



FACULTAD DE INGENIERÍAS Y CIENCIAS APLICADAS

Trabajo de fin de Carrera titulado:

Diseño y construcción de un prototipo de invernadero para agricultura de precisión a través de IOT.

Realizado por:

Andrés Eduardo Guzmán Vaca

Director del proyecto:

Ing. Diego F. Bustamante V. M.Sc.

Como requisito para la obtención del título de:

MAGISTER EN DISEÑO INDUSTRIAL Y DE PROCESOS

QUITO, 29 de marzo de 2023

Declaración Juramentada

Yo, Andrés Eduardo Guzmán Vaca, con cédula de identidad 1711926541, declaro bajo juramento que el trabajo aquí desarrollado es de mi autoría, que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y que se ha consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración, cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la UNIVERSIDAD INTERNACIONAL SEK, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su reglamento y por la normativa institucional vigente.

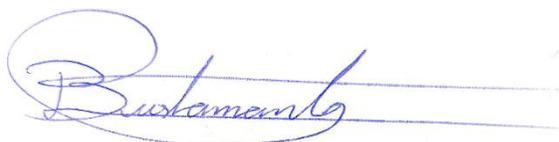


Andrés Eduardo Guzmán Vaca

C.I. 1711926541

Declaración del director de tesis

Declaro haber dirigido este trabajo a través de reuniones periódicas con el estudiante, orientando sus conocimientos y competencias para un eficiente desarrollo del tema escogido y dando cumplimiento a todas las disposiciones vigentes que regulan los Trabajos de Titulación.



Diego Fernando Bustamante Villagómez

Máster en Diseño Mecánico Mención en Fabricación de Autopartes de Vehículos

Los profesores informantes:

Diego Patricio González Sacoto,

Alberto Alejandro Aguirre Bravo

Después de revisar el trabajo presentado lo han calificado como apto para su defensa oral ante el tribunal examinador.



Ing. Diego Patricio González Sacoto



Ing. Alberto Alejandro Aguirre Bravo

Quito, 20 de marzo de 2023

Declaración de autoría del estudiante

Declaro que este trabajo es original, de mi autoría, que se han citado las fuentes correspondientes y que en su ejecución se respetaron las disposiciones legales que protegen los derechos de autor vigentes.



Andrés Eduardo Guzmán Vaca

C.I. 1711926541

Dedicatoria

“No conozco a la mitad de ustedes ni a la mitad de lo que querría,
y lo que yo querría es menos de la mitad de lo que la mitad de ustedes merece.”

Bilbo

Agradecimiento

Un agradecimiento a mi novia, mis amigos, mi familia y al gato por su apoyo y ayuda incondicional.

Gracias a la Universidad por abrirme sus puertas para conocer gente nueva y ampliar mis conocimientos.

A Diego mi tutor por guiarme en este proyecto de titulación.

Resumen

Este proyecto de titulación tiene planteado como principal objetivo el diseño y construcción de un prototipo de invernadero con un sistema de monitoreo permanente mediante IOT para dar seguimiento a las condiciones ambientales y variables para un sistema de nebulización, enfocado en desarrollar una aplicación de agricultura de precisión.

Para la construcción de este prototipo se desarrolló una estructura modular en base a tubería PVC para la cámara del invernadero, de fácil transporte e instalación.

El sistema de monitoreo consta de dos tipos de sensores: Ambientales, de temperatura, humedad e iluminación y; Sumergibles, de temperatura, conductividad eléctrica y pH los cuales dan seguimiento a la solución nutritiva a usarse en los cultivos. También, cuenta con un sistema de suministro de agua, la cual es inyectada al interior del invernadero a través de una bomba.

Todas las variables son monitoreadas y transmitidas a una aplicación en la nube cuyo servidor se encuentra alojado en Arduino IOT Cloud donde el usuario puede acceder a toda la información en tiempo real, controlar el suministro de líquido nutriente, activar manualmente la iluminación, desahogar el exceso de humedad a través de un sistema de ventiladores y adicionalmente descargar un registro histórico de las variables físicas medidas para su futuro análisis.

Los registros históricos de las variables pueden ser utilizados en futuras aplicaciones agrícolas en este tipo de invernaderos para dar trazabilidad de las condiciones con las cuales se obtuvieron los cultivos.

Palabras clave: *Invernadero, Internet de las cosas, Aplicación en la nube, Monitoreo de variables, Agricultura de ambiente controlado.*

Abstract

This degree project was developed to design and build a greenhouse prototype with a permanent monitoring system through IOT to monitor the environmental conditions and variables of the irrigation system for a precision agriculture application.

A modular structure was design and developed for the construction of this greenhouse prototype using a PVC pipe which is easy to transport and install.

The monitoring system consists of two types of sensors. Environmental sensors for temperature, humidity and lighting and submersible sensors for temperature, electrical conductivity and pH to monitor the nutrient solution to be used in crops. Also, it has a water supply system, which is supplied to the interior of the greenhouse through a pump.

All the variables are monitored and transmitted to a cloud application whose server is hosted on Arduino IOT Cloud where the user have access to the sensors information in real time, control the supply of nutrient liquid, manually activate the lighting, vent excess humidity through a fan and also download a historical record of the variables sensed for future analysis.

The historical records of the variables collected by the monitoring system can be used in future greenhouse agricultural applications. This records provide traceability of the conditions with which the crops will be obtained.

Keywords: *Greenhouse, Internet of things, Cloud application, Variable monitoring, Controlled environment agriculture (CEA).*

Índice de contenido

Portada	1
Declaración Juramentada	2
Declaración del director de tesis	3
Los profesores informantes:	4
Declaración de autoría del estudiante	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento	7
Resumen	8
Abstract	9
Índice de contenido	10
Índice de figuras y tablas	13
Índice de figuras	13
Índice de tablas	16
Introducción	17
Problemática	17
Objetivo general	18
Objetivos específicos	19
Justificación	19

	11
Estado del arte.....	21
Agricultura de ambiente controlado (CEA)	21
Internet de las cosas	23
Protocolo MQTT.....	26
Sistemas IOT para agricultura de ambiente controlado	26
Sensor: Temperatura y humedad.....	27
Sensor: Intensidad lumínica	29
Sensor: Conductividad	30
Sensor: pH.....	31
Sensor: Temperatura sumergible.....	33
Plataforma Arduino IOT Cloud	34
Metodología	36
Estructura del Invernadero	36
Sensores	41
Sistema de nebulización.....	42
Controlador ESP32	44
Estructura del sistema de control	45
Diseño de la placa de control	47
Aplicación de usuario.....	51
Desarrollo de la aplicación.....	51
Resultados	52
Instalación del prototipo de invernadero.....	52

	12
Interfaz de usuario para PC	53
Interfaz de usuario para dispositivos móviles	55
Lecturas Sensor DHT22	56
Prueba de sistema de nebulización.....	58
Lecturas Sensor BH1750.....	60
Lecturas Sensor DS18B20	61
Lecturas Sensor TDS.....	63
Lecturas Sensor PH.....	65
Costos	67
Discusión.....	67
Conclusiones	70
Recomendaciones.....	71
Referencias Bibliográficas	72
Anexos	77
Anexo A: Código del programa	77
Anexo B: Registro de Ensayo realizado el 9 de enero de 2023	85

Índice de figuras y tablas

Índice de figuras

Figura 1 Tipos de cultivo según temperatura y altitud.....	23
Figura 2 Arquitectura de 3 capas de IOT	25
Figura 3 Sensor de temperatura y humedad DHT22.....	28
Figura 4 Diagrama de conexión del DHT22 con un microcontrolador	28
Figura 5 Código de configuración del sensor DTH22	56
Figura 6 Código para lectura de Temperatura y humedad con el sensor DTH22.....	57
Figura 7 Sensor de intensidad lumínica BH1750.....	29
Figura 8 Diagrama de conexión del BH1750 con un microcontrolador	29
Figura 9 Código de configuración del sensor BH1750.....	60
Figura 10 Código para lectura de intensidad lumínica con el sensor BH1750.....	61
Figura 11 Sensor TDS Meter V1.0	30
Figura 12 Diagrama de conexión del TDS con un microcontrolador	30
Figura 13 Escala de cantidad de sólidos disueltos en el agua en partes por millón.....	31
Figura 14 Código de configuración del sensor Sensor TDS Meter V1.0.....	63
Figura 15 Código para lectura de conductividad eléctrica con el sensor TDS	63
Figura 16 Sensor PH-4505c	31
Figura 17 Sobres de solución de PH	32
Figura 18 Grafica de voltaje vs pH nominal	33
Figura 19 Código de configuración del sensor PH-4505c	65
Figura 20 Código para lectura de pH con el sensor PH-4505c.....	65

