necesarios para la visualización y corrección del control climático con ESP32 el cual permite visualizar y corregir de los parámetros ambientales dentro del invernadero. A través de una plataforma IoT mediante <https://thinger.io/>, los datos recabados por los sensores fueron visualizados en tiempo real como la humedad, temperatura y ventilación, lo que permitió el ajuste automático de los sistemas de riego, calefacción y ventilación, según las condiciones ambientales. Se requiere ampliar las indagaciones a largo plazo para valorar el rendimiento y la calidad de las fresas cultivadas en espacios controlados automatizados mediante IoT y ESP32, frente a los procedimientos agrícolas convencionales.
- TERCERO:** La investigación se ajustó al diseño de tecnología IoT apropiada para la supervisión del invernadero, empleando elementos como el ESP32, junto con otros componentes electrónicos como el sensor SHT30 para la detección de temperatura y humedad, y el ML8511 para medir la radiación UV. Se eligieron estos elementos por su eficiencia, exactitud y bajo costo, permitiendo la observación al instante de las variables cruciales para el desarrollo de las fresas. El microcontrolador ESP32 mostró ser una opción perfecta por su potencia de procesamiento, conexión Wi-Fi y sencillez para integrar diversos sensores y actuadores.



**CUARTO:** Finalmente, la investigación exhibe que la automatización basada en IoT es una herramienta eficaz para suavizar las dificultades climáticas actuales en la agricultura de gran altitud. Los resultados logrados proponen que, al implementar una gestión rigurosa sobre las variables ambientales, es factible elevar la productividad y excelencia de las cosechas de fresa.

## RECOMENDACIONES

- PRIMERO:** Llevar a cabo estudios extensos a largo plazo centrados en la evaluación del rendimiento y las características de las fresas cultivadas dentro de invernaderos automatizados, que utilizan la tecnología IoT y ESP32 para su control, y contrastarlos con los sistemas de cultivo convencionales. Esto permitirá obtener datos precisos sobre los beneficios de la automatización en la productividad, el control de plagas y enfermedades, además de mejorar la calidad del producto final.
- SEGUNDO:** Aunque los caracterizar los componentes electrónicos y sistemas de ventilación automática han demostrado ser eficaces, se ha identificado la necesidad de fortalecer la regulación de la temperatura durante los picos de calor causados por la fuerte radiación solar, especialmente en la región andina. Se recomienda instalar sistemas de sombreado adicionales o integrar tecnologías como dispositivos de invernadero y control avanzado de temperatura que permitan reducir la temperatura interna durante los días soleados sin reducir la calidad de la luz para el crecimiento de las plantas. Para asegurar que las plantas de fresa reciban la cantidad adecuada de agua según las condiciones ambientales, se recomienda conectar un sistema de riego por goteo que se activa automáticamente según los datos de humedad y temperatura obtenidos.
- TERCERO:** Se propone incrementar las capacidades de los sistemas IoT integrando plataformas de monitoreo remoto más avanzadas. Esto permitirá a los agricultores hacer ajustes sin tener que estar físicamente presentes, lo cual es especialmente importante en áreas remotas. La visualización de datos en tiempo real a través de aplicaciones móviles y la aplicación de algoritmos de inteligencia artificial (IA) para la toma de decisiones automatizada permitirán una mejor gestión de los invernaderos y una mayor capacidad de predecir las condiciones ambientales cambiantes
- CUARTO:** Considerando el éxito registrado en las pruebas de invernadero, se recomienda considerar el entrenamiento de redes neuronales para construir un sistema autosuficiente que pueda ser utilizado a diferentes



altitudes sobre el nivel del mar, considerar la publicación de esta ampliación del proyecto en forma de artículo científico.

## BIBLIOGRAFÍA

- Agale, R. R., & Gaikwad, D. P. (2017). Automated irrigation and crop security system in agriculture using Internet of Things. *2017 International Conference on Computing, Communication, Control and Automation (ICCUBEA)*, 1–5. <https://doi.org/10.1109/ICCUBEA.2017.8463726>
- Aghaseyedabdollah, M., Alaviyan, Y., & Yazdizadeh, A. (2021). IoT Based Smart Greenhouse Design with an Intelligent Supervisory Fuzzy Optimized Controller. In *2021 7th International Conference on Web Research (ICWR)* (pp. 311–317). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ICWR51868.2021.9443022>
- Agilesh Saravanan, R., Priya, G., Nishanth, S., Sai, P., & Kumar, V. (2023). IoT-Based Greenhouse Monitoring. In: Gunjan. In V.K., Suganthan, P.N., Haase, K. J., & A. (Eds.), *Cybernetics, Cognition and Machine Learning Applications. Algorithms for Intelligent Systems*. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-19-1484-3\\_5](https://doi.org/10.1007/978-981-19-1484-3_5)
- Ameen, Nihad M., Al-Ameri, & Janan A. Mahdi. (2019). IoT-Based Shutter Movement Simulation for Smart Greenhouse Using Fuzzy-Logic Control. *2019 12th International Conference on Developments in ESystems Engineering (DeSE)*, 635–639. <https://doi.org/10.1109/DeSE.2019.00119>
- Angkasa, R., & Said, S. (2022). Full automation and control system based on IoT in a greenhouse (Case study: Faculty of Agriculture, Malikussaleh University). *Proceedings of the International Conference on Multidisciplinary Engineering (ICOMDEN)*, 1–5. <https://proceedings.unimal.ac.id/icomden/article/view/822/739>
- Ardiansah, I., Bafdal, N., Suryadi, E., & Bono, A. (2020). Greenhouse Monitoring and Automation Using Arduino: a Review on Precision Farming and Internet of Things (IoT). *International Journal on Advanced Science Engineering and Information Technology*, 10, 703–709. <https://doi.org/10.18517/ijaseit.10.2.10249>
- Arregoces-Guerra, P., Restrepo-Arias, J. P., Usme Martinez, M., Montoya-Yepes, J. P., & Branch-Bedoya, J. W. (2023). Monitoreo de cultivos bajo invernadero utilizando tecnologías 4.0. *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 24, 2. [https://doi.org/10.21930/rcta.vol24\\_num2\\_art:2853](https://doi.org/10.21930/rcta.vol24_num2_art:2853)

- Austria, A. C. H., Fabros, J. S., Sumilang, K. R. G., Bernardino, J., & Doctor, A. C. (2023). Development of IoT Smart Greenhouse System for Hydroponic Gardens. *International Journal of Computing Sciences Research*, 7, 2111–2136. <https://doi.org/10.25147/ijcsr.2017.001.1.149>
- Bafdal, N., & Ardiansah, I. (2021). *Application of Internet of Things in Smart Greenhouse Microclimate Management for Tomato Growth* (Vol. 11, pp. 427–432). *Int. J. Adv. Sci. Eng. Inf. Technol.* <https://doi.org/10.18517/ijaseit.11.2.13638>
- Berrios Gómez, S., & Rivera Herrera, H. J. (2022). *Sistema IoT basado en ESP32 para el control y monitoreo de cultivos en invernadero con enfoque de agricultura 4.0.* <https://doi.org/10.47796/ing.v4i0.624>
- Bhandari, S. R., Khang, U. K., Yadav, A. K., Pradhan, D., Shrestha, M., & Adhikar, S. (2023). An Economic and Smart Greenhouse System using Microcontroller for Sustainable Agriculture: A Case Study. In *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Renewable Energy (IJEERE)* (Vol. 3, pp. 36–46). <https://doi.org/10.57152/ijeere.v3i1.477>
- Bhujel, A., Basak, J. K., Khan, F., Arulmozhi, E., Jaihumi, M., Sihalath, T., Lee, D., Park, J., & Kim, H. T. (2020). Sensor Systems for Greenhouse Microclimate Monitoring and Control: a Review. *J. Biosyst. Eng*, 45, 341–361. <https://doi.org/10.1007/s42853-020-00075-6>
- Carrillo, M., & Guzmán, J. (2022). Impacto de la radiación ultravioleta en la agricultura de alta altitud en el Perú: Propuestas de control automatizado en invernaderos. *Revista de Ciencias Agrícolas de Los Andes*, 35(2), 74–85.
- Castañeda-Miranda, A., & Castaño-Meneses, V. M. (2020). Internet of things for smart farming and frost intelligent control in greenhouses. *Computers and Electronics in Agriculture*, 176, 105614. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2020.105614>
- Castillo Ortiz, S. Y., Flores Cabrera, J. C., Ayala Castillo, M. Á., Carachure Pichardo, C. D., & Ayala Castillo, A. Á. (2025). Optimización del sector agrícola mediante el análisis de datos para una gestión eficiente de los recursos naturales: Una perspectiva para México. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 9(2), 241–257. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v9i2.16816](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i2.16816)

- Chaitanya Kumar, D., Adiraju, R. V., Pasupuleti, S., & Nandan, D. (2021). A Review of Smart Greenhouse Farming by Using Sensor Network Technology. In *Proceedings of International Conference on Recent Trends in Machine Learning, IoT, Smart Cities and Applications. Advances in Intelligent Systems and Computing* (Vol. 1245). Springer Singapur. [https://doi.org/10.1007/978-981-15-7234-0\\_79](https://doi.org/10.1007/978-981-15-7234-0_79)
- Danita, M., Mathew, B., Shereen, N., Sharon, N., & Paul, J. J. (2018). IoT Based Automated Greenhouse Monitoring System. In *Segunda Conferencia Internacional sobre Sistemas de Computación y Control Inteligentes (ICICCS) de 2018 (págs. 1933-1937)*. *IEEE* (pp. 1933–1937). <https://doi.org/10.1109/ICCONS.2018.8662911>
- Drakulić, U., & Mujčić, E. (2020). Remote Monitoring and Control System for Greenhouse Based on IoT. In S. Avdaković, A. Mujčić, A. Mujezinović, T. Uzunović, & I. Volić (Eds.), *Advanced Technologies, Systems, and Applications IV - Proceedings of the International Symposium on Innovative and Interdisciplinary Applications of Advanced Technologies (IAT 2019)* (Vol. 83). Springer. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-24986-1\\_38](https://doi.org/10.1007/978-3-030-24986-1_38)
- Esparza Cruz, N. K., Sandoya Villafuerte, J. W., & Fernández Torres, A. del R. (2024). Control de invernaderos con IoT: una revisión sistemática de la literatura. *Magazine De Las Ciencias: Revista De Investigación E Innovación*, 9(1), 119–137. <https://doi.org/10.33262/rmc.v9i1.3061>
- Ezziyyani, M., Hamdache, A., Cherrat, L., Laksiby, I., Ezziyyani, M., Alilou, H., Mauri, J., Chaik, A., & Gilabert, C. E. (2023). Contribution to the Development of a Technological Platform for Analysis in Precision Agriculture for the Biovigilance of Cryptogamic Diseases in Strawberry (*Fragaria × ananassa*). *International Conference on Advanced Intelligent Systems for Sustainable Development.*, 713. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-35248-5\\_57](https://doi.org/10.1007/978-3-031-35248-5_57)
- Ferrández-Pastor, F. J., Alcañiz-Lucas, S., García-Chamizo, J. M., & Platero-Horcajadas, M. (2019). Smart Environments Design on Industrial Automated Greenhouses. *Proceedings*, 31(1), 36. <https://doi.org/10.3390/proceedings2019031036>
- Folorunso, T. A., Oshiga, O., Bala, J. A., & Ojogunwa, D. A. (2024). Development of an Internet of Things Based Smart Greenhouse. *International Journal of Computer*

- Trends and Technology (IJCTT)*, 72(5), 96–101.  
<https://doi.org/10.14445/22312803/IJCTT-V72I5P112>
- García Torres, I. A., Castillo León, R. E., Navas Espín, W. R., & Veintimilla Andrade, J. G. (2024). El Uso de la Inteligencia Artificial en un Invernadero. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 910–930.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.12331](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12331)
- García-Cortés, J. J., Morfin-Orozco, J. R., Chocoteco-Campos, J. A., & Chávez-Orendain, G. (2024). Monitoreo Remoto de las Variables de un Sistema de Riego para Invernadero Utilizando IIoT y Cloud Computing. *Tecnología, Ciencia Y Estudios Organizacionales*, 6(12), 15–24. <https://doi.org/10.56913/teceo.6.12.15-24>
- Gómez, L., López, F., & Rodríguez, S. (2021a). Aplicación de sistemas automatizados en el control de temperatura y humedad en invernaderos: Estudio de caso en la región andina. *Revista de Tecnología Agrícola*, 29(1), 65–77.
- Gómez, López, & Rodríguez. (2021b). Aplicación de sistemas automatizados en el control de temperatura y humedad en invernaderos: Estudio de caso en la región andina. *Revista de Tecnología Agrícola*, 29(1), 65–77.
- Gómez, Martínez, & Díaz. (2019). *Tecnologías emergentes en la agricultura: Uso de IoT en la optimización de invernaderos*. Editorial Tecnología y Sociedad.
- Gómez, P. (2019). *Aplicaciones de IoT en la agricultura de altura: Control ambiental en invernaderos automatizados*. Editorial AgroInnovación.
- Gómez, P., Martínez, A., & Díaz, F. (2020). Automatización de invernaderos en climas extremos: Implementación de IoT para la optimización de cultivos. *Revista de Tecnologías Agrícolas*, 15(4), 225–240.
- González Crespín, J. L., Paladines Cárdenas, D. F., Rodríguez Álvarez, J. A., & Tapia Noblecilla, E. R. (2024). Revisión Sistematizada de la Evolución de la Ingeniería de Software en el Monitoreo y Control de Sistemas Hidropónicos de Flujo y Reflujo. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(4), 2664–2681.  
[https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i4.12514](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i4.12514)

- Guo, T., & Zhong, W. (2015). Design and implementation of the span greenhouse agriculture Internet of Things system. In *2015 International Conference on Fluid Power and Mechatronics (FPM)* (pp. 398–401). IEEE. <https://doi.org/10.1109/FPM.2015.7337148>
- Hernández-Morales, L.-R., JM, V.-G., F., D.-S., P., & Guadiana-Alvarado, Z. A. (2023). IoT-based Spatial Monitoring and Environment Prediction System for Smart Greenhouses. *IEEE Latin America Transactions*, *21*(4), 602–611. <https://doi.org/10.1109/TLA.2023.10128933>
- Hoque, M. J., Ahmed, M. R., & Hannan, M. A. (2020). An Automated Greenhouse Monitoring and Controlling System using Sensors and Solar Power. *European Journal of Engineering Research and Science*, *5*, 510–515. <https://doi.org/10.24018/ejers.2020.5.4.1887>
- Huachallanqui Olivera, C. D., Espinoza Torres, Y., Villegas-Huamani, M. M., Apaza Gómez, L. M., Cari Incahuanaco, F., & Aguirre Carrasco, J. A. (2025). Diseño e implementación de un sistema inteligente de riego y monitoreo para cultivos de fresas bajo invernadero en zonas altas de Abancay. *Micaela Revista de Investigación-UNAMBA*, *6*(1), 43–50. <https://doi.org/10.57166/micaela.v6.n1.2025.175>
- Jeanita, T. C. J., Sarasvathi, V., Harsha, M. S., Bhavani, B. M., & Kavyashree, T. (2018). An automated greenhouse system using agricultural internet of things for better crop yield. In *Smart Cities Symposium 2018* (p. 1). <https://doi.org/10.1049/cp.2018.1388>
- Kumar, R., Pandey, K., & Rai, P. (2023). Advanced Greenhouse Monitoring and Control System. In *Advances in Fluid and Thermal Engineering. FLAME 2022* (pp. 479–492). Springer Nature Singapore. [https://doi.org/10.1007/978-981-99-2382-3\\_40](https://doi.org/10.1007/978-981-99-2382-3_40)
- Kurniasari, A. A., Dewi Puspitasari, P. S., Perdanasari, L., Mei Yuana, D. B., & Jumiatur. (2025). Enhancing Hydroponic Systems with ESP32: An IoT Approach to Real-Time Monitoring and Automation. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, *1446*, 012010. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1446/1/012010>