Figura 21 Sensor DS18B20 (alldatasheet.com, s. f.)	33
Figura 22 Diagrama de conexión del DS18B20 con un microcontrolador	34
Figura 23 Código de configuración del sensor DS18B20.....	62
Figura 24 Código para lectura de temperatura con el sensor DS18B20	62
Figura 25 Esquema de envío y recepción de datos de IOT Cloud	35
Figura 26 Dimensiones generales invernadero	37
Figura 27 Plásticos para Invernaderos	38
Figura 28 Modelado 3d de la estructura del invernadero.....	41
Figura 29 Bomba periférica 1/2HP 110V PAOLO	43
Figura 30 Nebulizador Fogger COOLNET PRO4 - presión 3.0-5.0BAR	43
Figura 31 Ventilador Extractor 110v unidireccional	44
Figura 32 Controlador ESP32	45
Figura 33 Esquema del proceso de monitoreo y control de lazo cerrado	45
Figura 34 Diagrama de flujo del Sistema de control.....	46
Figura 35 Modulo de 8 relés 5Vcd.....	47
Figura 36 Batería de Lipo litio ANERA 7.4V 2S 1500mAh 25C	48
Figura 37 Esquemático de la placa PCB desarrollada	49
Figura 38 Prueba de funcionamiento y validación del esquema eléctrico	49
Figura 39 Proceso de calibración de sensores.....	49
Figura 40 Diseño de la placa PCB y resultado final	50
Figura 42 Configuración de red del controlador	51
Figura 47 Vista exterior e interior del prototipo de invernadero	52
Figura 48 Instalación del sistema de nebulización.....	52

Figura 41 Distribución final del sistema de control	53
Figura 43 Interfaz de monitoreo de Sensores Ambiente	54
Figura 44 Interfaz de monitoreo de Sensores Sustancia Nutritiva	54
Figura 45 Interfaz de activación manual de actuadores	55
Figura 46 Contenido secuencial de variables, gráficas y actuadores	55
Figura 49 Interfaz para descarga de registro histórico de variables almacenadas	56
Figura 50 Grafica de Temperatura dentro del invernadero	57
Figura 51 Grafica de Humedad relativa dentro del invernadero	58
Figura 52 Lectura de Humedad relativa durante ensayo	59
Figura 53 Grafica de Humedad relativa hasta estabilizar el sistema	60
Figura 54 Grafica de intensidad lumínica dentro del invernadero	61
Figura 55 Grafica de Temperatura dentro del reservorio	62
Figura 56 Grafica de conductividad eléctrica de agua de la llave	64
Figura 57 Grafica de ph de agua de la llave	66
Figura 58 Configuración de periodicidad de registro On Change	68
Figura 59 Configuración de periodicidad de registro propuesta para aplicaciones	69

Índice de tablas

Tabla 1 Lectura de voltajes vs pH nominal.....	32
Tabla 2 Matriz de selección para estructura de invernadero.....	39
Tabla 3 Comparación de costos de materiales	40
Tabla 4 Sensores de monitoreo del invernadero y la sustancia nutritiva	42
Tabla 5 Consumo eléctrico componentes electrónicos	48
Tabla 6 Costos de elementos utilizados en el proyecto.....	67

Introducción

Problemática

El sector agrícola ecuatoriano representa unos 1309 millones de dólares anuales (2021) lo que es un 9.4% del PIB (fuente BCE) sin embargo a pesar de su gran peso en la economía no se han evidenciado avances tecnológicos para mejorar o innovar la capacidad productiva de este sector siendo aún predominantes los procedimientos manuales de siembra y cosecha. (Burbano, Fernández, 2018)

El país cuenta con una gran dotación hídrica, pero también presenta una distribución desigual del agua entre regiones y épocas secas y húmedas (CISPDR, 2014). El Plan Hidráulico Nacional (período 2014-2035) y el Plan Nacional de Riego y Drenaje prevén un aumento del área regada en un 53% (de 941.000 a 1.443.000 ha) (MAGAP, 2013) y el volumen embalsado existente en un 90% (de 7.690 hm³ a 14.672 hm³) (CISPDR, 2014), mostrando una fuerte conexión entre seguridad alimentaria e hídrica. Por lo tanto, para una implementación exitosa a lo largo del tiempo, tanto el desarrollo agrícola como la gestión de los recursos hídricos deben ser coherentes.

La agricultura actualmente ha evolucionado hacia una extendida mecanización ocasionando deterioro en los suelos y causando diversos daños al ecosistema. En la búsqueda de una alternativa para reducir el impacto causados por la agricultura se ha probado un sistema de riego a través de la nebulización de una solución nutritiva controlando parámetros de humedad, temperatura, tiempo de riego y oxigenación. (Salazar y Santoyo 2019).

La producción en invernadero tiende a una reducción de su impacto medioambiental. Donde, elementos como estructuras, materiales, equipos y controladores climáticos deben diseñarse y gestionarse de forma inteligente para disminuir la necesidad de combustibles fósiles, maximizar el uso de recursos como radiación solar y el aprovechamiento de agua, minimizando el

uso de productos químicos y fertilizantes. Existen estudios que utilizando técnicas computacionales de dinámica de fluidos han investigado el efecto de parámetros como la posición y dimensiones de ventanas, la inclinación de la cubierta y la altura y ancho del invernadero. El potencial térmico almacenado se utiliza con mayor frecuencia en invernaderos cerrados o semi cerrados. Los invernaderos semi cerrados, bajo ciertas condiciones, pueden amortiguar las fluctuaciones térmicas entre el día y la noche, logrando una reducción de consumo de agua y limitando el acceso de plagas. La introducción de nuevas tecnologías puede tener impactos ambientales adicionales. Desde una perspectiva ambiental, la combinación de tecnologías debe mejorar el desempeño para compensar el impacto ambiental asociado. (Montero, Stanghellini 2008)

Considerando lo expuesto anteriormente este proyecto de investigación busca construir un invernadero prototipo donde implementar un aplicativo IOT que de monitoreo permanente a variables ambientales de temperatura, humedad e iluminación; y adicionalmente el monitoreo de variables físicas de una solución nutritiva (PH, Conductividad y temperatura) a utilizarse en un sistema de riego manteniendo un registro a largo plazo de las condiciones dentro del invernadero, información que servirá de herramienta para futuros investigadores para comparar los resultados de los cultivos obtenidos y las condiciones con las cuales se produjeron.

Objetivo general

- Diseñar y construir un invernadero prototipo para agricultura de precisión a través de IOT

Objetivos específicos

- Diseñar y construir un invernadero prototipo donde se tengan condiciones ambientales controladas.
- Desarrollar un sistema de monitoreo y variables controladas (tanto ambientales como de la solución a nebulizarse) y control del sistema de riego.
- Implementar una aplicación en un servidor IOT en la nube que permita al usuario el acceso a las variables adquiridas en tiempo real.
- Desarrollar un método de registro histórico de las condiciones ambientales dentro del invernadero y de características físicas y químicas de una solución acuosa con la cual se irrigará el interior del invernadero.

Justificación

La producción del Ecuador antes del inicio de la explotación petrolera en la década de los 70s se basaba casi en su totalidad en una estructura agrícola al ser rico en suelos para cultivos, sin embargo, a partir de esta fecha surgió un fenómeno de reducción de inversión en el sector agrícola provocando un estancamiento tecnológico y por ende productivo. Esto ha empujado al país a vivir en una crisis alimentaria que poco a poco ha generado un retroceso hacia técnicas de cultivo manuales y poco productivas para los estándares modernos. (Carrion, Herrera 2012)

El sector agrícola es la actividad que más agua consume en el planeta. Aunque la cantidad total de agua disponible por el ciclo hidrológico es suficiente para proporcionar agua dulce adecuada a la población actual del mundo, la mayor parte de esta agua se concentra en regiones específicas, dejando otras áreas con escasez de agua. Debido a la distribución desigual de los

recursos hídricos y las densidades de población en todo el mundo, las demandas de agua ya superan los suministros en casi 80 países con más del 40 % de la población mundial. Como consecuencia del futuro aumento de la población en estos países, los suministros de agua de riego de buena calidad disminuirán aún más debido a una mayor competencia entre los sectores urbano, industrial y agrícola. Estos hechos revelan que ha llegado el momento de la gestión sostenible de los recursos hídricos para lo cual se debe mejorar la eficiencia actual de uso y conservación del agua en la agricultura, es decir, producir más con los recursos existentes con el mínimo deterioro de la tierra y los recursos hídricos. (Qadir, 2003)

Por esta razón para lograr un mayor aprovechamiento de los recursos primero se debe lograr cuantificar los mismos. Se pretende con esta solución desarrollar un sistema de captura de datos históricos, tanto del ambiente como de los líquidos nutritivos utilizados de manera que la información obtenida brinde una trazabilidad a lo largo de todo el ciclo de cultivo.

Adicionalmente mediante el uso de tecnologías IOT poder acceder a estos datos en tiempo real reduciendo el tiempo de respuesta hacia variaciones climáticas o problemas de suministro de agua con el fin de aprovechar de más eficientemente los recursos, aumentar la calidad y la productividad de los cultivos.

Estado del arte

Agricultura de ambiente controlado (CEA)

Los sistemas de producción en invernadero se implementaron originalmente en regiones frías en latitudes del norte con el fin de extender la temporada de producción de las plantas, donde por lo general no crecerán de manera óptima. Sin embargo, las industrias actuales de agricultura de ambiente controlado (CEA por sus siglas en inglés) operan en diferentes regiones climáticas en todo el mundo, incluidas las regiones semiáridas y tropicales. La expansión de industrias CEA ubicadas en diversas condiciones climáticas ha sido promovida por una creciente demanda de productos más saludables y de altos estándares de calidad durante todo el año, por la disponibilidad de sistemas de transporte eficientes, por el mayor desarrollo de tecnologías de invernadero y por la accesibilidad de acristalamiento y materiales de construcción. Selección del diseño adecuado combinado con estos factores ha hecho viable la implementación económica de sistemas de producción de cultivos de invernadero en una variedad de climas (Enoch y Enoch, 1999)

Para superar condiciones climáticas menos óptimas y satisfacer las necesidades ambientales específicas de varios cultivos, los diseños de invernaderos varían en forma estructural, tamaño y materiales de recubrimiento, y en los diversos tipos de equipos necesarios para lograr las condiciones ambientales deseadas. Los principales parámetros ambientales controlados en un invernadero incluyen: (1) temperatura del aire, (2) humedad del aire, (3) concentración de CO₂ en el aire y (4) Iluminación para la fotosíntesis (PPF). Los invernaderos están diseñados y equipados con ventiladores de extracción o aberturas de ventilación que son lo suficientemente grandes como para proporcionar aire del exterior y estabilizar la temperatura, humedad y niveles de CO₂ de la atmósfera interior en los niveles óptimos. Se pueden proporcionar métodos de enfriamiento más eficientes, como paneles de evaporación o sistemas de niebla en climas más cálidos para reducir

la temperatura del aire interior, en climas más fríos, se pueden utilizar sistemas de calefacción (aire caliente, calefacción de la zona de la raíz o tuberías de agua caliente) e iluminación artificial de suplemento puede ser necesaria (von Zabeltitz, 1999).

Adicionalmente los invernaderos pueden contar con sistemas de riego por aspersión, goteo o nebulización de un medio acuoso en el cual se encuentran disueltos los nutrientes esenciales para el adecuado crecimiento y desarrollo de las plantas, y es la vía principal de nutrición de cultivos en hidroponía y sustratos denominado sustancia nutritiva. (Intagri, s. f.)

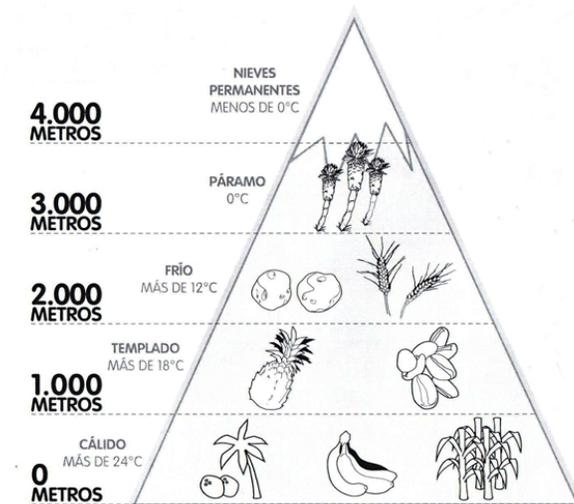
Basado en estos principios se definió las variables críticas a monitorear siendo el principal objetivo lograr contar con un registro histórico de variables que inciden en la calidad de los cultivos, y así, en futuros estudios poder determinar las condiciones óptimas para estos.

Se puede separar las variables en 2 tipos, directamente dependientes de la interacción del usuario y las dependientes de la ubicación geográfica (latitud, altitud, etc.) del cultivo. Las primeras podemos considerar a las relacionadas con la sustancia nutritiva utilizada en el riego, el pH del líquido, la salinidad determinada por su conductividad y de manera indirecta la humedad en el dentro del invernadero, y las segundas la temperatura de la sustancia nutritiva, del ambiente en el interior del invernadero y la intensidad lumínica.

Las variables dependientes de la ubicación geográfica Figura 1 también definen el tipo de cultivo que se puede realizar por lo que intentar forzar un rango distinto al inherente de la ubicación es una tarea impráctica. (Bermeo Almeida et al., 2022)

Figura 1

Tipos de cultivo según temperatura y altitud



Fuente (Rodas, 2019)

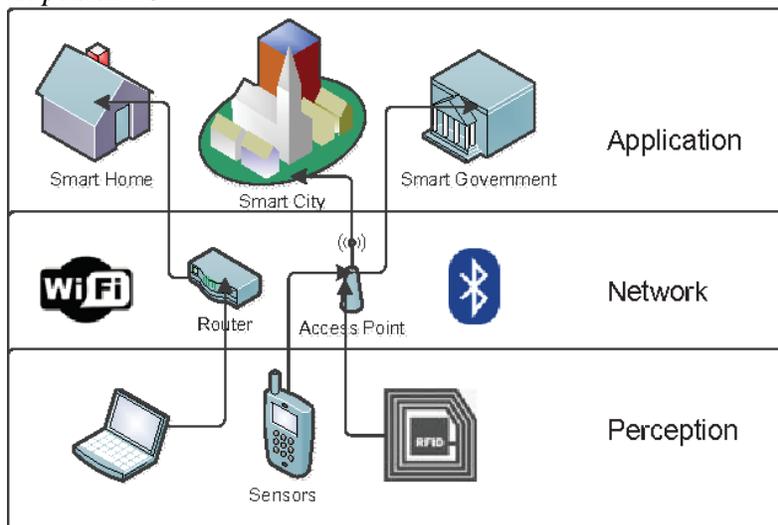
Sin embargo, el impacto del control las variables dependientes de usuario pueden y debe ser tomada en cuenta siendo el pH y la conductividad eléctrica resultado del agua y el grado de nutrientes o fertilizantes que se definan para cada cultivo, y el porcentaje de humedad relativa para lo que se implementó un sistema de nebulización para incrementar la humedad relativa interior y un sistema de ventiladores para disminuirla en caso de ser necesario. (LA HUMEDAD RELATIVA EN INVERNADERO, 2020)

Internet de las cosas

En 1999, el inglés Kevin Ashton utilizó por primera vez el término "Internet de las cosas" (IOT) para describir un sistema en el que los objetos del mundo físico se pueden conectar a Internet mediante sensores. El término se refiere a un escenario en el que la conectividad de la red y el poder de cómputo se extienden a objetos, sensores y elementos cotidianos que normalmente no se consideran computadoras, lo que permite que estos dispositivos generen, intercambien y usen datos con una intervención humana mínima. (Rose et al., 2015)

El concepto de utilizar computadoras, sensores y redes trabajando juntos para supervisar y controlar múltiples dispositivos simultáneamente se ha venido desarrollando desde varios años atrás. En la actualidad, las tendencias en el mercado tecnológico han acercado a IOT a convertirse en una realidad global. El mercado ha empujado una conectividad muy extendida, la implementación generalizada de redes basadas en IP, el incremento de la capacidad de cómputo, la miniaturización, el desarrollo de tecnologías en el análisis de datos y el auge del uso de aplicativos en la nube. Existen diferentes modelos de conectividad para la implementación de IOT utilizan, cuyas características son propias de cada uno. El consejo de Arquitectura de Internet propone dividir los modelos de conectividad en 4 grupos: dispositivo a dispositivo, dispositivo a la nube, dispositivo a puerta de enlace, enlace e intercambio de datos de back-end. Estos modelos destacan la flexibilidad en la forma en que los dispositivos IOT se conectan y brindan valor a los usuarios. (Rose et al., 2015)

La arquitectura subyacente a esta tecnología se puede describir como una infraestructura donde se especifica los componentes físicos de una red con su respectiva configuración y orden de funcionamiento, fundamentos e instrucciones operativas, y el tipo de variables de intercambio entre ellos. Con lo cual se puede describir cómo los componentes físicos del IOT recopilan información, su forma de procesamiento e intercambio y el formato en que se recopilan. Como se observa en la Figura 2, consta de tres capas: la primera de Percepción, que comprende al nivel físico, los dispositivos, sensores y aparatos con los que se adquieren datos, la capa intermedia de Red, y; la capa de superficie o Aplicación. A medida que subimos las capas, nos acercamos más y más al nivel del usuario, que no tiene que preocuparse por cómo se resuelven los problemas en las capas inferiores. (Acevedo, 2021)

Figura 2*Arquitectura de 3 capas de IOT*

Fuente (Acevedo, 2021)

Capa de percepción. Esta incluye sensores que se encargan de recopilar datos del medio. Aquí se detectan variables físicas o reconoce otros dispositivos con los cuales se puede interactuar en el entorno.