- Lanitha, B., Poornima, E., Sudha, D., Beulah, D., Kannan, K., Jegan, R., Peroumal, V., Kirubagharan, R., & Tesfaye, M. (2022). IoT Enabled Sustainable Automated Greenhouse Architecture with Machine Learning Module. *Journal of Nanomaterials*, 2022, 1–6. <https://doi.org/10.1155/2022/1314903>
- Li, H., Guo, Y., Zhao, H., Wang, Y., & Chow, D. (2021). Towards automated greenhouse: A state of the art review on greenhouse monitoring methods and technologies based on internet of things. *Computers and Electronics in Agriculture*, 191, 106558. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2021.106558>
- Li, Y., Ding, Y., Li, D., & Miao, Z. (2018). Automatic carbon dioxide enrichment strategies in the greenhouse: A review. *Biosystems Engineering*, 171, 101–119. <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2018.04.018>
- Mahammad Noor, M. Z., Ramlee, R. A., Tuani Ibrahim, A. F., & Andre, H. (2021). Performances Analysis of IoT Based Smart Greenhouse System. *International Journal of Electrical Engineering and Applied Sciences (IJEEAS)*, 4(2). <https://doi.org/10.54554/ijeeas.2025.8.01.001>
- Manoharan, S., Lean, C. P., Li, C., Yuan, K. F., Kiat, N. P., & Khan, M. R. B. (2024). IoT-enabled Greenhouse Systems: Optimizing Plant Growth and Efficiency. *Malaysian Journal of Science and Advanced Technology*, 4(2), 169–179. <https://doi.org/10.56532/mjsat.v4i2.294>
- Marín-García, E., Torres-Marín, J.-N., & Chaverra-Lasso, A. (2023). Invernadero Inteligente y Agricultura 4.0. *Revista Científica*, 46(1), 37–50. <https://doi.org/10.14483/23448350.19816>
- Martínez, A., & Gómez, R. (2019). Desarrollo de sistemas automatizados para la agricultura: IoT y ESP32 en la optimización de cultivos. *Revista de Innovación Tecnológica*, 12(3), 45–58.
- Martínez, J., & García, F. (2020). El uso de plataformas IoT en la agricultura: Aplicaciones en el control de temperatura y humedad en invernaderos. *Agro Innovación*, 41(2), 22–33.
- Méndez-Guzmán, H. A., Padilla-Medina, J. A., Martínez-Nolasco, C., Martínez-Nolasco, J. J., Barranco-Gutiérrez, A. I., Contreras-Medina, L. M., & Leon-Rodríguez, M.

- (2022). IoT-Based Monitoring System Applied to Aeroponics Greenhouse. *Sensors*, 22(15), 5646. <https://doi.org/10.3390/s22155646>
- Mendoza, R., González, S., & Carrillo, A. (2023). Implementación de un sistema de automatización de invernaderos con ESP32 para control de temperatura y humedad en la región de Puno. *Revista de Innovación En Tecnología Agrícola*, 18(3), 23–35.
- Miranda, P., & Álvarez, M. (2020). Evaluación de sistemas de riego automatizados para la agricultura en la región de Puno. *Journal of Agricultural Engineering*, 53(4), 110–121.
- Mishra, K. N., Kumar, S., & Patel, N. R. (2021). Survey on Internet of Things and its Application in Agriculture. *Journal of Physics: Conference Series*, 1714(1), 12025. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1714/1/012025>
- Montaño-Blacio, M., González-Escarabay, J., Jiménez-Sarango, O., Mingo-Morocho, L., & Carrión-Aguirre, C. (2023). Design and deployment of an IoT-based monitoring system for hydroponic crops. *Ingenius. Revista de Ciencia y Tecnología*, 30, 9–18. <https://doi.org/10.17163/ings.n30.2023.01>
- Morales Villegas, H. V., Orozco Morocho, D. J., Morales Barreno, A. S., Pinto Muñoz, F. P., & Duque Fernández, I. S. (2025). Agricultura de precisión de un invernadero a través de virtualización y comunicación IoT. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 8(6), 6088–6099. [https://doi.org/10.37811/cl\\_rcm.v8i6.15304](https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v8i6.15304)
- Moreno Perdomo, É. J. (2023). Sistema Inteligente de automatización, monitoreo y control de invernaderos mediante uso de IoT y el microcontrolador ESP-32 con aplicación de aprendizaje automático. *Encuentro Internacional De Educación En Ingeniería*. <https://doi.org/10.26507/paper.2818>
- Nasution, R. K., Guptan, B.-C., Larosa, D. K., Sofhani, D., Siagian, H., & Perangin-angin. (2020). Diseño de sistemas de monitorización y automatización para invernaderos basados en IoT. In D. & E. D. Suryanto (Eds.), *En la Serie de Conferencias IOP: Ciencia e Ingeniería de Materiales* (Vols. 801, N.o 1, p. 12096). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/801/1/012096>

- Nouadjep, S. N., & Djouodjinang, H. F. (2022). IoT and Arduino Based Design of a Solar, Automated and Smart Greenhouse for Vegetable. *En E3S Web of Conferences*, 354, 1002. <https://doi.org/10.1051/e3sconf/202235401002>
- Ossa Duque, S. I. (2017). Monitoreo y control de variables ambientales mediante una red inalámbrica para agricultura de precisión en invernaderos. *Revista Vector*, 12, 51–60. <https://doi.org/10.17151/vect.2017.12.6>
- Paredes, J., Pérez, F., & Rodríguez, A. (2020). Tecnologías IoT para la automatización de invernaderos de fresa en zonas de alta altitud del Perú. *Revista de Investigación Agrícola*, 54(2), 45–56.
- Pichoasamin, D., Astudillo, V., Vera, M. G., Paredes, E., & Calispa, M. P. (2024). Monitoreo y control remoto de un sistema hidropónico tipo NFT mediante IoT. In *NEXOS CIENTÍFICOS - ISSN 2773-7489* (Vol. 8, Issue 2, pp. 55–62). <https://doi.org/https://nexoscientificos.vidanueva.edu.ec/index.php/ojs/article/view/97>
- Quispe, M., Ramírez, J., & Romero, V. (2019). Estudio de viabilidad de invernaderos para cultivos de hortalizas en la región de Puno: Propuesta de automatización. *Revista Agropecuaria de Los Andes*, 27(2), 34–46.
- Rodríguez, J., López, R., & Fernández, C. (2021). Sistema automatizado de riego para la agricultura de alta montaña en Perú utilizando tecnología IoT. *Journal of Agricultural Technology*, 38(1), 22–34.
- Šabić, Z., Drakulić-U., & Mujčić, E. (2020). The Smart Greenhouse System Based on the The Mobile Network and IoT. In *Advanced Technologies, Systems, and Applications* (pp. 285–298). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-54765-3\\_19](https://doi.org/10.1007/978-3-030-54765-3_19)
- Sánchez-Castillo, V. (2024). Aplicaciones de la tecnología Internet of Things en las ciencias ambientales: un estudio mixto en la base de datos Scopus. In *Respuestas* (Vol. 30, Issue 1, pp. 51–66). <https://doi.org/10.22463/0122820X.4689>
- Schneps-Schneppe, M., & Laxis, G. (2022). On Smart Greenhouse Issues. *Internet of Things, Smart Spaces, and Next Generation Networks and Systems*, 13158. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-97777-1\\_2](https://doi.org/10.1007/978-3-030-97777-1_2)

- Sharma, B. B., & Kumar, N. (2020). Internet of Things-Based Hardware and Software for Smart Agriculture: A Review. *Proceedings of ICRIC 2019 . Lecture Notes in Electrical Engineering*, 597. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-29407-6\\_13](https://doi.org/10.1007/978-3-030-29407-6_13)
- Shirsath, D. O., Kamble, P., Mane, R., & Kolap, A. (2017). IOT Based Smart Greenhouse Automation Using Arduino. *International Journal of Innovative Research in Computer Science & Technology*, 5(2), 234–238. <https://doi.org/10.21276/ijircst.2017.5.2.4>
- Sneineh, A. A., & Shabaneh, A. A. A. (2023). Design of a smart hydroponics monitoring system using an ESP32 microcontroller and the Internet of Things. *MethodsX*, 11, 102401. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2023.102401>
- Sreekantha, D. K., & Kavya, A. M. (2017). Agricultural crop monitoring using IOT - a study. In *2017 11th International Conference on Intelligent Systems and Control (ISCO)* (pp. 134–139). IEEE. <https://doi.org/10.1109/ISCO.2017.7855968>
- Sundari, M. S., Mathana, J. M., & Nagarajan, T. S. (2020). Secured IoT Based Smart Greenhouse System with Image Inspection. *2020 6th International Conference on Advanced Computing and Communication Systems (ICACCS)*, 1080–1082. <https://doi.org/10.1109/ICACCS48705.2020.9074258>
- Thanh Tran, D., Su Le, H., & Huh, J.-H. (2024). Building an Automatic Irrigation Fertilization System for Smart Farm in Greenhouse. *IEEE Transactions on Consumer Electronics*, 70(2), 4685–4698. <https://doi.org/10.1109/TCE.2023.3304554>
- Ullah, I., Fayaz, M., & Aman, M. (2022). An optimization scheme for IoT based smart greenhouse climate control with efficient energy consumption. *Computing*, 104, 433–457. <https://doi.org/10.1007/s00607-021-00963-5>
- Vargas, T., & Castro, D. (2022). Diseño de sistema de control climático para invernaderos con integración IoT. *Revista de Automatización y Control*, 18(3), 150–160.
- Vásquez, J., & Gómez, F. (2018). Diseño de invernaderos inteligentes en el Perú: Potencial de la automatización para el cultivo de fresa. *Revista de Innovación Tecnológica*, 12(1), 90–103.



- Wang, J., Chen, M., Zhou, J., & Li, P. (2020). Data communication mechanism for greenhouse environment monitoring and control: An agent-based IoT system. *Information Processing in Agriculture*, 7(3), 444–455. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2019.11.002>
- Zhang, Y., Jiang, X., You, G., & Liu, P. (2018). The Construction of Solar Greenhouse Control System Based on IoT Data Security. In X. Sun, Z. Pan, & E. Bertino (Eds.), *Cloud Computing and Security (ICCCS 2018)* (Vol. 11068, pp. 123–132). Springer International Publishing. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-00021-9\\_12](https://doi.org/10.1007/978-3-030-00021-9_12)
- Zhong-X., Qiao, R., & Wang, X. (2024). An Innovative IoT-Based Intelligent Control System for Agricultural Greenhouses. *International Journal of Mechanical and Electrical Engineering*, 2(3), 85–90. <https://doi.org/10.62051/ijmee.v2n3.10>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de consistencia

INTERROGANTES DE LA INVESTIGACIÓN	OBJETIVOS DE LA INVESTIGACIÓN	HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN	VARIABLES DE LA INVESTIGACIÓN	MÉTODOS DE LA INVESTIGACIÓN	PRUEBA ESTADÍSTICA
<p><b>Interrogante general:</b></p> <p>¿Es posible diseñar un mini invernadero automatizado con control IoT utilizando ESP32 para el cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm?</p>	<p><b>Objetivo general:</b></p> <p>Diseñar e implementar un invernadero automatizado con control IoT utilizando ESP32 para el cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm</p>	<p><b>Hipótesis general:</b></p> <p>Se espera que el uso de un invernadero automatizado con control IoT, utilizando ESP32, mejore significativamente el rendimiento y la calidad del cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm.</p>	<p><b>Variable 1:</b></p> <p>Datos microcontrolador IoT</p>	<p>Técnicas</p> <p>La técnica utilizada es la implementación, teniendo el conocimiento de implementaciones, uso y control de procesos mecánicos mediante dispositivos electrónicos.</p> <p>Los instrumentos</p> <p>Se observa el comportamiento de la temperatura, variación de la corriente eléctrica dentro del mini invernadero</p> <p>Como instrumento se utilizó el microcontrolador y para almacenar los datos se utilizó la memoria micro SD</p> <p>Se utilizó los datasheet del ESP32 y de los módulos para la configuración y programación.</p>	<p><b>Aplicación de prueba estadística inferencial.</b></p> <p>Se usará la distribución “T de Student”</p>
<p><b>Interrogantes específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>¿Es posible diseñar un invernadero con tecnología IoT para el control de cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm?</li> <li>¿La implementación del control climático con ESP32 lograra visualizar y corregir los parámetros ambientales como la humedad, temperatura y ventilación en el invernadero automatizado?</li> </ul>	<p><b>Objetivos específicos:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>Diseñar un invernadero con tecnología IoT para el control de cultivo de fresa a una altitud de 3800 msnm</li> <li>Determinar si la implementación del control climático con ESP32 permite visualizar y corregir los parámetros ambientales como la humedad, temperatura y ventilación en el invernadero automatizado</li> </ul>	<p><b>Hipótesis específicas:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>El diseño de un invernadero con tecnología IoT mejora el control de la calidad para el cultivo de fresa a 3800 msnm</li> <li>La implementación del control climático con ESP32 visualiza y corrige los parámetros idóneos para el funcionamiento del invernadero.</li> </ul>	<p><b>Variable 2:</b></p> <p>Humedad de suelo</p> <p>Humedad del ambiente</p> <p>Temperatura ambiente</p> <p>Consumo del mini invernadero</p>	<p>Se observa el comportamiento de la temperatura, variación de la corriente eléctrica dentro del mini invernadero</p> <p>Como instrumento se utilizó el microcontrolador y para almacenar los datos se utilizó la memoria micro SD</p> <p>Se utilizó los datasheet del ESP32 y de los módulos para la configuración y programación.</p>	<p><b>Aplicación de prueba estadística inferencial.</b></p> <p>Se usará la distribución “T de Student”</p>

## Anexo 2. Estructura de la aplicación en HTML

```
<!DOCTYPE html>
<html lang="en">
<head>
  <meta charset="UTF-8">
  <meta name="viewport" content="width=device-width, initial-scale=1.0">
  <title>Visualizador de Datos Excel</title>
  <link rel="stylesheet" href="styles.css">
</head>
<body>
  <div class="container">
    <h1>Visualizador de Datos</h1>
    <input type="file" id="fileInput" accept=".xlsx" />
    <div class="buttons">
      <div class="button-group">
        <button id="uvButton" class="uv-button">Mostrar UV</button>
        <input type="number" id="uvSearch" placeholder="Buscar N°" />
      </div>
      <div class="button-group">
        <button id="tempButton" class="temp-button">Mostrar
Temperatura</button>
        <input type="number" id="tempSearch" placeholder="Buscar N°" />
      </div>
      <div class="button-group">
        <button id="humidityButton" class="humidity-button">Mostrar
Humedad</button>
        <input type="number" id="humiditySearch" placeholder="Buscar N°" />
      </div>
      <div id="output"></div>
    </div>
    <script
src="https://cdnjs.cloudflare.com/ajax/libs/xlsx/0.18.5/xlsx.full.min.js"></script>
    <script src="script.js"></script>
  </body>
</html>
```

### Anexo 3. Programación de la aplicación en CSS

```
body {
  font-family: Arial, sans-serif;
  margin: 0;
  padding: 0;
  background-color: #f4f4f9;
  color: #333;
}
.container {
  max-width: 800px;
  margin: 20px auto;
  padding: 20px;
  background: #fff;
  border-radius: 8px;
  box-shadow: 0 2px 10px rgba(0, 0, 0, 0.1);
}
h1 {
  text-align: center;
}
input[type="file"] {
  display: block;
  margin: 20px auto;
}
.buttons {
  display: flex;
  flex-direction: column;
  gap: 15px;
  margin: 20px 0;
}
.button-group {
  display: flex;
  align-items: center;
  gap: 10px;
}
button {
  padding: 10px 20px;
  font-size: 16px;
  color: white;
  border: none;
  border-radius: 4px;
  cursor: pointer;
}
button:hover {
  opacity: 0.9;
}
.uv-button {
  background-color: #81c784;
}
.temp-button {
```



```
background-color: #64b5f6;
}
.humidity-button {
background-color: #ffb74d;
}
input[type="number"] {
padding: 8px;
font-size: 14px;
border: 1px solid #ddd;
border-radius: 4px;
width: 120px;
}
#output {
margin-top: 20px;
overflow-x: auto;
}
table {
width: 100%;
border-collapse: collapse;
margin-top: 20px;
}
th, td {
padding: 10px;
border: 1px solid #ddd;
text-align: left;
}
th {
background-color: #009688;
color: white;
}
tr:nth-child(odd) td {
background-color: #f1f8e9;
}
tr:nth-child(even) td {
background-color: #e8f5e9;
}
```