Capa de red. Esta capa es responsable de conectar el dispositivo a varias "cosas inteligentes" como dispositivos o servidores de red. Cuenta con capacidad de transferir datos entre dispositivos y hasta cierto punto procesarlos.

Capa de aplicación. Aquí es donde se construyen las aplicaciones de usuario. Esta capa incluye todo aplicativo doméstico o industrial que utilice dispositivos conectados para la interacción con el usuario.

Esta arquitectura es ideal desde un punto de vista conceptual porque describe completamente la lógica de esta tecnología: los datos recopilados por los elementos físicos se

transfieren a otros dispositivos, servidores o elementos de red y se procesan en la aplicación final para ser utilizados en una aplicación específica. (Sethi & Sarangi, 2017)

Protocolo MQTT

El protocolo MQTT se inventó en 1999 para usarse en la industria petrolera. Los ingenieros necesitaban un protocolo que use el menor ancho de banda y batería para monitorear tuberías vía satélite. MQTT es un protocolo de comunicación que se basa en estándares o un grupo de reglas que permiten comunicación entre dispositivos. Los sensores inteligentes, dispositivos móviles y en general todo aparato IOT a menudo necesitan transmitir y recibir información usando redes en condiciones limitadas de ancho de banda. Los dispositivos IOT usan protocolos MQTT para transferir datos por su facilidad de implementación y eficiente transmisión de datos IOT. MQTT permite mensajería de dispositivo a nube y de nube a dispositivo. Este protocolo trabaja según el principio de un modelo de publicación o suscripción. En la comunicación de red tradicional, los clientes y servidores se comunican directamente entre sí. Un cliente solicita un recurso o datos de un servidor, y el servidor procesa y envía una respuesta. Sin embargo, MQTT usa un modelo de publicación/suscripción para separar al remitente del mensaje (editor) del destinatario del mensaje (suscriptor). En su lugar, un tercer componente llamado intermediario de mensajes administra la comunicación entre publicadores y suscriptores. (Rose, K., Eldridge, S. & Chapin, L. 2015).

Sistemas IOT para agricultura de ambiente controlado

El Internet de las cosas promete beneficios sociales y rentabilidad para los mercados emergentes y países en desarrollo. Impulsando la agricultura sostenible, el uso eficiente del agua, mejora de la sanidad pública, el crecimiento industrial y la gestión ambiental. Por lo tanto, se espera que IOT sea fundamental para conseguir los objetivos de la ONU para un desarrollo Sostenible. El uso potencial de Internet de las cosas para paliar la desnutrición y promover la

agricultura sostenible ha estado en el foco público, probablemente más que otros temas relacionados con el desarrollo. Se espera que las tecnologías de "agricultura inteligente" basadas en internet de las cosas se integren a lo largo de toda la cadena de valor logrando una mejor sostenibilidad y eficiencia productiva de suministro de alimentos. Gestionando el ciclo de agrícola de producción, minimizando la amenaza de enfermedades, el aumento de insumos debido a la automatización de cultivos, la aplicación de los medios de distribución y el control de calidad. El internet de las cosas ofrece el potencial de evolucionar la agricultura, la industria y la fabricación al desarrollar el acceso de información en toda la cadena de valor productiva a través de sensores interconectados en red cuyo diseño permite capturar datos sobre de su entorno siendo principalmente sensores electroquímicos, que miden la exposición solar, el nivel de saturación de agua y existencia de sustancias nutritivas (fósforo, nitrógeno), temperatura, etc. Los sensores IOT suelen realizar muy pocas funciones. Esto significa que los datos de los sensores suelen asociarse con una situación operativa específica, que permite un alto grado de especificidad a la hora de correlacionar los datos con una persona o con un grupo de personas. (Biggs et al., 2016).

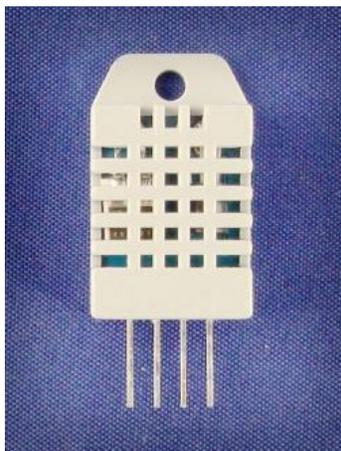
A continuación, se detallan los sensores disponibles en el mercado local más adecuados para la captura de datos según el tipo de aplicación.

Sensor: Temperatura y humedad

Sensor DHT22: es un sensor digital para lectura de temperatura con un rango desde los -40°C hasta los 80°C y humedad relativa con un rango desde los 0% hasta los 100%, está integrado por un dispositivo capacitivo para medir humedad y una resistencia térmica para medir el aire circundante, Gestiona internamente ambos sensores y transmite una señal digital por un único pin de datos.

Figura 3

Sensor DHT22



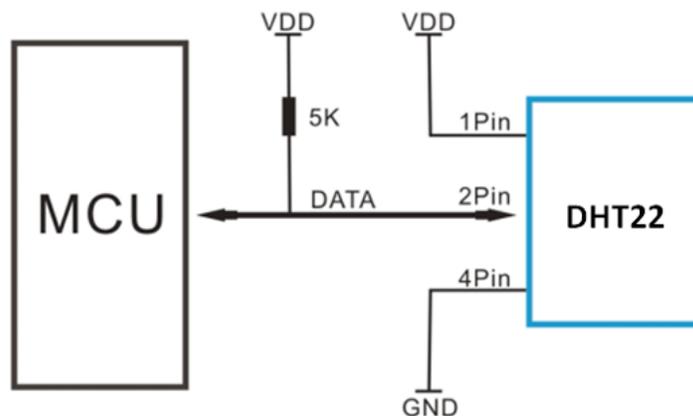
Fuente (alldatasheet.com, s. f.-a)

Su uso está muy difundido para aplicaciones de control de temperatura automatizado, monitoreo de condiciones ambientales en agricultura y varias más. La tecnología de comunicación entre el sensor y el controlador utiliza un protocolo de un único cable.

El DHT22 presenta una resolución de 9 bits para cada variable, precisión de $\pm 2\%$ de humedad relativa y $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ y un empaque robusto. (alldatasheet.com, s. f.-a)

Figura 4

Diagrama de conexión del DHT22 con un microcontrolador



Fuente (alldatasheet.com, s. f.-a)

Sensor: Intensidad lumínica

Sensor BH1750: es un sensor digital para la lectura de intensidad lumínica, transmite valores en Lux (lumen /m²). Su rango de medición se encuentra entre 1 – 65535 lx.

Figura 5

Sensor de intensidad lumínica BH1750

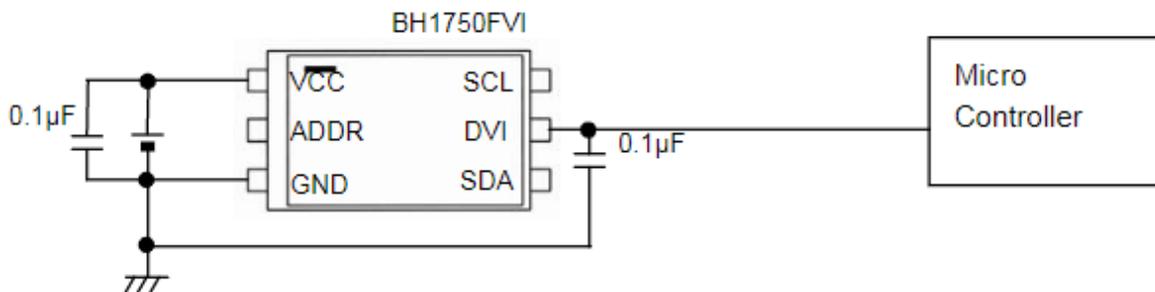


Fuente (alldatasheet.com, s. f.-a)

El módulo cuenta con una interfaz de comunicación digital I2C que requiere un solo pin para transmitir la información y un pin adicional para establecer una dirección si se requiere trabajar con más de un módulo en el mismo pin (alldatasheet.com, s. f.-a).