#### Anexo 4. Programación de la aplicación en Java

```
const fileInput = document.getElementById("fileInput");
const uvButton = document.getElementById("uvButton");
const tempButton = document.getElementById("tempButton");
const humidityButton = document.getElementById("humidityButton");
const uvSearch = document.getElementById("uvSearch");
const tempSearch = document.getElementById("tempSearch");
const humiditySearch = document.getElementById("humiditySearch");
const output = document.getElementById("output");
let excelData = [];
fileInput.addEventListener("change", (event) => {
  const file = event.target.files[0];
  if (!file) return;
  const reader = new FileReader();
  reader.onload = (e) => {
    const data = new Uint8Array(e.target.result);
    const workbook = XLSX.read(data, { type: "array" });
    // Asumimos que los datos están en la primera hoja
    const firstSheet = workbook.Sheets[workbook.SheetNames[0]];
    excelData = XLSX.utils.sheet_to_json(firstSheet, { raw: false }); // Mantener
    formato de datos
    alert("Archivo cargado exitosamente");
  };
  reader.readAsArrayBuffer(file);
});
function clearOutput() {
  output.innerHTML = "";
}
function clearSearchInputs(exceptInput) {
  [uvSearch, tempSearch, humiditySearch].forEach((input) => {
    if (input !== exceptInput) {
      input.value = "";
    }
  });
}
function displayData(columnKey, searchValue) {
  clearOutput();
  if (excelData.length === 0) {
    output.innerHTML = "<p>Por favor, carga un archivo de Excel primero.</p>";
    return;
  }
  const filteredData = excelData.map((row, index) => ({
    Numero: index + 1, // Índice comenzando desde 1
    Fecha: row["FECHA"] || "-", // Ajustar la columna si tiene otro nombre exacto
    Hora: row["HORAS"] || "-", // Ajustar la columna si tiene otro nombre exacto
```

```
    Valor: row[columnKey] || "-"
  }));
  const resultData = searchData
    ? filteredData.filter((row) => row.Numero === searchValue)
    : filteredData;
  if (resultData.length === 0) {
    output.innerHTML = "<p>No se encontró el número especificado.</p>";
    return;
  }
  output.innerHTML = `
  <table>
    <thead>
      <tr>
        <th>N°</th>
        <th>Fecha</th>
        <th>Hora</th>
        <th>${columnKey}</th>
      </tr>
    </thead>
    <tbody>
      ${resultData
        .map(
          (row) =>
            `<tr>
              <td>${row.Numero}</td>
              <td>${row.Fecha}</td>
              <td>${row.Hora}</td>
              <td>${row.Valor}</td>
            </tr>`
        )
        .join("")}
    </tbody>
  </table>`;
}
uvButton.addEventListener("click", () => {
  clearSearchInputs(uvSearch);
  displayData("UV", uvSearch.value);
});
tempButton.addEventListener("click", () => {
  clearSearchInputs(tempSearch);
  displayData("T", tempSearch.value);
});
humidityButton.addEventListener("click", () => {
  clearSearchInputs(humiditySearch);
  displayData("H", humiditySearch.value);
});
```

### Anexo 5. Tabla de muestra de datos aleatorio para la Temperatura ambiente °C

N°	FECHA	HORA	Temperatura ambiente °C
2	10/6/2024	13:15:00	23.01
522	10/6/2024	14:07:00	27.61
2434	10/6/2024	17:18:12	28.79
3218	10/6/2024	18:36:36	26.20
4085	10/6/2024	20:03:18	27.02
5388	10/6/2024	22:13:36	25.72
6344	10/6/2024	23:49:12	23.01
6953	11/6/2024	00:50:06	22.54
7214	11/6/2024	01:16:12	22.42
7251	11/6/2024	01:19:54	22.42
7260	11/6/2024	01:20:48	22.54
7263	11/6/2024	01:21:06	22.42
7266	11/6/2024	01:21:24	22.42
7269	11/6/2024	01:21:42	22.42
7272	11/6/2024	01:22:00	22.42
7275	11/6/2024	01:22:18	22.42
7323	11/6/2024	01:27:06	22.42
7424	11/6/2024	01:37:12	22.42
7512	11/6/2024	01:46:00	22.30
7568	11/6/2024	01:51:36	22.18
7688	11/6/2024	02:03:36	22.18
7691	11/6/2024	02:03:54	22.18
7736	11/6/2024	02:08:24	22.18
7784	11/6/2024	02:13:12	22.18
7808	11/6/2024	02:15:36	22.18
7835	11/6/2024	02:18:18	22.18
7859	11/6/2024	02:20:42	22.18
7879	11/6/2024	02:22:42	22.07
7899	11/6/2024	02:24:42	22.07
7953	11/6/2024	02:30:06	22.07
8001	11/6/2024	02:34:54	22.07
8031	11/6/2024	02:37:54	22.07
8055	11/6/2024	02:40:18	22.07
8088	11/6/2024	02:43:36	22.07
8112	11/6/2024	02:46:00	21.95
8142	11/6/2024	02:49:00	22.07
8166	11/6/2024	02:51:24	21.95
8190	11/6/2024	02:53:48	21.95
8211	11/6/2024	02:55:54	21.95
8232	11/6/2024	02:58:00	21.95
8268	11/6/2024	03:01:36	21.95
8292	11/6/2024	03:04:00	21.95
8316	11/6/2024	03:06:24	21.95
8340	11/6/2024	03:08:48	21.95

8364	11/6/2024	03:11:12	21.95
8418	11/6/2024	03:16:36	21.95
8484	11/6/2024	03:23:12	21.83
8956	11/6/2024	04:10:24	21.71
9217	11/6/2024	04:36:30	21.48
9565	11/6/2024	05:11:18	21.48
9825	11/6/2024	05:37:18	21.36
9999	11/6/2024	05:54:42	21.24
10001	11/6/2024	05:54:54	21.24
14402	11/6/2024	13:15:00	19.59
14922	11/6/2024	14:07:00	19.35
16834	11/6/2024	17:18:12	18.88
18485	11/6/2024	20:03:18	18.88
19788	11/6/2024	22:13:36	20.06
20744	11/6/2024	23:49:12	21.83
21353	12/6/2024	00:50:06	25.96
21614	12/6/2024	01:16:12	25.37
21651	12/6/2024	01:19:54	25.72
21660	12/6/2024	01:20:48	25.25
36060	13/6/2024	01:20:48	25.72
36063	13/6/2024	01:21:06	25.84
36066	13/6/2024	01:21:24	25.84
36069	13/6/2024	01:21:42	25.84
36072	13/6/2024	01:22:00	25.84
36075	13/6/2024	01:22:18	25.84
36123	13/6/2024	01:27:06	24.78
36224	13/6/2024	01:37:12	25.72
36312	13/6/2024	01:46:00	25.72
36368	13/6/2024	01:51:36	25.72
36488	13/6/2024	02:03:36	25.84
36491	13/6/2024	02:03:54	25.84
36536	13/6/2024	02:08:24	25.13
36584	13/6/2024	02:13:12	25.61
36608	13/6/2024	02:15:36	25.84
36635	13/6/2024	02:18:18	25.02
36659	13/6/2024	02:20:42	25.37
36679	13/6/2024	02:22:42	25.49
36699	13/6/2024	02:24:42	25.72
36753	13/6/2024	02:30:06	25.49
36801	13/6/2024	02:34:54	25.72
36831	13/6/2024	02:37:54	25.61
36855	13/6/2024	02:40:18	25.61
36888	13/6/2024	02:43:36	25.49
36912	13/6/2024	02:46:00	25.61
36942	13/6/2024	02:49:00	25.72



36966	13/6/2024	02:51:24	25.72
36990	13/6/2024	02:53:48	25.72
37011	13/6/2024	02:55:54	25.61
37032	13/6/2024	02:58:00	25.61
37068	13/6/2024	03:01:36	25.72
37092	13/6/2024	03:04:00	25.72
37116	13/6/2024	03:06:24	25.72
37140	13/6/2024	03:08:48	25.61
37164	13/6/2024	03:11:12	25.72
37218	13/6/2024	03:16:36	25.72
37284	13/6/2024	03:23:12	25.61
37756	13/6/2024	04:10:24	25.61
38017	13/6/2024	04:36:30	25.49
38365	13/6/2024	05:11:18	25.61
43202	13/6/2024	13:15:00	20.53
43722	13/6/2024	14:07:00	20.30
45634	13/6/2024	17:18:12	25.37
46418	13/6/2024	18:36:36	23.95
47285	13/6/2024	20:03:18	25.37
48588	13/6/2024	22:13:36	25.61
49544	13/6/2024	23:49:12	25.96
50153	14/6/2024	00:50:06	25.49
50414	14/6/2024	01:16:12	25.49
50451	14/6/2024	01:19:54	25.61
50460	14/6/2024	01:20:48	25.72
50463	14/6/2024	01:21:06	25.49
50466	14/6/2024	01:21:24	25.61
50469	14/6/2024	01:21:42	25.61
50472	14/6/2024	01:22:00	25.72
50475	14/6/2024	01:22:18	25.96
50523	14/6/2024	01:27:06	25.72
50624	14/6/2024	01:37:12	25.49
50712	14/6/2024	01:46:00	25.61
50768	14/6/2024	01:51:36	25.61
50888	14/6/2024	02:03:36	25.72
50891	14/6/2024	02:03:54	25.96
50936	14/6/2024	02:08:24	26.08
50984	14/6/2024	02:13:12	25.72
51008	14/6/2024	02:15:36	25.49
51035	14/6/2024	02:18:18	25.37
51059	14/6/2024	02:20:42	25.61
51079	14/6/2024	02:22:42	25.72
51099	14/6/2024	02:24:42	25.49
51153	14/6/2024	02:30:06	25.84
51201	14/6/2024	02:34:54	25.49
51231	14/6/2024	02:37:54	25.84
51255	14/6/2024	02:40:18	26.08

51288	14/6/2024	02:43:36	25.72
51312	14/6/2024	02:46:00	25.96
51342	14/6/2024	02:49:00	25.61
51366	14/6/2024	02:51:24	25.49
51390	14/6/2024	02:53:48	25.61
51411	14/6/2024	02:55:54	25.96
51432	14/6/2024	02:58:00	25.61
51468	14/6/2024	03:01:36	26.08
51492	14/6/2024	03:04:00	25.84
51516	14/6/2024	03:06:24	25.61
51540	14/6/2024	03:08:48	25.61
79272	14/6/2024	01:22:00	20.89
79275	14/6/2024	01:22:18	20.77
79323	14/6/2024	01:27:06	20.77
79424	14/6/2024	01:37:12	20.65
79512	14/6/2024	01:46:00	20.53
79568	14/6/2024	01:51:36	20.53
79688	14/6/2024	02:03:36	20.41
79691	14/6/2024	02:03:54	20.41
79736	14/6/2024	02:08:24	20.41
79784	14/6/2024	02:13:12	20.30
79808	14/6/2024	02:15:36	20.30
79835	14/6/2024	02:18:18	20.30
79859	14/6/2024	02:20:42	20.30
79879	14/6/2024	02:22:42	20.30
79899	14/6/2024	02:24:42	20.18
79953	14/6/2024	02:30:06	20.18
80001	14/6/2024	02:34:54	20.18
80031	14/6/2024	02:37:54	20.18
80055	14/6/2024	02:40:18	20.18
80088	14/6/2024	02:43:36	20.06
80112	14/6/2024	02:46:00	19.94
80142	14/6/2024	02:49:00	20.18
80166	14/6/2024	02:51:24	19.94
80190	14/6/2024	02:53:48	20.06
80211	14/6/2024	02:55:54	19.94
80232	14/6/2024	02:58:00	19.94
80268	14/6/2024	03:01:36	20.06
80292	14/6/2024	03:04:00	19.94
80316	14/6/2024	03:06:24	19.82
80340	14/6/2024	03:08:48	19.82
80364	14/6/2024	03:11:12	19.82
80418	14/6/2024	03:16:36	19.82
80484	14/6/2024	03:23:12	19.82
80956	14/6/2024	04:10:24	19.47
81217	14/6/2024	04:36:30	19.35
81565	14/6/2024	05:11:18	19.12



81825	14/6/2024	05:37:18	18.88
81999	14/6/2024	05:54:42	18.88
82001	14/6/2024	05:54:54	18.88
88834	14/6/2024	17:18:12	21.48
89618	14/6/2024	18:36:36	22.54
90485	14/6/2024	20:03:18	24.31
91788	14/6/2024	22:13:36	25.84
92744	14/6/2024	23:49:12	27.02
93353	15/6/2024	00:50:06	27.02
93614	15/6/2024	01:16:12	27.14
93651	15/6/2024	01:19:54	27.14
93660	15/6/2024	01:20:48	27.14
93663	15/6/2024	01:21:06	27.14
93666	15/6/2024	01:21:24	27.26
93669	15/6/2024	01:21:42	27.14
93672	15/6/2024	01:22:00	27.14
93675	15/6/2024	01:22:18	27.26
93723	15/6/2024	01:27:06	27.26
93824	15/6/2024	01:37:12	27.38
93912	15/6/2024	01:46:00	27.38
93968	15/6/2024	01:51:36	27.38
94088	15/6/2024	02:03:36	27.49
94091	15/6/2024	02:03:54	27.49
94136	15/6/2024	02:08:24	27.61
94184	15/6/2024	02:13:12	27.61
94208	15/6/2024	02:15:36	27.61
94235	15/6/2024	02:18:18	27.49
94259	15/6/2024	02:20:42	27.61
94279	15/6/2024	02:22:42	27.49
94299	15/6/2024	02:24:42	27.61
94353	15/6/2024	02:30:06	27.61
94401	15/6/2024	02:34:54	27.61
94431	15/6/2024	02:37:54	27.61
94455	15/6/2024	02:40:18	27.73
94488	15/6/2024	02:43:36	27.61
94512	15/6/2024	02:46:00	27.61
94542	15/6/2024	02:49:00	27.61
94566	15/6/2024	02:51:24	27.73
94590	15/6/2024	02:53:48	27.61
94611	15/6/2024	02:55:54	27.73
94632	15/6/2024	02:58:00	27.73
94668	15/6/2024	03:01:36	26.08
94692	15/6/2024	03:04:00	25.96
94716	15/6/2024	03:06:24	25.61
94740	15/6/2024	03:08:48	25.25
94764	15/6/2024	03:11:12	25.02
94818	15/6/2024	03:16:36	24.90