Figura 6

Diagrama de conexión del BH1750 con un microcontrolador



Fuente (alldatasheet.com, s. f.-a)

Sensor: Conductividad

Sensor TDS Meter V1.0: Es un sensor analógico para la medición de sólidos disueltos en el agua (Total Dissolved Solids), con lo que se determina la claridad del agua. El TDS transmite una señal proporcional a los miligramos de sólidos disueltos en un litro de agua.

Figura 7

Sensor TDS Meter V1.0

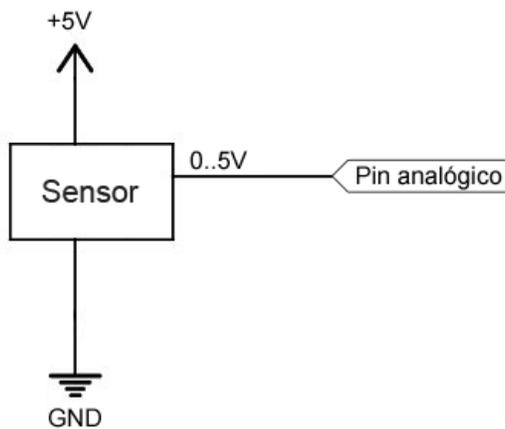


Fuente (Modulo Sensor TDS Electroconductividad con electrodo para línea, 2022)

A diferencia de los sensores anteriores este transmite una señal analógica, es decir un voltaje variable de 0v a 3.3v.

Figura 8

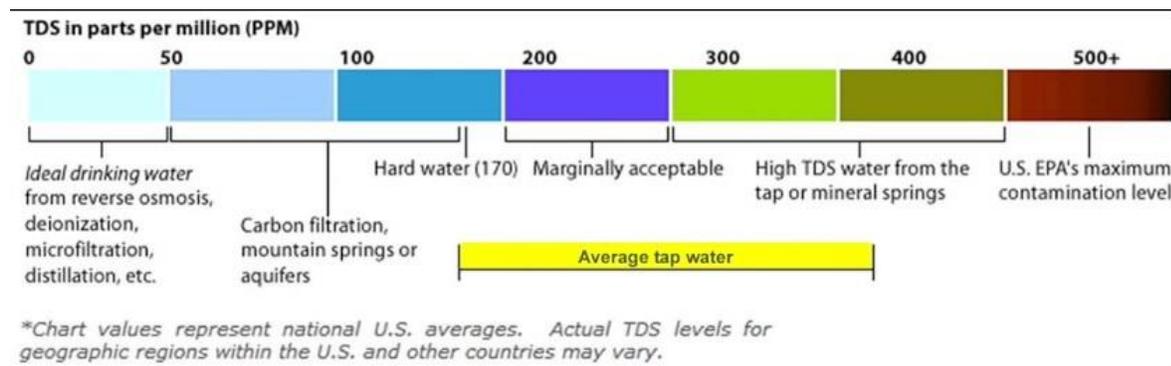
Diagrama de conexión del TDS con un microcontrolador



Fuente (Modulo Sensor TDS Electroconductividad con electrodo para línea, 2022)

Figura 9

Escala de cantidad de sólidos disueltos en el agua en partes por millón



Fuente (Modulo Sensor TDS Electroconductividad con electrodo para línea, 2022)

Esta señal debe ser interpretada y convertida al rango nominal de medición de TDS entre 0 y 1000ppm. (Modulo Sensor TDS Electroconductividad con electrodo para línea, 2022)

Sensor: pH

Sensor PH-4505c: Es un sensor analógico que mide el valor de pH en un rango entre 0 y 14 pH.

Figura 10

Sensor PH-4505c



Fuente (KIT MODULO DETECTOR PH PH-4502C + SONDA SENSOR E201 BNC, s. f.)

La señal de salida es susceptible del voltaje que se le suministra, nominalmente 5v, por lo que se debe calibrar se acuerdo a la configuración que se utilice. En la Tabla 1 se observa las mediciones de voltaje para un patrón de 3.3v. Para esto se debe preparar una solución de 250ml de agua con un sobre de sales, Figura 11, cuyo pH nominal se tiene estandarizado.

Figura 11

Sobres de solución de PH



Fuente (Buffer pH 10.01, 10 sobres de 15ml., s. f.)

Tabla 1

Lectura de voltajes vs pH nominal

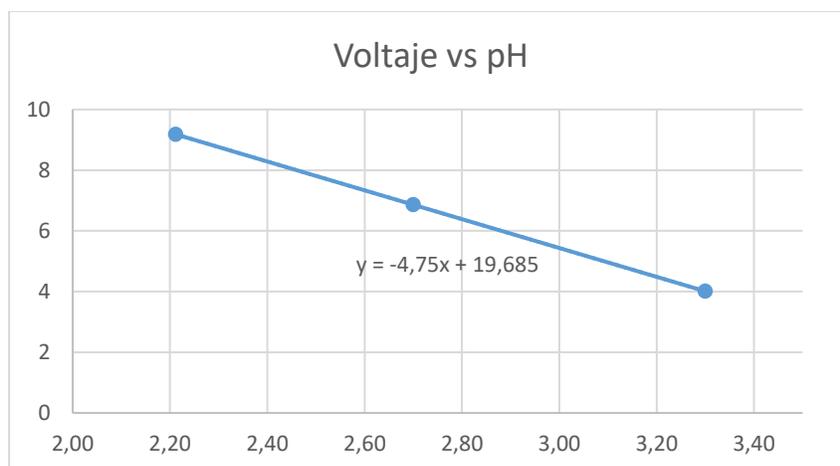
Voltaje	pH
2,21 v	9,18
2,70 v	6,86
3,30 v	4,01

Fuente propia

En la Figura 12 se observa graficada la relación entre voltaje y pH, siendo una tendencia claramente lineal, se tiene la ecuación $y = -4.75x + 19.685$ la misma que se ocupara para la programación del controlador.

Figura 12

Grafica de voltaje vs pH nominal



Fuente propia

Sensor: Temperatura sumergible

Sensor DS18B20: Es un sensor de temperatura con un rango desde los -55°C hasta los 125°C . Su presentación comercial más común y robusta comprende el sensor y una capsula de acero inoxidable hermética a prueba de filtraciones de agua.

Figura 13

Sensor DS18B20 (alldatasheet.com, s. f.)

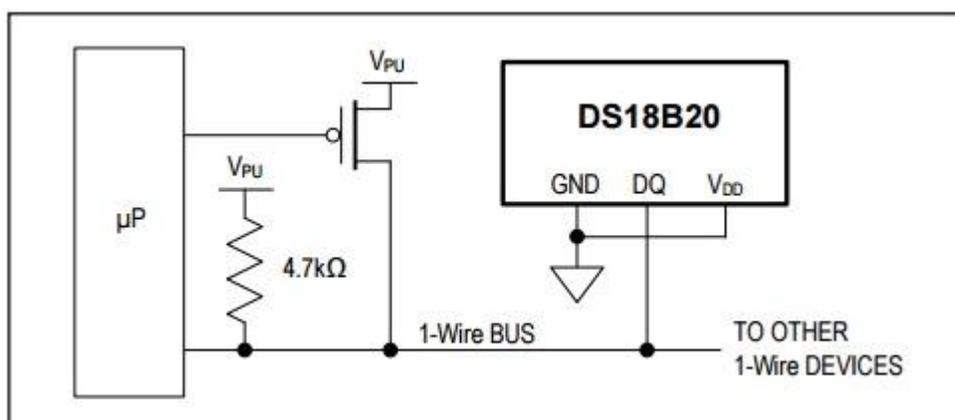


Fuente (alldatasheet.com, s. f.)

El DS18B20 es un sensor digital para la medición de temperatura, para su comunicación utiliza un protocolo de un único cable, este protocolo realiza la comunicación con un pin de datos en el controlador y permite conectar varios sensores iguales en el mismo puerto, con lo que se puede incrementar el número de los sensores sin modificaciones de hardware.