94884	15/6/2024	03:23:12	24.90
95356	15/6/2024	04:10:24	25.72
95617	15/6/2024	04:36:30	25.25
96225	15/6/2024	05:37:18	28.56
96399	15/6/2024	05:54:42	24.43
96401	15/6/2024	05:54:54	24.19
100802	15/6/2024	13:15:00	25.13
101322	15/6/2024	14:07:00	25.84
103234	15/6/2024	17:18:12	25.13
104018	15/6/2024	18:36:36	25.61
104885	15/6/2024	20:03:18	25.13
106188	15/6/2024	22:13:36	25.37
107144	15/6/2024	23:49:12	25.72
115722	16/6/2024	14:07:00	23.48
117634	16/6/2024	17:18:12	24.07
118418	16/6/2024	18:36:36	24.31
119285	16/6/2024	20:03:18	24.19
120588	16/6/2024	22:13:36	22.89
121544	16/6/2024	23:49:12	21.95
122153	17/6/2024	00:50:06	21.48
132034	17/6/2024	17:18:12	25.61
132818	17/6/2024	18:36:36	25.37
133685	17/6/2024	20:03:18	24.90
134988	17/6/2024	22:13:36	25.61
135944	17/6/2024	23:49:12	25.84
136553	18/6/2024	00:50:06	25.72
136814	18/6/2024	01:16:12	25.72
136851	18/6/2024	01:19:54	25.72
136860	18/6/2024	01:20:48	25.84
136863	18/6/2024	01:21:06	25.84
136866	18/6/2024	01:21:24	25.96
136869	18/6/2024	01:21:42	25.72
136872	18/6/2024	01:22:00	25.72
136875	18/6/2024	01:22:18	25.72
136923	18/6/2024	01:27:06	25.72
137024	18/6/2024	01:37:12	25.72
137112	18/6/2024	01:46:00	25.61
137168	18/6/2024	01:51:36	25.72
137288	18/6/2024	02:03:36	25.61
137291	18/6/2024	02:03:54	25.72
137336	18/6/2024	02:08:24	25.37
137384	18/6/2024	02:13:12	25.37
137408	18/6/2024	02:15:36	25.37
137435	18/6/2024	02:18:18	25.37
137459	18/6/2024	02:20:42	25.37
137479	18/6/2024	02:22:42	25.37
137499	18/6/2024	02:24:42	25.25



137553	18/6/2024	02:30:06	25.25
137601	18/6/2024	02:34:54	25.25
137631	18/6/2024	02:37:54	25.49
137655	18/6/2024	02:40:18	25.61
137688	18/6/2024	02:43:36	25.84
137712	18/6/2024	02:46:00	25.49
137742	18/6/2024	02:49:00	25.84
137766	18/6/2024	02:51:24	25.37
137790	18/6/2024	02:53:48	25.61
137811	18/6/2024	02:55:54	25.84
137832	18/6/2024	02:58:00	25.49
137868	18/6/2024	03:01:36	25.72
137892	18/6/2024	03:04:00	25.84
137916	18/6/2024	03:06:24	25.37
137940	18/6/2024	03:08:48	25.61
137964	18/6/2024	03:11:12	25.72
138018	18/6/2024	03:16:36	25.61
138084	18/6/2024	03:23:12	25.84
138556	18/6/2024	04:10:24	25.96
138817	18/6/2024	04:36:30	25.61
139165	18/6/2024	05:11:18	25.84
139425	18/6/2024	05:37:18	25.61
139599	18/6/2024	05:54:42	25.25
139601	18/6/2024	05:54:54	25.25
144002	18/6/2024	13:15:00	21.48
144522	18/6/2024	14:07:00	22.07
146434	18/6/2024	17:18:12	24.31
147218	18/6/2024	18:36:36	24.78
148085	18/6/2024	20:03:18	25.25
149388	18/6/2024	22:13:36	25.84
150344	18/6/2024	23:49:12	25.84
150953	19/6/2024	00:50:06	25.84
151214	19/6/2024	01:16:12	25.49
151251	19/6/2024	01:19:54	25.49
151260	19/6/2024	01:20:48	25.72
151263	19/6/2024	01:21:06	25.84
151266	19/6/2024	01:21:24	25.84
151269	19/6/2024	01:21:42	25.84
151272	19/6/2024	01:22:00	25.96
151275	19/6/2024	01:22:18	25.96
151323	19/6/2024	01:27:06	25.61
151424	19/6/2024	01:37:12	25.96
151512	19/6/2024	01:46:00	25.61
151568	19/6/2024	01:51:36	25.96
151688	19/6/2024	02:03:36	25.37
151691	19/6/2024	02:03:54	25.37
151736	19/6/2024	02:08:24	25.96

151784	19/6/2024	02:13:12	25.96
151808	19/6/2024	02:15:36	25.72
151835	19/6/2024	02:18:18	25.49
151859	19/6/2024	02:20:42	25.84
151879	19/6/2024	02:22:42	25.49
151899	19/6/2024	02:24:42	26.08
151953	19/6/2024	02:30:06	25.49
152001	19/6/2024	02:34:54	25.49
152031	19/6/2024	02:37:54	25.96
152055	19/6/2024	02:40:18	25.72
152088	19/6/2024	02:43:36	25.49
152112	19/6/2024	02:46:00	25.96
152142	19/6/2024	02:49:00	25.49
267366	26/6/2024	02:51:24	25.96
267390	26/6/2024	02:53:48	25.84
267411	26/6/2024	02:55:54	25.84
267432	26/6/2024	02:58:00	25.84
267468	26/6/2024	03:01:36	25.84
267492	26/6/2024	03:04:00	25.84
267516	26/6/2024	03:06:24	25.84
267540	26/6/2024	03:08:48	25.84
267564	26/6/2024	03:11:12	25.84
267618	26/6/2024	03:16:36	25.84
267684	26/6/2024	03:23:12	25.84
268156	26/6/2024	04:10:24	25.84
268417	26/6/2024	04:36:30	25.96
268765	26/6/2024	05:11:18	25.84
269025	26/6/2024	05:37:18	25.84
269199	26/6/2024	05:54:42	25.84
269201	26/6/2024	05:54:54	25.84
273602	26/6/2024	13:15:00	24.54
274122	26/6/2024	14:07:00	24.43
276034	26/6/2024	17:18:12	23.72
276818	26/6/2024	18:36:36	23.48
277685	26/6/2024	20:03:18	23.36
278988	26/6/2024	22:13:36	24.19
279944	26/6/2024	23:49:12	25.37
280553	27/6/2024	00:50:06	25.84
280814	27/6/2024	01:16:12	25.84
280851	27/6/2024	01:19:54	25.84
280860	27/6/2024	01:20:48	25.84
280863	27/6/2024	01:21:06	25.84
280866	27/6/2024	01:21:24	25.84
280869	27/6/2024	01:21:42	25.84
280872	27/6/2024	01:22:00	25.84
280875	27/6/2024	01:22:18	25.96
280923	27/6/2024	01:27:06	25.84



281024	27/6/2024	01:37:12	25.84
281112	27/6/2024	01:46:00	25.84
281168	27/6/2024	01:51:36	25.84
281288	27/6/2024	02:03:36	25.84
281291	27/6/2024	02:03:54	25.84
281336	27/6/2024	02:08:24	25.84
288002	27/6/2024	13:15:00	25.49
288522	27/6/2024	14:07:00	25.37
290434	27/6/2024	17:18:12	24.54
291218	27/6/2024	18:36:36	25.61
292085	27/6/2024	20:03:18	24.66
293388	27/6/2024	22:13:36	23.01
294344	27/6/2024	23:49:12	22.07
294953	27/6/2024	00:50:06	21.59
295214	27/6/2024	01:16:12	21.83
295251	27/6/2024	01:19:54	21.71
295260	27/6/2024	01:20:48	21.71
295263	27/6/2024	01:21:06	21.71
295266	27/6/2024	01:21:24	21.71
295269	27/6/2024	01:21:42	21.71
295272	27/6/2024	01:22:00	21.71
295275	27/6/2024	01:22:18	21.71
295323	27/6/2024	01:27:06	21.59
295424	27/6/2024	01:37:12	21.48
295512	27/6/2024	01:46:00	21.48
295568	27/6/2024	01:51:36	21.71
295688	27/6/2024	02:03:36	21.59
309824	28/6/2024	01:37:12	25.61
309912	28/6/2024	01:46:00	25.49
309968	28/6/2024	01:51:36	25.25
310088	28/6/2024	02:03:36	25.13
310091	28/6/2024	02:03:54	25.13
310136	28/6/2024	02:08:24	25.25
310184	28/6/2024	02:13:12	25.25
310208	28/6/2024	02:15:36	25.37
310235	28/6/2024	02:18:18	25.37
310259	28/6/2024	02:20:42	25.37
310279	28/6/2024	02:22:42	25.37
310299	28/6/2024	02:24:42	25.25
310353	28/6/2024	02:30:06	25.13
310401	28/6/2024	02:34:54	24.90
310431	28/6/2024	02:37:54	24.78
310455	28/6/2024	02:40:18	24.78
310488	28/6/2024	02:43:36	24.66

310512	28/6/2024	02:46:00	24.66
310542	28/6/2024	02:49:00	24.66
310566	28/6/2024	02:51:24	24.66
310590	28/6/2024	02:53:48	24.78
310611	28/6/2024	02:55:54	24.78
310632	28/6/2024	02:58:00	24.78
310668	28/6/2024	03:01:36	24.78
310692	28/6/2024	03:04:00	24.78
310716	28/6/2024	03:06:24	24.78
310740	28/6/2024	03:08:48	24.66
310764	28/6/2024	03:11:12	24.66
310818	28/6/2024	03:16:36	24.43
310884	28/6/2024	03:23:12	24.43
311356	28/6/2024	04:10:24	23.95
311617	28/6/2024	04:36:30	24.19
311965	28/6/2024	05:11:18	23.60
312225	28/6/2024	05:37:18	23.84
312399	28/6/2024	05:54:42	23.60
312401	28/6/2024	05:54:54	23.48
316802	28/6/2024	13:15:00	21.12
317322	28/6/2024	14:07:00	21.00
353712	1/7/2024	02:46:00	21.48
353742	1/7/2024	02:49:00	21.36
353766	1/7/2024	02:51:24	21.36
353790	1/7/2024	02:53:48	21.48
353811	1/7/2024	02:55:54	21.59
353832	1/7/2024	02:58:00	21.59
353868	1/7/2024	03:01:36	21.59
353892	1/7/2024	03:04:00	21.59
353916	1/7/2024	03:06:24	21.48
353940	1/7/2024	03:08:48	21.48
353964	1/7/2024	03:11:12	21.36
354018	1/7/2024	03:16:36	21.24
354084	1/7/2024	03:23:12	21.36
354556	1/7/2024	04:10:24	21.36
354817	1/7/2024	04:36:30	21.48
355165	1/7/2024	05:11:18	21.36
355425	1/7/2024	05:37:18	21.24
355599	1/7/2024	05:54:42	21.24
355601	1/7/2024	05:54:54	21.24
360002	1/7/2024	13:15:00	24.31
360522	1/7/2024	14:07:00	24.78
362434	1/7/2024	17:18:12	25.84
363218	1/7/2024	18:36:36	25.96

### Anexo 6. Tabla de muestra de datos aleatorio para la Humedad ambiente

N°	FECHA	HORA	Humedad ambiente %
1	10/6/2024	13:15:00	65%
16	10/6/2024	13:16:30	67%
23	10/6/2024	13:17:12	67%
40	10/6/2024	13:18:54	56%
45	10/6/2024	13:19:24	57%
50	10/6/2024	13:19:54	61%
55	10/6/2024	13:20:24	61%
60	10/6/2024	13:20:54	61%
65	10/6/2024	13:21:24	54%
70	10/6/2024	13:21:54	55%
75	10/6/2024	13:22:24	59%
80	10/6/2024	13:22:54	59%
97	10/6/2024	13:24:36	55%
102	10/6/2024	13:25:06	56%
107	10/6/2024	13:25:36	54%
172	10/6/2024	13:32:06	69%
177	10/6/2024	13:32:36	70%
200	10/6/2024	13:34:54	69%
220	10/6/2024	13:36:54	71%
234	10/6/2024	13:38:18	70%
239	10/6/2024	13:38:48	70%
244	10/6/2024	13:39:18	71%
249	10/6/2024	13:39:48	71%
275	10/6/2024	13:42:24	71%
298	10/6/2024	13:44:42	71%
315	10/6/2024	13:46:24	70%
335	10/6/2024	13:48:24	69%
361	10/6/2024	13:51:00	69%
372	10/6/2024	13:52:06	70%
395	10/6/2024	13:54:24	70%
415	10/6/2024	13:56:24	69%
477	10/6/2024	14:02:36	70%
509	10/6/2024	14:05:48	70%
544	10/6/2024	14:09:18	71%
579	10/6/2024	14:12:48	70%
599	10/6/2024	14:14:48	71%
640	10/6/2024	14:18:54	70%
672	10/6/2024	14:22:06	70%
707	10/6/2024	14:25:36	71%
733	10/6/2024	14:28:12	71%
753	10/6/2024	14:30:12	70%
785	10/6/2024	14:33:24	71%
805	10/6/2024	14:35:24	70%
828	10/6/2024	14:37:42	70%
848	10/6/2024	14:39:42	69%
868	10/6/2024	14:41:42	71%
900	10/6/2024	14:44:54	69%
929	10/6/2024	14:47:48	69%
949	10/6/2024	14:49:48	71%
981	10/6/2024	14:53:00	69%
1028	10/6/2024	14:57:42	71%
1114	10/6/2024	15:06:18	68%
1164	10/6/2024	15:11:18	71%
1199	10/6/2024	15:14:48	69%
1246	10/6/2024	15:19:30	71%

1293	10/6/2024	15:24:12	70%
1328	10/6/2024	15:27:42	71%
1418	10/6/2024	15:36:42	70%
1469	10/6/2024	15:41:48	69%
1513	10/6/2024	15:46:12	71%
1828	10/6/2024	16:17:42	70%
2696	10/6/2024	17:44:30	70%
3043	10/6/2024	18:19:12	70%
3564	10/6/2024	19:11:18	71%
4521	10/6/2024	20:47:00	70%
5301	10/6/2024	22:05:00	69%
5836	10/6/2024	22:58:30	71%
6084	10/6/2024	23:23:18	69%
6430	10/6/2024	23:57:54	71%
6564	11/6/2024	00:11:18	71%
6690	11/6/2024	00:23:54	70%
7302	11/6/2024	01:25:06	70%
7339	11/6/2024	01:28:48	70%
7407	11/6/2024	01:35:36	69%
7444	11/6/2024	01:39:18	70%
7572	11/6/2024	01:52:06	70%
7694	11/6/2024	02:04:18	70%
7817	11/6/2024	02:16:36	70%
7856	11/6/2024	02:20:30	70%
7946	11/6/2024	02:29:30	69%
8015	11/6/2024	02:36:24	70%
8081	11/6/2024	02:43:00	69%
8165	11/6/2024	02:51:24	69%
8267	11/6/2024	03:01:36	71%
8369	11/6/2024	03:11:48	70%
8441	11/6/2024	03:19:00	70%
8498	11/6/2024	03:24:42	70%
8537	11/6/2024	03:28:36	71%
8591	11/6/2024	03:34:00	71%
8651	11/6/2024	03:40:00	69%
8700	11/6/2024	03:44:54	71%
8737	11/6/2024	03:48:36	70%
8789	11/6/2024	03:53:48	70%
8831	11/6/2024	03:58:00	71%
8882	11/6/2024	04:03:06	70%
8936	11/6/2024	04:08:30	70%
14761	11/6/2024	13:51:00	70%
14772	11/6/2024	13:52:06	71%
14795	11/6/2024	13:54:24	70%
14815	11/6/2024	13:56:24	70%
14877	11/6/2024	14:02:36	71%
14909	11/6/2024	14:05:48	71%
14944	11/6/2024	14:09:18	70%
14979	11/6/2024	14:12:48	70%
14999	11/6/2024	14:14:48	70%
15040	11/6/2024	14:18:54	71%
15072	11/6/2024	14:22:06	71%
15107	11/6/2024	14:25:36	70%
15133	11/6/2024	14:28:12	70%
15153	11/6/2024	14:30:12	71%
15185	11/6/2024	14:33:24	69%