Figura 14

Diagrama de conexión del DS18B20 con un microcontrolador



Fuente (alldatasheet.com, s. f.)

Cada sensor tiene una dirección única de 64bits establecida de fábrica, esta dirección sirve para identificar al dispositivo con el que se está comunicando, puesto que en un bus 1-wire pueden existir más de un dispositivo. (alldatasheet.com, s. f.)

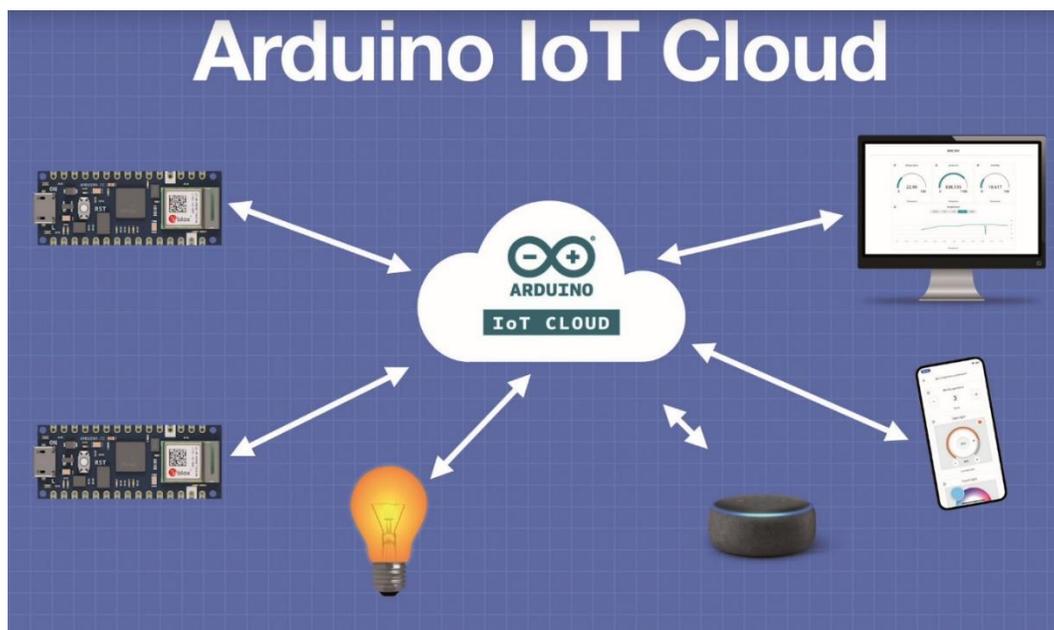
Plataforma Arduino IOT Cloud

Es una plataforma gratuita para la creación de proyectos de diversas escalas con dispositivos conectados a una interfaz donde se puede configurar controladores, escribir código para lectura de sensores y control de actuadores. Para intercambiar información, la plataforma utiliza dos protocolos de comunicación: MQTT para enviar información desde dispositivos

instalados en el campo a la plataforma y HTTP para transferir y almacenar datos a un servidor en la nube accesible de forma remota, este esquema se puede observar en la Figura 15.

Figura 15

Esquema de envío y recepción de datos de IOT Cloud



Fuente (Elektormagazine, s. f.)

La plataforma Arduino IOT Cloud interactúa con un controlador que tenga acceso a la nube. En el mercado existen disponibles placas oficiales Arduino, o placas que integran el microcontrolador ESP32/ESP8266 como en este caso particular. Arduino IOT Cloud admite su acceso a través de conexiones Wi-Fi y redes móviles. El enlace a través de Wi-Fi es la opción más apropiada por su gran difusión en nuestro medio, la plataforma permite el ingreso de credenciales de manera segura durante la configuración del proyecto. (Getting Started With the Arduino IOT Cloud, s. f.).

Metodología

Este proyecto se desarrolló mediante una metodología de experimentación pura, donde se definió un espacio físico dedicado para la medición de variables. El espacio físico por las características de investigación de la agricultura de precisión se seleccionó un invernadero, y las variables a medir, monitorear están divididas en variables ambientales y variables de sustancia nutritiva.

La primera etapa experimental consistirá en lograr una medición en condiciones controladas de todos los sensores, mediante la utilización de muestras calibradas o escalas referenciales.

A continuación, extender la experimentación a un monitoreo continuo de las variables para determinar patrones que sean congruentes con la realidad, por ejemplo, los incrementos y decrementos cíclicos de la temperatura ambiental en correlación con el día y la noche.

Finalmente evidenciar la respuesta de las variables medidas a estímulos artificiales del medio. En este caso la interacción de una bomba de agua para inyectar humedad en el invernadero y forzar la circulación de aire mediante un par de ventiladores extractores para reducirla.

Para el presente proyecto se tomaron en cuenta dos etapas: Primero el desarrollo y construcción de un prototipo de invernadero para contar con un ambiente controlado y segundo el desarrollo del sistema de monitoreo y control de variables en base a tecnologías IOT.

Estructura del Invernadero

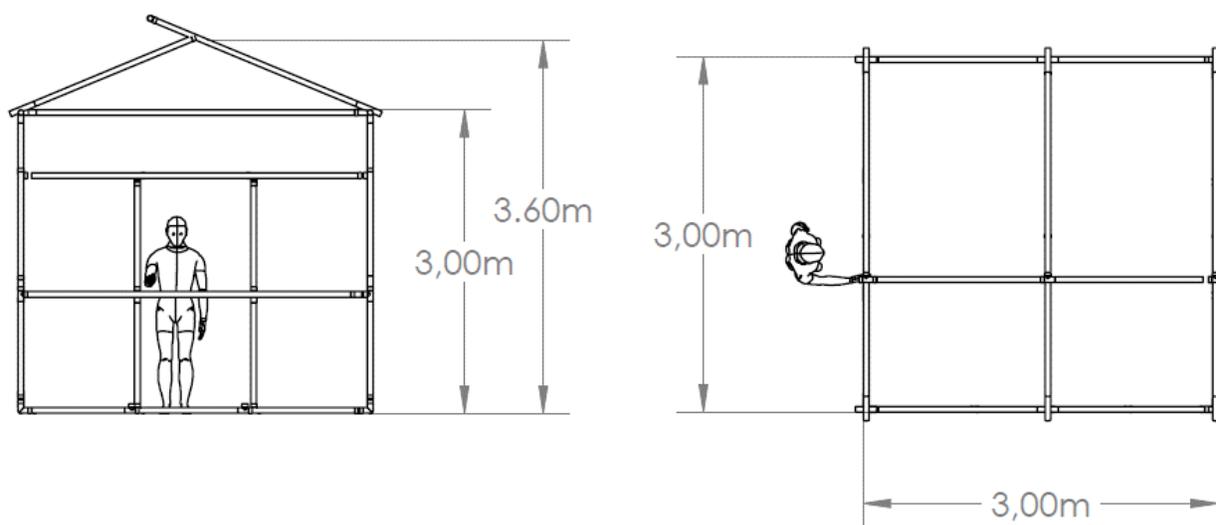
El objetivo principal del invernadero es la de brindar resguardo de las condiciones climáticas exteriores proporcionando un ambiente semicerrado que pueda ser controlado y monitoreado con facilidad. El invernadero en perfil A, localmente conocido como invernadero a

dos aguas, es el tipo más extendido para aplicaciones a pequeña escala, sus alturas laterales varían entre 2.0 a 2.5 metros y la altura del cumbrero entre 3.0 y 3.5 metros para lograr una pendiente del techo entre 15° y 30° (Fitz-Rodríguez & Kubota, 2010)

El prototipo planteado en este proyecto, Figura 16, tiene 3.0 por 3.0 metros de base y una altura mínima de 3.0 metros de altura.

Figura 16

Dimensiones generales invernadero



Fuente propia

Estas dimensiones fueron determinadas tomando en cuenta las medidas comerciales de los insumos de recubrimiento disponibles en el mercado, Figura 17. Los rollos de plástico se comercializan en 1,5 metros, 3,0 metros o 6,0 metros, por lo que por facilidad y rendimiento se optó por un múltiplo de estas.

Figura 17*Plásticos para Invernaderos***Características de los diferentes Tipos de Plásticos para Invernaderos:**

	Transp. Luz (%)	Transp. IR (%)	Transm. Calor (W/m ² °C)	Densidad (g/cm ³)	Anti-goteo	Anti-polvo
PEBD	90	62-65	8-9	0,91-0,93	NO	SI
PEAD	90	62-65	8-9	0,96	NO	SI
EVA	90	11	6-7	0,92-0,93	NO	NO
PVC	90	20-30	7-8	1,16-1,5	SI	NO
PC	75-83	0	4-4,8	1,2	SI	SI

Fuente (Plásticos para Invernadero, s. f.)

En cuanto al material seleccionado se optó por Polietileno de baja densidad con resistencia UV amarillo el cual presenta características físicas muy buenas de resistencia a la radiación solar, su capacidad anti goteo que reduce la cantidad de luz y la condensación que puede generar enfermedades en plantas. (von Elsner et al., 2000)

Por su precio muy asequible es además en la practica el único disponible localmente para invernaderos, este se encuentra muy difundido en el mercado y otras opciones como el vidrio o el PVC se puede implementar para aplicaciones específicas a gran escala.

La estructura de los invernaderos puede variar de acuerdo con su aplicación, escala y presupuesto. Para grandes producciones donde se realizará una actividad permanente se suele invertir en estructuras de acero, cuando la escala es menor de opta por estructuras de madera, en este caso se analizó ambos tipos y una tercera opción de estructura tubular de PVC al ser un prototipo de alcance limitado. (Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales [Universidad Nacional de la Plata], 2018)

Se evaluaron cinco parámetros para la selección de material, Tabla 2, para la estructura del invernadero, en una escala de 1 a 5, se tomó en referencia un modelado aproximado y sin detalles.

Tabla 2

Matriz de selección para estructura de invernadero

Material	Flexibilidad	Rigidez	Fabricación	Costo	Durabilidad	Total
Estructura de perfilería de acero	4	5	2	1	5	17
Madera	1	3	5	5	2	16
Tubo PVC 2"	5	3	5	3	3	19

Fuente propia

Flexibilidad: Hace referencia a la facilidad de los materiales a ensamblarse, modificarse o reutilizarse. Aquí se evaluó con el mejor puntaje (5 pts.) al Tubo PVC y sus accesorios (Te's, Codos, Uniones, etc.) ya que permiten que sea totalmente desmontable, fácil de trasladar o reubicar de ser necesario; y con el peor (1pt) a la Madera debido a que esta para ser ensamblada se utilizan clavos lo cual lo vuelve poco o nada flexible para futuras utilidades.

Rigidez: Hace referencia a la resistencia estructural que se logra y a la necesidad de refuerzos adicionales. Aquí la mejor puntuada fue el acero (5 pts) al ser la más resistente por sus características inherentes; y tanto la madera como el tubo PVC tienen ambas una puntuación media (3 pts) al presentar una resistencia muy aceptable para aplicaciones a menor escala.

Fabricación: Hace referencia a la complejidad técnica de fabricación, experiencia y maquinaria necesaria. La madera y el tubo PVC requieren únicamente de corte para dimensionar sus componentes y elementos de unión simple como clavos o pega respectivamente, por lo que se le evaluó con la mejor puntuación (5 pts); el acero adicional al corte debe pasar por un proceso

de pulido, soldadura y pintura para evitar su corrosión, todos procesos que representan un reto adicional motivo de su baja calificación (2 pts) en este apartado.

Costo: Hace referencia a la inversión requerida para lograr la construcción de un invernadero de las dimensiones antes determinadas, Tabla 3. La madera (5 pts) por su facilidad de fabricación y por lo altamente difundida en el mercado presenta la mejor calificación.

Tabla 3

Comparación de costos de materiales

Opción	Material	Accesorios y servicios de fabricación	Total
Estructura de perfilería de acero	\$ 258,90	\$ 154,60	\$ 413,50
Madera	\$ 121,75	\$ 22,00	\$ 143,75
Tubo PVC 2"	\$ 204,60	\$ 17,35	\$ 221,95

Fuente (Dipac Manta, Edimca, Dismaconcobre)

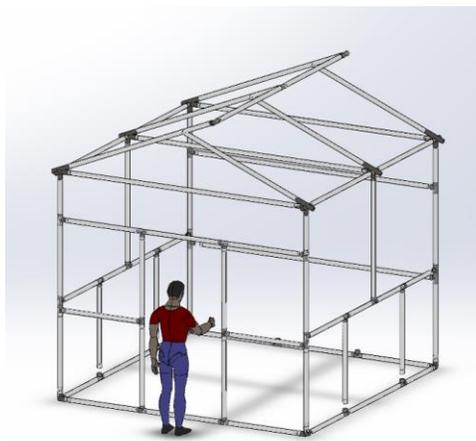
Durabilidad: Hace referencia a el tiempo de vida útil de cada material. El acero con un proceso de soldadura y tratamiento anticorrosivo adecuado en la alternativa más duradera (5 pts); y la madera al ser la más susceptible a la humedad, radiación solar e incluso a plagas presenta la menos durabilidad y es la opción peor valorada.

Una vez evaluado estos 5 parámetros se tiene que para una aplicación al nivel de prototipo la alternativa más adecuada es la utilización de Tuvo PVC de 2 pulgadas para la fabricación de la estructura del invernadero. Siendo su flexibilidad y facilidad de fabricación sus puntos sobresalientes y una rigidez, costo y durabilidad bastante buenas. Por lo que se procedió a realizar

un modelado en 3d del mismo, Figura 18, para determinar con mayor detalle para ejecutar su fabricación.

Figura 18

Modelado 3d de la estructura del invernadero



Fuente propia

Una vez seleccionado el material tanto del recubrimiento como de la estructura se procedió a la fabricación del prototipo.

Sensores

En base a lo estudiado en el Sistemas IOT para agricultura de ambiente controlado se escogieron sensores para realizar lecturas de las variables ambientales dentro del invernadero y para generar un registro de la sustancia nutritiva con la que se irrigaran los cultivos en el interior.

Para la selección de estos sensores se consideró en primer lugar la disponibilidad en el mercado local y dando prioridad a sensores digitales cuyas señales sean ya acondicionadas y calibradas de fábrica, Tabla 4, para garantizar en medida de lo posible su estabilidad en la medición de las variables a lo largo del tiempo, o en el caso de los sensores analógico se optó por aquellos que contasen con protocolos bien detallados y documentados para su calibración y lectura.

Tabla 4

Sensores de monitoreo del invernadero y la sustancia nutritiva

Variable	Sensor	Tipo
Temperatura ambiente	DHT22	Digital
Humedad relativa ambiente	DHT22	Digital
Intensidad lumínica	BH1750	Digital
Conductividad	TDS Meter V1.0	Analógico
pH	PH-4505c	Analógico
Temperatura Sustancia nutritiva	DS18B20	Digital

Fuente propia

Adicionalmente se consideró aquellos sensores que permitiesen una posible expansión a futuro sin afectar la estructura física del controlador a desarrollar, en este caso un ESP32.

Sistema de nebulización

Este sistema consta de tres partes, un reservorio de sustancia nutritiva, una bomba y un nebulizador.

En el reservorio se encuentran ubicados el sensor DS18B20r el sensor TDS y la sonda del sensor de pH. Este reservorio se encuentra conectado mediante tubería PVC a una bomba periférica de ½ HP, Figura 19, la misma que será activada por el controlador.

El nebulizador, Figura 20, utilizado tiene 4 salidas que trabajan de 3 a 5 bar de presión y brindan un radio de nebulización de 1 a 1.5 metros con lo que se cubre toda la superficie del prototipo de invernadero.

Figura 19

Bomba periférica 1/2HP 110V



Fuente (Kywi tienda en línea, 2023)

Figura 20

Nebulizador Fogger COOLNET PRO4 - presión 3.0-5.0BAR



Fuente (Nebulizador Fooger, s. f.)

Adicionalmente para este sistema se implementó un par de ventiladores de 4 pulgadas, Figura 21, diseñados para extraer volúmenes de aire de pequeños habitáculos, consta también de dos compuertas las cuales permiten el flujo de aire únicamente cuando los ventiladores están activos.

Los extractores tienen una capacidad combinada de 100 metros cúbicos por hora el habitáculo del invernadero es de 30 metros cúbicos, por lo que el aire en el interior se puede recircular en 20 minutos aproximadamente.

Figura 21

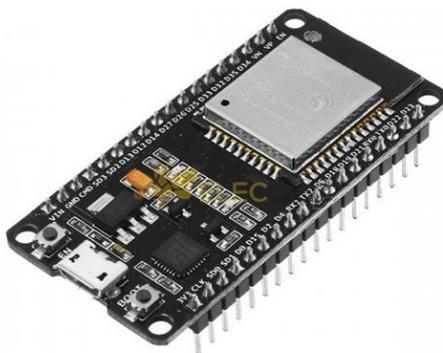
Ventilador Extractor 110v unidireccional



Fuente (Extractor De Olores 4 Pulgadas, s. f.)