15205	11/6/2024	14:35:24	71%
15228	11/6/2024	14:37:42	71%
15248	11/6/2024	14:39:42	70%
15268	11/6/2024	14:41:42	70%
15300	11/6/2024	14:44:54	70%
15329	11/6/2024	14:47:48	70%
15349	11/6/2024	14:49:48	70%
15381	11/6/2024	14:53:00	70%
15428	11/6/2024	14:57:42	69%
15514	11/6/2024	15:06:18	70%
15564	11/6/2024	15:11:18	70%
15599	11/6/2024	15:14:48	70%
15646	11/6/2024	15:19:30	70%
15693	11/6/2024	15:24:12	71%
15728	11/6/2024	15:27:42	70%
15818	11/6/2024	15:36:42	70%
15869	11/6/2024	15:41:48	70%
15913	11/6/2024	15:46:12	69%
16228	11/6/2024	16:17:42	71%
17096	11/6/2024	17:44:30	71%
17443	11/6/2024	18:19:12	71%
17964	11/6/2024	19:11:18	69%
18921	11/6/2024	20:47:00	70%
19701	11/6/2024	22:05:00	70%
20236	11/6/2024	22:58:30	70%
20484	11/6/2024	23:23:18	70%
20830	11/6/2024	23:57:54	70%
20964	12/6/2024	00:11:18	70%
21090	12/6/2024	00:23:54	71%
21702	12/6/2024	01:25:06	70%
21739	12/6/2024	01:28:48	71%
21807	12/6/2024	01:35:36	70%
21844	12/6/2024	01:39:18	71%
21972	12/6/2024	01:52:06	70%
22094	12/6/2024	02:04:18	69%
22217	12/6/2024	02:16:36	70%
22256	12/6/2024	02:20:30	69%
22346	12/6/2024	02:29:30	70%
22415	12/6/2024	02:36:24	71%
22481	12/6/2024	02:43:00	70%
22565	12/6/2024	02:51:24	70%
22667	12/6/2024	03:01:36	70%
22769	12/6/2024	03:11:48	69%
22841	12/6/2024	03:19:00	70%
22898	12/6/2024	03:24:42	71%
22937	12/6/2024	03:28:36	70%
22991	12/6/2024	03:34:00	70%
23051	12/6/2024	03:40:00	70%
23100	12/6/2024	03:44:54	70%
23137	12/6/2024	03:48:36	70%
23189	12/6/2024	03:53:48	70%
23231	12/6/2024	03:58:00	69%
23282	12/6/2024	04:03:06	69%
23336	12/6/2024	04:08:30	69%
23387	12/6/2024	04:13:36	71%
23426	12/6/2024	04:17:30	70%
23471	12/6/2024	04:22:00	69%
23492	12/6/2024	04:24:06	71%
23591	12/6/2024	04:34:00	70%

23667	12/6/2024	04:41:36	70%
23710	12/6/2024	04:45:54	71%
23753	12/6/2024	04:50:12	70%
23774	12/6/2024	04:52:18	70%
23813	12/6/2024	04:56:12	70%
23915	12/6/2024	05:06:24	70%
24017	12/6/2024	05:16:36	70%
24071	12/6/2024	05:22:00	70%
24140	12/6/2024	05:28:54	71%
24179	12/6/2024	05:32:48	70%
24236	12/6/2024	05:38:30	70%
24269	12/6/2024	05:41:48	70%
24308	12/6/2024	05:45:42	69%
24347	12/6/2024	05:49:36	70%
24386	12/6/2024	05:53:30	71%
24398	12/6/2024	05:54:42	70%
28801	12/6/2024	13:15:00	70%
28816	12/6/2024	13:16:30	68%
28823	12/6/2024	13:17:12	70%
28840	12/6/2024	13:18:54	71%
28845	12/6/2024	13:19:24	69%
28850	12/6/2024	13:19:54	70%
28855	12/6/2024	13:20:24	70%
29999	12/6/2024	15:14:48	71%
30046	12/6/2024	15:19:30	70%
30093	12/6/2024	15:24:12	70%
30128	12/6/2024	15:27:42	70%
30218	12/6/2024	15:36:42	71%
30269	12/6/2024	15:41:48	71%
30313	12/6/2024	15:46:12	70%
30628	12/6/2024	16:17:42	69%
31496	12/6/2024	17:44:30	70%
31843	12/6/2024	18:19:12	69%
32364	12/6/2024	19:11:18	70%
33321	12/6/2024	20:47:00	71%
34101	12/6/2024	22:05:00	71%
34636	12/6/2024	22:58:30	70%
34884	12/6/2024	23:23:18	71%
35230	12/6/2024	23:57:54	70%
35364	13/6/2024	00:11:18	70%
35490	13/6/2024	00:23:54	70%
36102	13/6/2024	01:25:06	71%
36139	13/6/2024	01:28:48	70%
36207	13/6/2024	01:35:36	71%
36244	13/6/2024	01:39:18	69%
36372	13/6/2024	01:52:06	71%
36494	13/6/2024	02:04:18	70%
36617	13/6/2024	02:16:36	71%
36656	13/6/2024	02:20:30	70%
36746	13/6/2024	02:29:30	70%
36815	13/6/2024	02:36:24	70%
36881	13/6/2024	02:43:00	70%
36965	13/6/2024	02:51:24	71%
37067	13/6/2024	03:01:36	70%
37169	13/6/2024	03:11:48	70%
37241	13/6/2024	03:19:00	69%
37298	13/6/2024	03:24:42	69%
37337	13/6/2024	03:28:36	70%
37391	13/6/2024	03:34:00	70%

72868	14/6/2024	14:41:42	70%
72900	14/6/2024	14:44:54	71%
72929	14/6/2024	14:47:48	71%
72949	14/6/2024	14:49:48	70%
72981	14/6/2024	14:53:00	71%
73028	14/6/2024	14:57:42	70%
73114	14/6/2024	15:06:18	70%
73164	14/6/2024	15:11:18	70%
73199	14/6/2024	15:14:48	71%
73246	14/6/2024	15:19:30	70%
73293	14/6/2024	15:24:12	70%
73328	14/6/2024	15:27:42	70%
73418	14/6/2024	15:36:42	71%
73469	14/6/2024	15:41:48	71%
73513	14/6/2024	15:46:12	70%
81191	14/6/2024	04:34:00	71%
81267	14/6/2024	04:41:36	70%
81310	14/6/2024	04:45:54	70%
81353	14/6/2024	04:50:12	71%
81374	14/6/2024	04:52:18	70%
81413	14/6/2024	04:56:12	69%
81515	14/6/2024	05:06:24	71%
81617	14/6/2024	05:16:36	70%
81671	14/6/2024	05:22:00	70%
81740	14/6/2024	05:28:54	69%
81779	14/6/2024	05:32:48	70%
81836	14/6/2024	05:38:30	70%
81869	14/6/2024	05:41:48	71%
81908	14/6/2024	05:45:42	70%
81947	14/6/2024	05:49:36	71%
81986	14/6/2024	05:53:30	70%
81998	14/6/2024	05:54:42	70%
86401	14/6/2024	13:15:00	71%
86416	14/6/2024	13:16:30	70%
86423	14/6/2024	13:17:12	70%
86440	14/6/2024	13:18:54	70%
86445	14/6/2024	13:19:24	70%
86450	14/6/2024	13:19:54	70%
86455	14/6/2024	13:20:24	71%
86460	14/6/2024	13:20:54	71%
86465	14/6/2024	13:21:24	69%
86470	14/6/2024	13:21:54	70%
86475	14/6/2024	13:22:24	70%
86480	14/6/2024	13:22:54	70%
86497	14/6/2024	13:24:36	70%
86502	14/6/2024	13:25:06	70%
86507	14/6/2024	13:25:36	70%
86572	14/6/2024	13:32:06	69%
86577	14/6/2024	13:32:36	70%
86600	14/6/2024	13:34:54	69%
86620	14/6/2024	13:36:54	71%
86634	14/6/2024	13:38:18	70%
86639	14/6/2024	13:38:48	70%
86644	14/6/2024	13:39:18	71%
86649	14/6/2024	13:39:48	71%
86675	14/6/2024	13:42:24	71%
86698	14/6/2024	13:44:42	71%
86715	14/6/2024	13:46:24	70%
86735	14/6/2024	13:48:24	69%

86761	14/6/2024	13:51:00	69%
86772	14/6/2024	13:52:06	70%
86795	14/6/2024	13:54:24	70%
86815	14/6/2024	13:56:24	69%
86877	14/6/2024	14:02:36	70%
86909	14/6/2024	14:05:48	70%
86944	14/6/2024	14:09:18	71%
86979	14/6/2024	14:12:48	70%
86999	14/6/2024	14:14:48	71%
87040	14/6/2024	14:18:54	70%
87072	14/6/2024	14:22:06	70%
87107	14/6/2024	14:25:36	71%
87133	14/6/2024	14:28:12	71%
87153	14/6/2024	14:30:12	70%
87185	14/6/2024	14:33:24	71%
87205	14/6/2024	14:35:24	70%
87228	14/6/2024	14:37:42	70%
87248	14/6/2024	14:39:42	69%
87268	14/6/2024	14:41:42	71%
87300	14/6/2024	14:44:54	69%
87329	14/6/2024	14:47:48	69%
87349	14/6/2024	14:49:48	71%
87381	14/6/2024	14:53:00	69%
87428	14/6/2024	14:57:42	71%
87514	14/6/2024	15:06:18	68%
87564	14/6/2024	15:11:18	71%
87599	14/6/2024	15:14:48	69%
87646	14/6/2024	15:19:30	71%
87693	14/6/2024	15:24:12	70%
87728	14/6/2024	15:27:42	71%
87818	14/6/2024	15:36:42	70%
87869	14/6/2024	15:41:48	69%
87913	14/6/2024	15:46:12	71%
88228	14/6/2024	16:17:42	70%
89096	14/6/2024	17:44:30	70%
89443	14/6/2024	18:19:12	70%
89964	14/6/2024	19:11:18	71%
90921	14/6/2024	20:47:00	70%
91701	14/6/2024	22:05:00	69%
92236	14/6/2024	22:58:30	71%
92484	14/6/2024	23:23:18	69%
92830	14/6/2024	23:57:54	71%
92964	15/6/2024	00:11:18	71%
93090	15/6/2024	00:23:54	70%
93702	15/6/2024	01:25:06	70%
93739	15/6/2024	01:28:48	70%
93807	15/6/2024	01:35:36	69%
93844	15/6/2024	01:39:18	70%
93972	15/6/2024	01:52:06	70%
94094	15/6/2024	02:04:18	70%
94217	15/6/2024	02:16:36	70%
94256	15/6/2024	02:20:30	70%
100840	15/6/2024	13:18:54	70%
100845	15/6/2024	13:19:24	71%
100850	15/6/2024	13:19:54	71%
100855	15/6/2024	13:20:24	69%
100860	15/6/2024	13:20:54	70%
100865	15/6/2024	13:21:24	70%
100870	15/6/2024	13:21:54	70%

100875	15/6/2024	13:22:24	71%
100880	15/6/2024	13:22:54	69%
100897	15/6/2024	13:24:36	70%
144060	18/6/2024	13:20:54	70%
144065	18/6/2024	13:21:24	70%
144070	18/6/2024	13:21:54	70%
144075	18/6/2024	13:22:24	71%
144080	18/6/2024	13:22:54	69%
144097	18/6/2024	13:24:36	70%
144102	18/6/2024	13:25:06	71%
144107	18/6/2024	13:25:36	69%
144172	18/6/2024	13:32:06	70%
144177	18/6/2024	13:32:36	70%
144200	18/6/2024	13:34:54	70%
144220	18/6/2024	13:36:54	70%
144234	18/6/2024	13:38:18	71%
144239	18/6/2024	13:38:48	71%
144244	18/6/2024	13:39:18	69%
144249	18/6/2024	13:39:48	70%
144275	18/6/2024	13:42:24	70%
144298	18/6/2024	13:44:42	69%
144315	18/6/2024	13:46:24	71%
144335	18/6/2024	13:48:24	70%
144361	18/6/2024	13:51:00	70%
144372	18/6/2024	13:52:06	71%
144395	18/6/2024	13:54:24	70%
144415	18/6/2024	13:56:24	70%
144477	18/6/2024	14:02:36	71%
144509	18/6/2024	14:05:48	71%
150430	18/6/2024	23:57:54	70%
150564	19/6/2024	00:11:18	70%
150690	19/6/2024	00:23:54	71%
151302	19/6/2024	01:25:06	70%
151339	19/6/2024	01:28:48	71%
151407	19/6/2024	01:35:36	70%
151444	19/6/2024	01:39:18	71%
151572	19/6/2024	01:52:06	70%
151694	19/6/2024	02:04:18	69%
151817	19/6/2024	02:16:36	70%
151856	19/6/2024	02:20:30	69%
151946	19/6/2024	02:29:30	70%
152015	19/6/2024	02:36:24	71%
152081	19/6/2024	02:43:00	70%
152165	19/6/2024	02:51:24	70%
152267	19/6/2024	03:01:36	70%
152369	19/6/2024	03:11:48	69%
152441	19/6/2024	03:19:00	70%
152498	19/6/2024	03:24:42	71%
152537	19/6/2024	03:28:36	70%
152591	19/6/2024	03:34:00	70%
152651	19/6/2024	03:40:00	70%
152700	19/6/2024	03:44:54	70%
152737	19/6/2024	03:48:36	70%
152789	19/6/2024	03:53:48	70%
152831	19/6/2024	03:58:00	69%
152882	19/6/2024	04:03:06	69%
152936	19/6/2024	04:08:30	69%
152987	19/6/2024	04:13:36	71%
153026	19/6/2024	04:17:30	70%

153071	19/6/2024	04:22:00	69%
153092	19/6/2024	04:24:06	71%
153191	19/6/2024	04:34:00	70%
153267	19/6/2024	04:41:36	70%
153310	19/6/2024	04:45:54	71%
153353	19/6/2024	04:50:12	70%
153374	19/6/2024	04:52:18	70%
153413	19/6/2024	04:56:12	70%
153515	19/6/2024	05:06:24	70%
153617	19/6/2024	05:16:36	70%
153671	19/6/2024	05:22:00	70%
153740	19/6/2024	05:28:54	71%
153779	19/6/2024	05:32:48	70%
153836	19/6/2024	05:38:30	70%
153869	19/6/2024	05:41:48	70%
153908	19/6/2024	05:45:42	69%
153947	19/6/2024	05:49:36	70%
153986	19/6/2024	05:53:30	71%
153998	19/6/2024	05:54:42	70%
158401	19/6/2024	13:15:00	70%
158416	19/6/2024	13:16:30	68%
158423	19/6/2024	13:17:12	70%
158440	19/6/2024	13:18:54	71%
158445	19/6/2024	13:19:24	69%
158450	19/6/2024	13:19:54	70%
158455	19/6/2024	13:20:24	70%
158460	19/6/2024	13:20:54	70%
158465	19/6/2024	13:21:24	71%
158470	19/6/2024	13:21:54	68%
158475	19/6/2024	13:22:24	70%
158480	19/6/2024	13:22:54	70%
158497	19/6/2024	13:24:36	68%
158502	19/6/2024	13:25:06	70%
158507	19/6/2024	13:25:36	70%
158572	19/6/2024	13:32:06	71%
158577	19/6/2024	13:32:36	71%
158600	19/6/2024	13:34:54	71%
158620	19/6/2024	13:36:54	70%
158634	19/6/2024	13:38:18	69%
158639	19/6/2024	13:38:48	70%
158644	19/6/2024	13:39:18	70%
158649	19/6/2024	13:39:48	70%
158675	19/6/2024	13:42:24	70%
158698	19/6/2024	13:44:42	70%
158715	19/6/2024	13:46:24	69%
158735	19/6/2024	13:48:24	71%
158761	19/6/2024	13:51:00	71%
158772	19/6/2024	13:52:06	70%
158795	19/6/2024	13:54:24	69%
158815	19/6/2024	13:56:24	71%
158877	19/6/2024	14:02:36	69%
158909	19/6/2024	14:05:48	70%
158944	19/6/2024	14:09:18	70%
158979	19/6/2024	14:12:48	71%
158999	19/6/2024	14:14:48	70%
159040	19/6/2024	14:18:54	69%
159072	19/6/2024	14:22:06	70%
159107	19/6/2024	14:25:36	70%
159133	19/6/2024	14:28:12	70%



159153	19/6/2024	14:30:12	70%
159185	19/6/2024	14:33:24	70%
159205	19/6/2024	14:35:24	70%
159228	19/6/2024	14:37:42	69%
159248	19/6/2024	14:39:42	71%
159268	19/6/2024	14:41:42	70%
166769	20/6/2024	03:11:48	70%
166841	20/6/2024	03:19:00	69%
166898	20/6/2024	03:24:42	69%
166937	20/6/2024	03:28:36	70%
166991	20/6/2024	03:34:00	70%
167051	20/6/2024	03:40:00	71%
167100	20/6/2024	03:44:54	70%
167137	20/6/2024	03:48:36	68%
167189	20/6/2024	03:53:48	71%
167231	20/6/2024	03:58:00	70%
167282	20/6/2024	04:03:06	70%
167336	20/6/2024	04:08:30	70%
167387	20/6/2024	04:13:36	70%
167426	20/6/2024	04:17:30	70%
167471	20/6/2024	04:22:00	70%
167492	20/6/2024	04:24:06	69%
167591	20/6/2024	04:34:00	71%
167667	20/6/2024	04:41:36	70%
167710	20/6/2024	04:45:54	70%
167753	20/6/2024	04:50:12	71%
167774	20/6/2024	04:52:18	70%
167813	20/6/2024	04:56:12	69%
167915	20/6/2024	05:06:24	71%
168017	20/6/2024	05:16:36	70%
168071	20/6/2024	05:22:00	70%
168140	20/6/2024	05:28:54	69%
168179	20/6/2024	05:32:48	70%
168236	20/6/2024	05:38:30	70%
168269	20/6/2024	05:41:48	71%
168308	20/6/2024	05:45:42	70%
168347	20/6/2024	05:49:36	71%
168386	20/6/2024	05:53:30	70%
168398	20/6/2024	05:54:42	70%
172801	20/6/2024	13:15:00	71%
172816	20/6/2024	13:16:30	70%
172823	20/6/2024	13:17:12	70%
172840	20/6/2024	13:18:54	70%
172845	20/6/2024	13:19:24	70%
172850	20/6/2024	13:19:54	70%
172855	20/6/2024	13:20:24	71%
172860	20/6/2024	13:20:54	71%
172865	20/6/2024	13:21:24	69%
172870	20/6/2024	13:21:54	70%
172875	20/6/2024	13:22:24	70%
172880	20/6/2024	13:22:54	70%
172897	20/6/2024	13:24:36	70%
172902	20/6/2024	13:25:06	70%
172907	20/6/2024	13:25:36	70%
172972	20/6/2024	13:32:06	69%
172977	20/6/2024	13:32:36	70%
173000	20/6/2024	13:34:54	69%
173020	20/6/2024	13:36:54	71%
173034	20/6/2024	13:38:18	70%

173039	20/6/2024	13:38:48	70%
173044	20/6/2024	13:39:18	71%
173049	20/6/2024	13:39:48	71%
173075	20/6/2024	13:42:24	71%
173098	20/6/2024	13:44:42	71%
173115	20/6/2024	13:46:24	70%
173135	20/6/2024	13:48:24	69%
173161	20/6/2024	13:51:00	69%
173172	20/6/2024	13:52:06	70%
173195	20/6/2024	13:54:24	70%
173215	20/6/2024	13:56:24	69%
173277	20/6/2024	14:02:36	70%
173309	20/6/2024	14:05:48	70%
173344	20/6/2024	14:09:18	71%
173379	20/6/2024	14:12:48	70%
173399	20/6/2024	14:14:48	71%
173440	20/6/2024	14:18:54	70%
173472	20/6/2024	14:22:06	70%
173507	20/6/2024	14:25:36	71%
173533	20/6/2024	14:28:12	71%
173553	20/6/2024	14:30:12	70%
173585	20/6/2024	14:33:24	71%
173605	20/6/2024	14:35:24	70%
173628	20/6/2024	14:37:42	70%
173648	20/6/2024	14:39:42	69%
173668	20/6/2024	14:41:42	71%
173700	20/6/2024	14:44:54	69%
173729	20/6/2024	14:47:48	69%
173749	20/6/2024	14:49:48	71%
173781	20/6/2024	14:53:00	69%
173828	20/6/2024	14:57:42	71%
173914	20/6/2024	15:06:18	68%
173964	20/6/2024	15:11:18	71%
173999	20/6/2024	15:14:48	69%
174046	20/6/2024	15:19:30	71%
174093	20/6/2024	15:24:12	70%
181826	21/6/2024	04:17:30	69%
181871	21/6/2024	04:22:00	70%
181892	21/6/2024	04:24:06	70%
181991	21/6/2024	04:34:00	69%
182067	21/6/2024	04:41:36	71%
182110	21/6/2024	04:45:54	70%
182153	21/6/2024	04:50:12	69%
182174	21/6/2024	04:52:18	71%
182213	21/6/2024	04:56:12	70%
182315	21/6/2024	05:06:24	69%
182417	21/6/2024	05:16:36	71%
182471	21/6/2024	05:22:00	71%
182540	21/6/2024	05:28:54	70%
182579	21/6/2024	05:32:48	71%
182636	21/6/2024	05:38:30	69%
182669	21/6/2024	05:41:48	70%
182708	21/6/2024	05:45:42	70%
182747	21/6/2024	05:49:36	69%
182786	21/6/2024	05:53:30	70%
182798	21/6/2024	05:54:42	69%
187201	21/6/2024	13:15:00	69%
187216	21/6/2024	13:16:30	70%
187223	21/6/2024	13:17:12	71%



187240	21/6/2024	13:18:54	70%
210431	22/6/2024	03:58:00	70%
210482	22/6/2024	04:03:06	70%
210536	22/6/2024	04:08:30	70%
210587	22/6/2024	04:13:36	70%
210626	22/6/2024	04:17:30	70%
210671	22/6/2024	04:22:00	70%
210692	22/6/2024	04:24:06	69%
210791	22/6/2024	04:34:00	71%
210867	22/6/2024	04:41:36	70%
210910	22/6/2024	04:45:54	70%
210953	22/6/2024	04:50:12	71%
210974	22/6/2024	04:52:18	70%
211013	22/6/2024	04:56:12	69%
211115	22/6/2024	05:06:24	71%
211217	22/6/2024	05:16:36	70%
211271	22/6/2024	05:22:00	70%
211340	22/6/2024	05:28:54	69%
211379	22/6/2024	05:32:48	70%
211436	22/6/2024	05:38:30	70%
211469	22/6/2024	05:41:48	71%
211508	22/6/2024	05:45:42	70%
211547	22/6/2024	05:49:36	71%
211586	22/6/2024	05:53:30	70%
211598	22/6/2024	05:54:42	70%
216001	22/6/2024	13:15:00	71%
216016	22/6/2024	13:16:30	70%
216023	22/6/2024	13:17:12	70%
216040	22/6/2024	13:18:54	70%
216045	22/6/2024	13:19:24	70%
216050	22/6/2024	13:19:54	70%
216055	22/6/2024	13:20:24	71%
216060	22/6/2024	13:20:54	71%
216065	22/6/2024	13:21:24	69%
216070	22/6/2024	13:21:54	70%
216075	22/6/2024	13:22:24	70%
216080	22/6/2024	13:22:54	70%
217513	22/6/2024	15:46:12	71%
217828	22/6/2024	16:17:42	70%
219043	22/6/2024	18:19:12	70%
219564	22/6/2024	19:11:18	71%
220521	22/6/2024	20:47:00	70%
221301	22/6/2024	22:05:00	69%
221836	22/6/2024	22:58:30	71%
222084	22/6/2024	23:23:18	69%
222430	22/6/2024	23:57:54	71%
222564	23/6/2024	00:11:18	71%
222690	23/6/2024	00:23:54	70%
223302	23/6/2024	01:25:06	70%
223339	23/6/2024	01:28:48	70%
223407	23/6/2024	01:35:36	69%
223444	23/6/2024	01:39:18	70%
223572	23/6/2024	01:52:06	70%
223694	23/6/2024	02:04:18	70%
223817	23/6/2024	02:16:36	70%

223856	23/6/2024	02:20:30	70%
223946	23/6/2024	02:29:30	69%
224015	23/6/2024	02:36:24	70%
224081	23/6/2024	02:43:00	69%
224165	23/6/2024	02:51:24	69%
224267	23/6/2024	03:01:36	71%
224369	23/6/2024	03:11:48	70%
224441	23/6/2024	03:19:00	70%
224498	23/6/2024	03:24:42	70%
224537	23/6/2024	03:28:36	71%
224591	23/6/2024	03:34:00	71%
224651	23/6/2024	03:40:00	69%
224700	23/6/2024	03:44:54	71%
224789	23/6/2024	03:53:48	70%
224831	23/6/2024	03:58:00	71%
224882	23/6/2024	04:03:06	70%
224936	23/6/2024	04:08:30	70%
224987	23/6/2024	04:13:36	70%
225026	23/6/2024	04:17:30	69%
225071	23/6/2024	04:22:00	70%
225092	23/6/2024	04:24:06	70%
225191	23/6/2024	04:34:00	69%
225267	23/6/2024	04:41:36	71%
225310	23/6/2024	04:45:54	70%
225353	23/6/2024	04:50:12	69%
225374	23/6/2024	04:52:18	71%
225413	23/6/2024	04:56:12	70%
225515	23/6/2024	05:06:24	69%
225617	23/6/2024	05:16:36	71%
225671	23/6/2024	05:22:00	71%
225740	23/6/2024	05:28:54	70%
225779	23/6/2024	05:32:48	71%
225836	23/6/2024	05:38:30	69%
225869	23/6/2024	05:41:48	70%
225908	23/6/2024	05:45:42	70%
225947	23/6/2024	05:49:36	69%
225986	23/6/2024	05:53:30	70%
225998	23/6/2024	05:54:42	69%
230401	23/6/2024	13:15:00	69%
230416	23/6/2024	13:16:30	70%
230423	23/6/2024	13:17:12	71%
230440	23/6/2024	13:18:54	70%
230445	23/6/2024	13:19:24	71%
230450	23/6/2024	13:19:54	71%
230455	23/6/2024	13:20:24	69%
230460	23/6/2024	13:20:54	70%
230465	23/6/2024	13:21:24	70%
230470	23/6/2024	13:21:54	70%
230475	23/6/2024	13:22:24	71%
230480	23/6/2024	13:22:54	69%
230497	23/6/2024	13:24:36	70%
230502	23/6/2024	13:25:06	71%
230507	23/6/2024	13:25:36	69%
230572	23/6/2024	13:32:06	70%
363043	1/7/2024	18:19:12	71%

### Anexo 7. Tabla de muestra de datos aleatorio para la intensidad de luz UV ( $W/m^2$ )

N°	FECHA	HORA	Intensidad de luz UV W/m <sup>2</sup>
1	10/6/2024	13:15:00	4.89
16	10/6/2024	13:16:30	5.16
33	10/6/2024	13:18:12	5.14
41	10/6/2024	13:19:00	5.2
55	10/6/2024	13:20:24	5.22
71	10/6/2024	13:22:00	5.02
86	10/6/2024	13:23:30	5.1
99	10/6/2024	13:24:48	5.12
117	10/6/2024	13:26:36	4.87
136	10/6/2024	13:28:30	5.13
152	10/6/2024	13:30:06	5.28
170	10/6/2024	13:31:54	4.99
195	10/6/2024	13:34:24	5.19
215	10/6/2024	13:36:24	5.3
236	10/6/2024	13:38:30	5.04
269	10/6/2024	13:41:48	5.21
304	10/6/2024	13:45:18	5.21
340	10/6/2024	13:48:54	4.92
380	10/6/2024	13:52:54	5.21
417	10/6/2024	13:56:36	4.93
447	10/6/2024	13:59:36	4.98
476	10/6/2024	14:02:30	5.28
495	10/6/2024	14:04:24	4.99
546	10/6/2024	14:09:30	5.05
595	10/6/2024	14:14:24	5.09
638	10/6/2024	14:18:42	5.23
703	10/6/2024	14:25:12	4.94
753	10/6/2024	14:30:12	5.05
827	10/6/2024	14:37:36	5.3
876	10/6/2024	14:42:30	5.02
954	10/6/2024	14:50:18	5.29
1018	10/6/2024	14:56:42	4.91
1108	10/6/2024	15:05:42	5.3
1188	10/6/2024	15:13:42	5.2
1239	10/6/2024	15:18:48	5.29
1300	10/6/2024	15:24:54	4.99
1301	10/6/2024	15:25:00	5
1357	10/6/2024	15:30:36	5.2
1470	10/6/2024	15:41:54	4.94
1546	10/6/2024	15:49:30	4.99
1631	10/6/2024	15:58:00	5.09
1707	10/6/2024	16:05:36	5.07
1781	10/6/2024	16:13:00	4.86
1863	10/6/2024	16:21:12	5.19
1933	10/6/2024	16:28:12	4.89
2008	10/6/2024	16:35:42	4.8
2124	10/6/2024	16:47:18	5.15
2254	10/6/2024	17:00:18	5.17
2306	10/6/2024	17:05:30	5.26
2393	10/6/2024	17:14:12	5.09
2477	10/6/2024	17:22:36	4.91
2538	10/6/2024	17:28:42	4.95
2672	10/6/2024	17:42:06	5.14
2776	10/6/2024	17:52:30	5.07
2881	10/6/2024	18:03:00	5.06
2987	10/6/2024	18:13:36	5.17
3118	10/6/2024	18:26:42	5.15
3227	10/6/2024	18:37:36	4.8
3359	10/6/2024	18:50:48	5
3528	10/6/2024	19:07:42	5.27
3668	10/6/2024	19:21:42	5.27
3786	10/6/2024	19:33:30	5.03
3935	10/6/2024	19:48:24	4.99
4030	10/6/2024	19:57:54	4.81
4132	10/6/2024	20:08:06	5.06
4213	10/6/2024	20:16:12	4.99
4358	10/6/2024	20:30:42	4.81
4461	10/6/2024	20:41:00	5.01
4585	10/6/2024	20:53:24	4.89
4683	10/6/2024	21:03:12	5.1
4768	10/6/2024	21:11:42	4.82
4874	10/6/2024	21:22:18	5.13
5016	10/6/2024	21:36:30	4.88
5191	10/6/2024	21:54:00	5.14
5324	10/6/2024	22:07:18	5.06
5438	10/6/2024	22:18:42	5.26
5520	10/6/2024	22:26:54	5.12
5634	10/6/2024	22:38:18	5.04
5792	10/6/2024	22:54:06	5.1
5951	10/6/2024	23:10:00	5.04
6062	10/6/2024	23:21:06	4.95
6117	10/6/2024	23:26:36	5.21
6155	10/6/2024	23:30:24	4.93
6227	10/6/2024	23:37:36	5.03
6331	10/6/2024	23:48:00	4.89
6411	10/6/2024	23:56:00	4.92
6497	11/6/2024	00:04:36	4.94
6573	11/6/2024	00:12:12	5.27
6669	11/6/2024	00:21:48	5.01
6765	11/6/2024	00:31:24	4.84
6869	11/6/2024	00:41:48	5.12
6956	11/6/2024	00:50:30	5.2
7038	11/6/2024	00:58:42	5.3
7112	11/6/2024	01:06:06	4.83
7162	11/6/2024	01:11:06	5.06
7238	11/6/2024	01:18:42	4.8
7328	11/6/2024	01:27:42	4.98
7414	11/6/2024	01:36:18	5.26
15639	11/6/2024	15:18:48	4.93



15700	11/6/2024	15:24:54	4.82
15701	11/6/2024	15:25:00	5
15757	11/6/2024	15:30:36	4.98
15870	11/6/2024	15:41:54	5.19
15946	11/6/2024	15:49:30	4.84
16031	11/6/2024	15:58:00	5.19
16107	11/6/2024	16:05:36	5.22
17281	11/6/2024	18:03:00	4.92
17387	11/6/2024	18:13:36	5.19
17518	11/6/2024	18:26:42	5.3
17627	11/6/2024	18:37:36	5.06
17759	11/6/2024	18:50:48	4.92
17928	11/6/2024	19:07:42	4.94
18068	11/6/2024	19:21:42	5.01
18186	11/6/2024	19:33:30	5.13
18335	11/6/2024	19:48:24	4.96
18430	11/6/2024	19:57:54	5.16
18532	11/6/2024	20:08:06	5.08
18613	11/6/2024	20:16:12	4.99
18758	11/6/2024	20:30:42	4.95
18861	11/6/2024	20:41:00	5.1
18985	11/6/2024	20:53:24	5.2
19083	11/6/2024	21:03:12	5
19168	11/6/2024	21:11:42	4.84
20897	12/6/2024	00:04:36	4.8
20973	12/6/2024	00:12:12	5.28
21069	12/6/2024	00:21:48	5.29
21165	12/6/2024	00:31:24	5.12
21269	12/6/2024	00:41:48	4.93
21356	12/6/2024	00:50:30	5.08
21438	12/6/2024	00:58:42	5.22
21512	12/6/2024	01:06:06	4.88
21562	12/6/2024	01:11:06	5.3
21638	12/6/2024	01:18:42	5.23
21728	12/6/2024	01:27:42	4.83
21814	12/6/2024	01:36:18	5.13
21915	12/6/2024	01:46:24	4.97
22004	12/6/2024	01:55:18	4.88
22093	12/6/2024	02:04:12	5.23
22213	12/6/2024	02:16:12	4.98
22281	12/6/2024	02:23:00	5.27
22366	12/6/2024	02:31:30	5.2
22447	12/6/2024	02:39:36	4.88
22572	12/6/2024	02:52:06	5.22
22700	12/6/2024	03:04:54	4.86
22809	12/6/2024	03:15:48	5.12
22944	12/6/2024	03:29:18	5.23
23061	12/6/2024	03:41:00	4.84
23183	12/6/2024	03:53:12	5.05
23301	12/6/2024	04:05:00	4.98
23389	12/6/2024	04:13:48	5.05
23498	12/6/2024	04:24:42	4.84

23591	12/6/2024	04:34:00	5.1
23703	12/6/2024	04:45:12	5.03
23816	12/6/2024	04:56:30	5.01
23911	12/6/2024	05:06:00	4.88
24040	12/6/2024	05:18:54	5.19
24154	12/6/2024	05:30:18	5.1
24260	12/6/2024	05:40:54	5.07
24386	12/6/2024	05:53:30	5.02
24399	12/6/2024	05:54:48	5.12
28801	12/6/2024	13:15:00	4.82
28816	12/6/2024	13:16:30	4.89
28833	12/6/2024	13:18:12	4.93
28841	12/6/2024	13:19:00	5.22
28855	12/6/2024	13:20:24	5.08
28871	12/6/2024	13:22:00	4.89
28886	12/6/2024	13:23:30	5.08
28899	12/6/2024	13:24:48	5.04
28917	12/6/2024	13:26:36	5.26
28936	12/6/2024	13:28:30	5.08
28952	12/6/2024	13:30:06	4.8
29395	12/6/2024	14:14:24	5.12
29438	12/6/2024	14:18:42	5.09
29503	12/6/2024	14:25:12	5.19
29553	12/6/2024	14:30:12	5.04
29627	12/6/2024	14:37:36	4.87
29676	12/6/2024	14:42:30	4.86
29754	12/6/2024	14:50:18	4.8
29818	12/6/2024	14:56:42	5.02
29908	12/6/2024	15:05:42	4.99
29988	12/6/2024	15:13:42	5.02
30663	12/6/2024	16:21:12	4.93
30733	12/6/2024	16:28:12	4.83
30808	12/6/2024	16:35:42	5.14
36315	13/6/2024	01:46:24	5.19
36404	13/6/2024	01:55:18	5.12
36493	13/6/2024	02:04:12	5.22
36613	13/6/2024	02:16:12	5.25
36681	13/6/2024	02:23:00	4.94
36766	13/6/2024	02:31:30	5.16
36847	13/6/2024	02:39:36	5.04
36972	13/6/2024	02:52:06	4.98
37100	13/6/2024	03:04:54	4.96
37209	13/6/2024	03:15:48	5.2
37344	13/6/2024	03:29:18	5.27
37461	13/6/2024	03:41:00	4.93
37583	13/6/2024	03:53:12	4.94
37701	13/6/2024	04:05:00	5
37789	13/6/2024	04:13:48	5.21
37898	13/6/2024	04:24:42	5.03
37991	13/6/2024	04:34:00	5.11
38103	13/6/2024	04:45:12	5.02
38216	13/6/2024	04:56:30	4.91

78765	14/6/2024	00:31:24	5.09
78869	14/6/2024	00:41:48	4.91
78956	14/6/2024	00:50:30	4.89
79038	14/6/2024	00:58:42	5.2
79112	14/6/2024	01:06:06	5.19
79162	14/6/2024	01:11:06	5.08
79238	14/6/2024	01:18:42	5.27
79328	14/6/2024	01:27:42	4.91
79414	14/6/2024	01:36:18	4.85
79515	14/6/2024	01:46:24	5.23
79604	14/6/2024	01:55:18	5.22
79693	14/6/2024	02:04:12	4.97
79813	14/6/2024	02:16:12	5.25
79881	14/6/2024	02:23:00	4.96
79966	14/6/2024	02:31:30	4.98
80047	14/6/2024	02:39:36	5.22
80172	14/6/2024	02:52:06	5.28
80300	14/6/2024	03:04:54	4.96
80409	14/6/2024	03:15:48	4.92
80544	14/6/2024	03:29:18	4.93
80661	14/6/2024	03:41:00	5.1
80783	14/6/2024	03:53:12	5.28
80901	14/6/2024	04:05:00	4.83
80989	14/6/2024	04:13:48	4.89
81098	14/6/2024	04:24:42	5.08
81191	14/6/2024	04:34:00	5.1
81303	14/6/2024	04:45:12	5.16
81416	14/6/2024	04:56:30	5.23
81511	14/6/2024	05:06:00	5.2
81640	14/6/2024	05:18:54	5.2
81754	14/6/2024	05:30:18	5.14
81860	14/6/2024	05:40:54	5.23
81986	14/6/2024	05:53:30	5.14
81999	14/6/2024	05:54:48	4.8
86401	14/6/2024	13:15:00	4.92
86416	14/6/2024	13:16:30	5.27
86433	14/6/2024	13:18:12	4.96
86441	14/6/2024	13:19:00	4.82
86455	14/6/2024	13:20:24	5.04
86471	14/6/2024	13:22:00	5.25
86486	14/6/2024	13:23:30	4.88
86499	14/6/2024	13:24:48	4.93
86517	14/6/2024	13:26:36	5.03
86536	14/6/2024	13:28:30	4.86
86552	14/6/2024	13:30:06	5.22
86570	14/6/2024	13:31:54	5.12
86595	14/6/2024	13:34:24	5.26
86615	14/6/2024	13:36:24	4.8
86636	14/6/2024	13:38:30	4.81
86669	14/6/2024	13:41:48	5.17
93512	15/6/2024	01:06:06	4.92
93562	15/6/2024	01:11:06	5.17

93638	15/6/2024	01:18:42	4.84
93728	15/6/2024	01:27:42	5.07
93814	15/6/2024	01:36:18	4.84
93915	15/6/2024	01:46:24	4.83
94004	15/6/2024	01:55:18	4.87
94093	15/6/2024	02:04:12	5.03
94213	15/6/2024	02:16:12	4.8
94281	15/6/2024	02:23:00	5.15
94366	15/6/2024	02:31:30	4.99
94447	15/6/2024	02:39:36	4.92
94572	15/6/2024	02:52:06	4.89
94700	15/6/2024	03:04:54	5.17
94809	15/6/2024	03:15:48	4.91
94944	15/6/2024	03:29:18	5.24
95061	15/6/2024	03:41:00	4.93
95183	15/6/2024	03:53:12	5.11
95301	15/6/2024	04:05:00	4.87
95389	15/6/2024	04:13:48	5.04
95498	15/6/2024	04:24:42	4.87
95591	15/6/2024	04:34:00	5.14
101438	15/6/2024	14:18:42	4.81
101503	15/6/2024	14:25:12	5.05
101553	15/6/2024	14:30:12	5.11
101627	15/6/2024	14:37:36	4.9
101676	15/6/2024	14:42:30	4.88
101754	15/6/2024	14:50:18	4.93
101818	15/6/2024	14:56:42	5.29
101908	15/6/2024	15:05:42	5.02
101988	15/6/2024	15:13:42	5.06
102039	15/6/2024	15:18:48	4.9
102100	15/6/2024	15:24:54	4.85
102101	15/6/2024	15:25:00	5.16
102157	15/6/2024	15:30:36	4.97
102270	15/6/2024	15:41:54	5.17
102346	15/6/2024	15:49:30	4.8
102431	15/6/2024	15:58:00	5.04
102507	15/6/2024	16:05:36	5.17
102581	15/6/2024	16:13:00	5.3
102663	15/6/2024	16:21:12	5.29
102733	15/6/2024	16:28:12	5.23
102808	15/6/2024	16:35:42	4.85
102924	15/6/2024	16:47:18	4.88
103054	15/6/2024	17:00:18	5.25
103106	15/6/2024	17:05:30	5.16
103193	15/6/2024	17:14:12	5.21
103277	15/6/2024	17:22:36	4.95
103338	15/6/2024	17:28:42	5.06
103472	15/6/2024	17:42:06	5.04
103576	15/6/2024	17:52:30	5.23
103681	15/6/2024	18:03:00	5.16
103787	15/6/2024	18:13:36	4.91
103918	15/6/2024	18:26:42	4.94



104027	15/6/2024	18:37:36	4.9
104159	15/6/2024	18:50:48	5.02
104328	15/6/2024	19:07:42	5.21
104468	15/6/2024	19:21:42	4.8
104586	15/6/2024	19:33:30	4.87
104735	15/6/2024	19:48:24	4.85
104830	15/6/2024	19:57:54	4.95
104932	15/6/2024	20:08:06	5
105013	15/6/2024	20:16:12	5.2
105158	15/6/2024	20:30:42	4.99
105261	15/6/2024	20:41:00	4.84
105385	15/6/2024	20:53:24	5.06
105483	15/6/2024	21:03:12	5.1
105568	15/6/2024	21:11:42	5.02
105674	15/6/2024	21:22:18	4.97
105816	15/6/2024	21:36:30	4.83
105991	15/6/2024	21:54:00	4.98
106124	15/6/2024	22:07:18	4.81
106238	15/6/2024	22:18:42	5.17
106320	15/6/2024	22:26:54	5.25
106434	15/6/2024	22:38:18	5.29
106592	15/6/2024	22:54:06	4.98
106751	15/6/2024	23:10:00	4.88
106862	15/6/2024	23:21:06	4.82
106917	15/6/2024	23:26:36	4.91
106955	15/6/2024	23:30:24	5.06
107027	15/6/2024	23:37:36	5.13
107131	15/6/2024	23:48:00	4.99
107211	15/6/2024	23:56:00	5.23
107297	16/6/2024	00:04:36	4.81
107373	16/6/2024	00:12:12	5.04
107469	16/6/2024	00:21:48	4.83
107565	16/6/2024	00:31:24	5.2
107669	16/6/2024	00:41:48	5.26
107756	16/6/2024	00:50:30	5.26
107838	16/6/2024	00:58:42	5
107912	16/6/2024	01:06:06	5.27
107962	16/6/2024	01:11:06	5.09
108038	16/6/2024	01:18:42	4.9
108128	16/6/2024	01:27:42	5.14
108214	16/6/2024	01:36:18	4.93
108315	16/6/2024	01:46:24	4.85
108404	16/6/2024	01:55:18	5.25
108493	16/6/2024	02:04:12	5.26
108613	16/6/2024	02:16:12	4.92
108681	16/6/2024	02:23:00	5.16
108766	16/6/2024	02:31:30	4.83
108847	16/6/2024	02:39:36	5.26
108972	16/6/2024	02:52:06	4.88
109100	16/6/2024	03:04:54	5.05
109209	16/6/2024	03:15:48	5.05
109344	16/6/2024	03:29:18	5.26

109461	16/6/2024	03:41:00	5.27
109583	16/6/2024	03:53:12	5.1
109701	16/6/2024	04:05:00	4.96
109789	16/6/2024	04:13:48	4.87
109898	16/6/2024	04:24:42	5.18
109991	16/6/2024	04:34:00	5.26
110103	16/6/2024	04:45:12	4.87
110216	16/6/2024	04:56:30	5.26
120074	16/6/2024	21:22:18	4.86
120216	16/6/2024	21:36:30	4.81
120391	16/6/2024	21:54:00	5.02
120524	16/6/2024	22:07:18	5.09
120638	16/6/2024	22:18:42	4.92
120720	16/6/2024	22:26:54	4.93
120834	16/6/2024	22:38:18	5.19
120992	16/6/2024	22:54:06	4.98
121151	16/6/2024	23:10:00	5.03
121262	16/6/2024	23:21:06	4.94
121317	16/6/2024	23:26:36	4.96
121355	16/6/2024	23:30:24	5.3
121427	16/6/2024	23:37:36	5.27
121531	16/6/2024	23:48:00	4.9
121611	16/6/2024	23:56:00	5.12
121697	17/6/2024	00:04:36	5.29
121773	17/6/2024	00:12:12	4.92
121869	17/6/2024	00:21:48	4.99
121965	17/6/2024	00:31:24	5.01
122069	17/6/2024	00:41:48	5.26
122156	17/6/2024	00:50:30	4.83
122238	17/6/2024	00:58:42	4.99
122312	17/6/2024	01:06:06	4.96
122362	17/6/2024	01:11:06	4.99
122438	17/6/2024	01:18:42	4.96
122528	17/6/2024	01:27:42	5.1
122614	17/6/2024	01:36:18	5.08
122715	17/6/2024	01:46:24	4.91
122804	17/6/2024	01:55:18	5.3
122893	17/6/2024	02:04:12	4.88
123013	17/6/2024	02:16:12	5.21
123081	17/6/2024	02:23:00	4.94
123166	17/6/2024	02:31:30	4.85
123247	17/6/2024	02:39:36	5.11
123372	17/6/2024	02:52:06	4.85
123500	17/6/2024	03:04:54	5
123609	17/6/2024	03:15:48	5.01
123744	17/6/2024	03:29:18	4.97
123861	17/6/2024	03:41:00	4.84
123983	17/6/2024	03:53:12	5.2
124101	17/6/2024	04:05:00	4.98
124189	17/6/2024	04:13:48	5.02
124298	17/6/2024	04:24:42	4.91
124391	17/6/2024	04:34:00	4.89



124503	17/6/2024	04:45:12	5.15
172952	20/6/2024	13:30:06	5.11
172970	20/6/2024	13:31:54	5.03
179211	20/6/2024	23:56:00	4.96
179297	21/6/2024	00:04:36	5.07
179373	21/6/2024	00:12:12	5.14
179469	21/6/2024	00:21:48	5.01
179565	21/6/2024	00:31:24	4.92
179669	21/6/2024	00:41:48	4.96
179756	21/6/2024	00:50:30	4.86
179838	21/6/2024	00:58:42	5.26
179912	21/6/2024	01:06:06	5.14
179962	21/6/2024	01:11:06	5.29
180038	21/6/2024	01:18:42	5.14
180128	21/6/2024	01:27:42	4.8
180214	21/6/2024	01:36:18	5.15
180315	21/6/2024	01:46:24	4.89
180404	21/6/2024	01:55:18	4.86
180493	21/6/2024	02:04:12	4.86
180613	21/6/2024	02:16:12	5.04
180681	21/6/2024	02:23:00	5.25
180766	21/6/2024	02:31:30	5.14
180847	21/6/2024	02:39:36	4.96
180972	21/6/2024	02:52:06	5.02
181100	21/6/2024	03:04:54	5.07
181209	21/6/2024	03:15:48	5.24
181344	21/6/2024	03:29:18	5.23
181461	21/6/2024	03:41:00	5.19
181583	21/6/2024	03:53:12	4.86
181701	21/6/2024	04:05:00	4.94
181789	21/6/2024	04:13:48	5.16
181898	21/6/2024	04:24:42	5.08
181991	21/6/2024	04:34:00	5.18
182103	21/6/2024	04:45:12	5.09
182216	21/6/2024	04:56:30	5.13
182311	21/6/2024	05:06:00	5.28
182440	21/6/2024	05:18:54	5.12
182554	21/6/2024	05:30:18	5.14
188027	21/6/2024	14:37:36	5.14
188076	21/6/2024	14:42:30	4.85
188154	21/6/2024	14:50:18	5.02
188218	21/6/2024	14:56:42	4.98
188308	21/6/2024	15:05:42	5.15
188388	21/6/2024	15:13:42	5.18
188439	21/6/2024	15:18:48	5.08
188500	21/6/2024	15:24:54	5
188501	21/6/2024	15:25:00	4.94
188557	21/6/2024	15:30:36	5
188670	21/6/2024	15:41:54	5.15
188746	21/6/2024	15:49:30	4.81
188831	21/6/2024	15:58:00	4.96
188907	21/6/2024	16:05:36	4.98

188981	21/6/2024	16:13:00	5.11
189063	21/6/2024	16:21:12	4.92
189133	21/6/2024	16:28:12	5.01
189208	21/6/2024	16:35:42	5.07
189324	21/6/2024	16:47:18	4.88
189454	21/6/2024	17:00:18	4.85
189506	21/6/2024	17:05:30	5.1
189593	21/6/2024	17:14:12	5.02
189677	21/6/2024	17:22:36	5.2
189738	21/6/2024	17:28:42	4.9
189872	21/6/2024	17:42:06	5.07
189976	21/6/2024	17:52:30	5.22
190081	21/6/2024	18:03:00	4.85
190187	21/6/2024	18:13:36	5.22
190318	21/6/2024	18:26:42	4.88
190427	21/6/2024	18:37:36	4.99
190559	21/6/2024	18:50:48	5.28
190728	21/6/2024	19:07:42	4.83
190868	21/6/2024	19:21:42	4.83
190986	21/6/2024	19:33:30	5.21
191135	21/6/2024	19:48:24	5.27
191230	21/6/2024	19:57:54	5.04
191332	21/6/2024	20:08:06	4.95
191413	21/6/2024	20:16:12	4.83
191558	21/6/2024	20:30:42	4.9
191661	21/6/2024	20:41:00	5.03
191785	21/6/2024	20:53:24	5.26
191883	21/6/2024	21:03:12	4.98
191968	21/6/2024	21:11:42	4.97
192074	21/6/2024	21:22:18	5.16
192216	21/6/2024	21:36:30	5.19
192391	21/6/2024	21:54:00	5.18
192524	21/6/2024	22:07:18	5.05
192638	21/6/2024	22:18:42	5.15
192720	21/6/2024	22:26:54	4.96
192834	21/6/2024	22:38:18	4.83
192992	21/6/2024	22:54:06	4.97
193151	21/6/2024	23:10:00	5.05
193262	21/6/2024	23:21:06	5.19
193317	21/6/2024	23:26:36	5.07
193355	21/6/2024	23:30:24	5.29
193427	21/6/2024	23:37:36	5.22
193531	21/6/2024	23:48:00	5.14
193611	21/6/2024	23:56:00	4.92
203070	21/6/2024	15:41:54	5.29
203146	21/6/2024	15:49:30	4.93
203231	21/6/2024	15:58:00	4.81
203307	21/6/2024	16:05:36	5.18
203381	21/6/2024	16:13:00	5.21
203463	21/6/2024	16:21:12	5.28
203533	21/6/2024	16:28:12	5.26
207931	21/6/2024	23:48:00	5.05



208011	21/6/2024	23:56:00	5.27
208097	22/6/2024	00:04:36	5.12
208173	22/6/2024	00:12:12	5.12
208269	22/6/2024	00:21:48	4.85
208365	22/6/2024	00:31:24	5.09
208469	22/6/2024	00:41:48	4.98
208556	22/6/2024	00:50:30	4.94
208638	22/6/2024	00:58:42	5.22
208712	22/6/2024	01:06:06	4.93
208762	22/6/2024	01:11:06	4.96
208838	22/6/2024	01:18:42	5.14
208928	22/6/2024	01:27:42	5.11
209014	22/6/2024	01:36:18	4.97
209115	22/6/2024	01:46:24	5.2
209204	22/6/2024	01:55:18	4.94
209293	22/6/2024	02:04:12	5.29
209413	22/6/2024	02:16:12	4.89
209481	22/6/2024	02:23:00	4.91
209566	22/6/2024	02:31:30	5.02
209647	22/6/2024	02:39:36	5.01
209772	22/6/2024	02:52:06	4.81
209900	22/6/2024	03:04:54	5.02
210009	22/6/2024	03:15:48	5.18
210144	22/6/2024	03:29:18	4.81
210261	22/6/2024	03:41:00	5.07
210383	22/6/2024	03:53:12	4.91
210501	22/6/2024	04:05:00	4.93
210589	22/6/2024	04:13:48	4.93
210698	22/6/2024	04:24:42	4.9
210791	22/6/2024	04:34:00	4.84
210903	22/6/2024	04:45:12	4.87
211016	22/6/2024	04:56:30	5.26
211111	22/6/2024	05:06:00	4.92
211240	22/6/2024	05:18:54	4.93
211354	22/6/2024	05:30:18	5.12
211460	22/6/2024	05:40:54	4.81
211586	22/6/2024	05:53:30	5.08
211599	22/6/2024	05:54:48	5.17
216001	22/6/2024	13:15:00	5.21
216016	22/6/2024	13:16:30	5.06
216033	22/6/2024	13:18:12	4.9
216041	22/6/2024	13:19:00	4.92
216055	22/6/2024	13:20:24	4.8
216071	22/6/2024	13:22:00	5.2
216086	22/6/2024	13:23:30	5.03
216099	22/6/2024	13:24:48	5.1
216117	22/6/2024	13:26:36	4.82
216136	22/6/2024	13:28:30	5.24
216152	22/6/2024	13:30:06	5.24
216170	22/6/2024	13:31:54	5.21
216195	22/6/2024	13:34:24	4.97
216215	22/6/2024	13:36:24	5.28

218124	22/6/2024	16:47:18	5.18
218254	22/6/2024	17:00:18	5.15
218306	22/6/2024	17:05:30	4.83
218393	22/6/2024	17:14:12	4.88
218477	22/6/2024	17:22:36	4.85
218538	22/6/2024	17:28:42	5.17
218672	22/6/2024	17:42:06	5.21
218776	22/6/2024	17:52:30	5.1
218881	22/6/2024	18:03:00	4.87
218987	22/6/2024	18:13:36	4.91
219118	22/6/2024	18:26:42	5.3
219227	22/6/2024	18:37:36	5.05
219359	22/6/2024	18:50:48	5.08
219528	22/6/2024	19:07:42	5.26
219668	22/6/2024	19:21:42	5.05
219786	22/6/2024	19:33:30	5.15
219935	22/6/2024	19:48:24	4.86
220030	22/6/2024	19:57:54	4.8
220132	22/6/2024	20:08:06	5.3
220213	22/6/2024	20:16:12	4.95
220358	22/6/2024	20:30:42	5.03
220461	22/6/2024	20:41:00	4.86
220585	22/6/2024	20:53:24	4.81
220683	22/6/2024	21:03:12	5.18
220768	22/6/2024	21:11:42	4.86
220874	22/6/2024	21:22:18	5.06
221016	22/6/2024	21:36:30	4.98
221191	22/6/2024	21:54:00	5.22
221324	22/6/2024	22:07:18	5.3
221438	22/6/2024	22:18:42	4.9
221520	22/6/2024	22:26:54	5.26
221634	22/6/2024	22:38:18	5.19
231946	23/6/2024	15:49:30	4.81
232031	23/6/2024	15:58:00	4.9
232107	23/6/2024	16:05:36	4.94
232181	23/6/2024	16:13:00	5.16
232263	23/6/2024	16:21:12	5.08
232333	23/6/2024	16:28:12	5.1
232408	23/6/2024	16:35:42	5.03
232524	23/6/2024	16:47:18	5.19
232654	23/6/2024	17:00:18	4.91
232706	23/6/2024	17:05:30	5.27
232793	23/6/2024	17:14:12	5.14
232877	23/6/2024	17:22:36	5.17
232938	23/6/2024	17:28:42	5.27
233072	23/6/2024	17:42:06	4.81
233176	23/6/2024	17:52:30	5.22
233281	23/6/2024	18:03:00	5.13
233387	23/6/2024	18:13:36	5.03
233518	23/6/2024	18:26:42	4.94
233627	23/6/2024	18:37:36	5.11
233759	23/6/2024	18:50:48	5.24



273616	26/6/2024	13:16:30	4.83
273633	26/6/2024	13:18:12	5.18
273641	26/6/2024	13:19:00	5.2
273655	26/6/2024	13:20:24	5.06
273671	26/6/2024	13:22:00	5.08
273686	26/6/2024	13:23:30	5.1
273699	26/6/2024	13:24:48	5.24
273717	26/6/2024	13:26:36	5.04
273736	26/6/2024	13:28:30	5.25
273752	26/6/2024	13:30:06	5.22
273770	26/6/2024	13:31:54	4.82
273795	26/6/2024	13:34:24	5.14
280556	27/6/2024	00:50:30	4.99
280638	27/6/2024	00:58:42	4.91
280712	27/6/2024	01:06:06	5.11
280762	27/6/2024	01:11:06	4.9
280838	27/6/2024	01:18:42	5.06
280928	27/6/2024	01:27:42	4.98
281014	27/6/2024	01:36:18	4.96
281115	27/6/2024	01:46:24	4.97
281204	27/6/2024	01:55:18	4.94
281293	27/6/2024	02:04:12	5.04
281413	27/6/2024	02:16:12	4.88
281481	27/6/2024	02:23:00	4.84
281566	27/6/2024	02:31:30	5.19
281647	27/6/2024	02:39:36	5.01
281772	27/6/2024	02:52:06	4.88
281900	27/6/2024	03:04:54	5.3
282009	27/6/2024	03:15:48	5.27
282144	27/6/2024	03:29:18	4.99
282261	27/6/2024	03:41:00	5.09
282383	27/6/2024	03:53:12	5.16
282501	27/6/2024	04:05:00	4.82
282589	27/6/2024	04:13:48	5.1
282698	27/6/2024	04:24:42	4.92
282791	27/6/2024	04:34:00	5.07
282903	27/6/2024	04:45:12	5.11
283016	27/6/2024	04:56:30	5.04
283111	27/6/2024	05:06:00	5.27
283240	27/6/2024	05:18:54	5.08
283354	27/6/2024	05:30:18	5.25
288152	27/6/2024	13:30:06	4.91
288170	27/6/2024	13:31:54	4.97
288195	27/6/2024	13:34:24	5.3
288215	27/6/2024	13:36:24	4.83
288236	27/6/2024	13:38:30	4.87
288269	27/6/2024	13:41:48	5.02
288304	27/6/2024	13:45:18	5.24
288340	27/6/2024	13:48:54	4.86
288380	27/6/2024	13:52:54	5.18
288417	27/6/2024	13:56:36	4.94
288447	27/6/2024	13:59:36	5.26

288476	27/6/2024	14:02:30	5.05
288495	27/6/2024	14:04:24	4.87
288546	27/6/2024	14:09:30	5.09
288595	27/6/2024	14:14:24	5.17
353115	1/7/2024	01:46:24	4.9
353204	1/7/2024	01:55:18	5.22
353293	1/7/2024	02:04:12	5.08
353413	1/7/2024	02:16:12	4.86
354791	1/7/2024	04:34:00	4.84
354903	1/7/2024	04:45:12	4.88
355016	1/7/2024	04:56:30	4.87
355111	1/7/2024	05:06:00	5
355240	1/7/2024	05:18:54	5.24
355354	1/7/2024	05:30:18	4.84
355460	1/7/2024	05:40:54	5
355586	1/7/2024	05:53:30	4.93
355599	1/7/2024	05:54:48	5.26
360001	1/7/2024	13:15:00	4.94
360016	1/7/2024	13:16:30	4.96
360033	1/7/2024	13:18:12	5.26
360041	1/7/2024	13:19:00	5.05
360055	1/7/2024	13:20:24	5.22
360071	1/7/2024	13:22:00	4.96
360086	1/7/2024	13:23:30	5.11
360099	1/7/2024	13:24:48	4.88
360117	1/7/2024	13:26:36	5.15
360136	1/7/2024	13:28:30	4.87
360152	1/7/2024	13:30:06	4.88
360170	1/7/2024	13:31:54	4.95
360195	1/7/2024	13:34:24	5.22
360215	1/7/2024	13:36:24	5.14
360236	1/7/2024	13:38:30	4.99
360269	1/7/2024	13:41:48	4.8
360304	1/7/2024	13:45:18	4.99
360340	1/7/2024	13:48:54	5.02
360380	1/7/2024	13:52:54	5
360417	1/7/2024	13:56:36	4.9
360447	1/7/2024	13:59:36	5.06
360476	1/7/2024	14:02:30	5.26
362538	1/7/2024	17:28:42	4.89
362672	1/7/2024	17:42:06	5.04
362776	1/7/2024	17:52:30	4.82
362881	1/7/2024	18:03:00	5.05
362987	1/7/2024	18:13:36	5.11
363118	1/7/2024	18:26:42	5.05
363227	1/7/2024	18:37:36	5.28

## Anexo 8. Declaración jurada de autenticidad de tesis



Universidad  
Nacional del  
Altiplano



Vicerrectorado de  
Investigación



Repositorio  
Institucional



Escuela de  
Posgrado

### DECLARACIÓN JURADA DE AUTENTICIDAD DE TESIS

Por el presente documento, Yo **ESTER CAROLINA MENDOZA YARESI** identificado(a) con N° DNI: **46471509** en mi condición de egresado(a) del:

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS**

con código de matrícula N° **192187**, informo que he elaborado la tesis denominada:

**DISEÑO DE UN INVERNADERO AUTOMATIZADO CON CONTROL IOT, USANDO ESP32 PARA EL CULTIVO DE FRESA A 3800 MSNM**

Es un tema original.

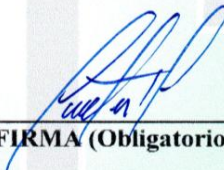
Declaro que el presente trabajo de tesis es elaborado por mi persona y no existe plagio/copia de ninguna naturaleza, en especial de otro documento de investigación (tesis, revista, texto, congreso, o similar) presentado por persona natural o jurídica alguna ante instituciones académicas, profesionales,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

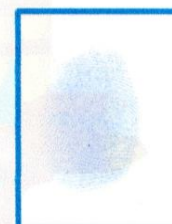
Dejo constancia que las citas de otros autores han sido debidamente identificadas en el trabajo de investigación, por lo que no asumiré como tuyas las opiniones vertidas por terceros, ya sea de fuentes encontradas en medios escritos, digitales o Internet.

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, 30 de Julio del 2025.

  
**FIRMA (Obligatorio)**



## Anexo 9. Autorización de depósito de tesis en el Repositorio Institucional



Universidad  
Nacional del  
Altiplano



Vicerrectorado de  
Investigación



Repositorio  
Institucional



Escuela de  
Posgrado

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

Por el presente documento, Yo **ESTER CAROLINA MENDOZA YARESI** identificado(a) con N° DNI: 46471509, con código de matrícula N° 192187, en mi condición de egresado(a) del Programa de Maestría o Doctorado:

**MAESTRÍA EN INGENIERÍA DE SISTEMAS**

Informo que he elaborado la tesis denominada:

**DISEÑO DE UN INVERNADERO AUTOMATIZADO CON CONTROL IOT, USANDO ESP32 PARA EL CULTIVO DE FRESA A 3800 MSNM**

para la obtención de **[X] Grado.**

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, 30 de Julio del 2025.

  
**FIRMA (Obligatorio)**