Controlador ESP32

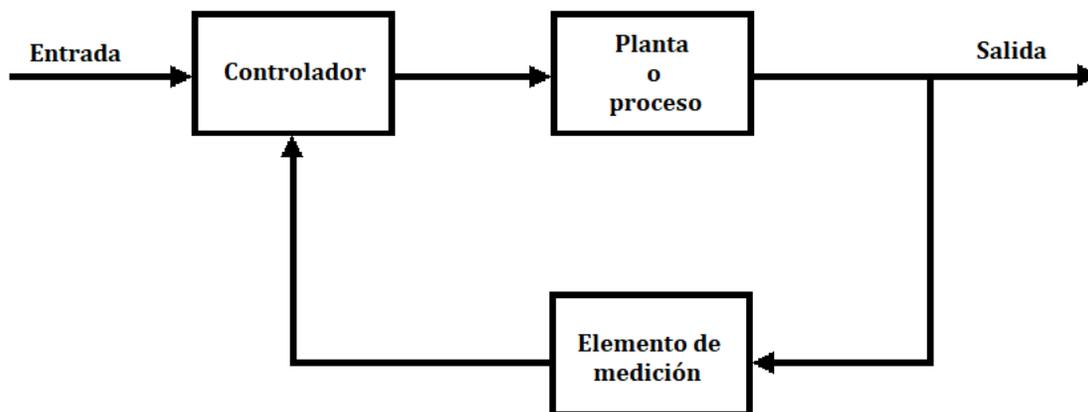
El ESP32, Figura 22, es un controlador de bajo costo y bajo consumo en una serie de chips (SoC) con Wi-Fi y capacidades Bluetooth de modo dual. Además, consta de puertos de entrada y salida con capacidad de conversión ADC, 16 puertos de salida para modulación por ancho de pulso, comunicación I2C, UART y SPI. Este controlador fue específicamente diseñado para el desarrollo de dispositivos móviles, dispositivos electrónicos portátiles y aplicaciones IOT, el ESP32 logra un consumo de energía ultra bajo a través de características de ahorro de energía que incluyen activación de reloj de resolución fina, múltiples modos de energía y escalado dinámico de energía. (The Internet of Things with ESP32, s. f.)

Figura 22*Controlador ESP32*

Fuente (*The Internet of Things with ESP32, s. f.*)

Estructura del sistema de control

El sistema de control para esta aplicación se realizó en base a un control de lazo cerrado, Figura 23, que se caracteriza por ejecutar una lectura en tiempo real de las variables que se quiere controlar y la comparan con un valor referencial objetivo para cada caso de estudio. Son también llamados sistemas retroalimentados ya que se encargan de realizar una comparación y en base a esto tomar acciones de control en el proceso. (Hernández Gaviño, 2010).

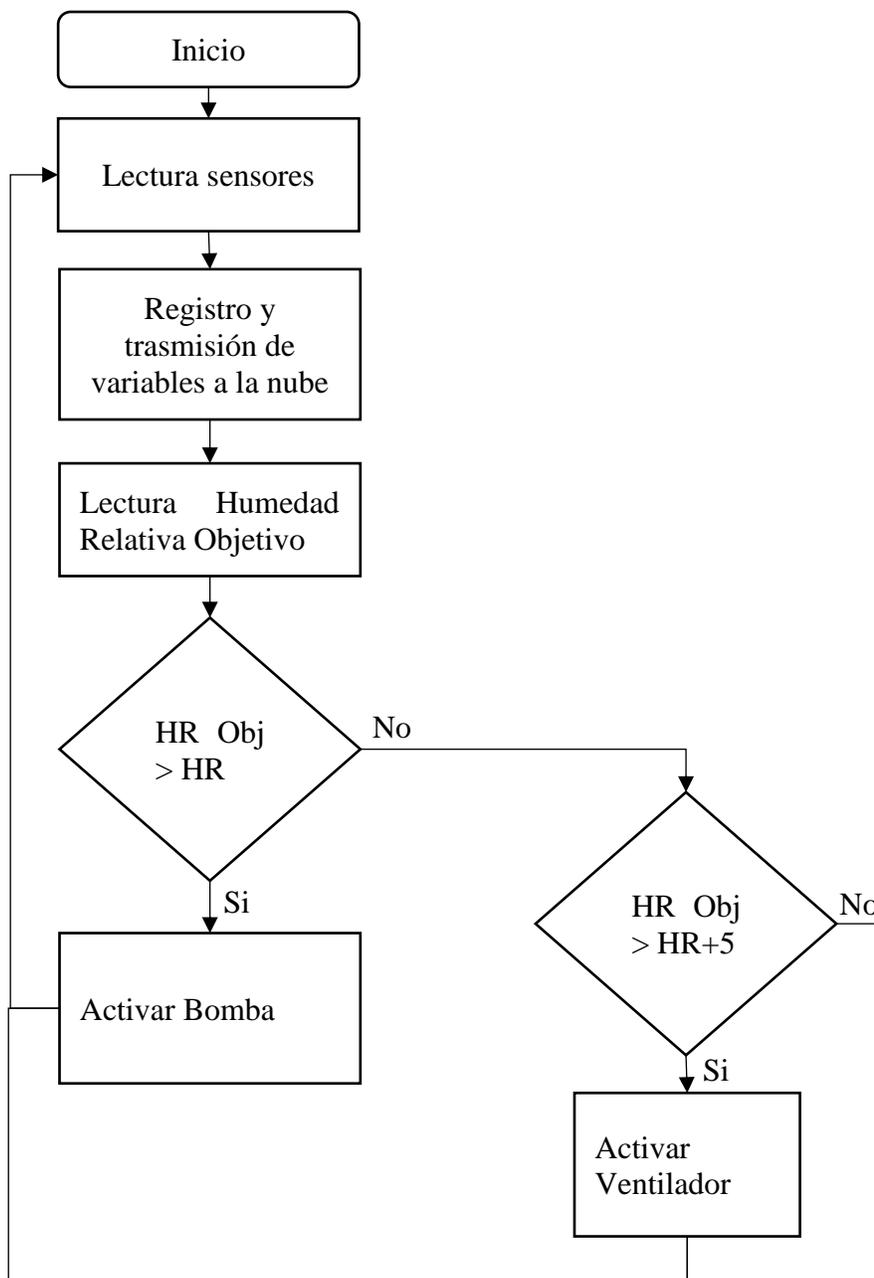
Figura 23*Esquema del proceso de monitoreo y control de lazo cerrado*

Fuente (*Ruiz Tórrez, 2019*)

En este caso la *Entrada* es la humedad relativa objetivo determinada por el usuario el *Proceso* es el accionamiento del sistema de nebulización para incrementar la humedad energizando la bomba o los ventiladores para reducirla, esto se encuentra detallado en la Figura 24.

Figura 24

Diagrama de flujo del Sistema de control



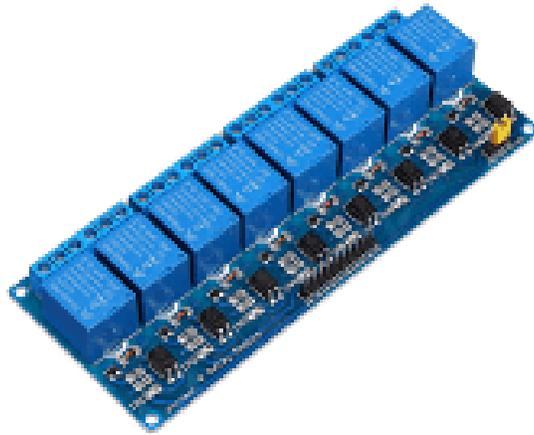
Fuente propia

Diseño de la placa de control

Se diseñó una placa que permitiese maximizar el aprovechamiento de las capacidades del microcontrolador ESP32 para permitir la lectura de sensores y control de actuadores para el sistema de nebulización a través de un módulo de relés, Figura 25.

Figura 25

Módulo de 8 relés 5Vcd



Fuente (8 Channel Relay 12V with Optocoupler, s. f.)cd

Este módulo de relés tiene la función de activar o interrumpir el flujo eléctrico desde una fuente de 110Vac externa hacia los actuadores de control del sistema de nebulización y además permite ampliar el control hacia futuros actuadores.

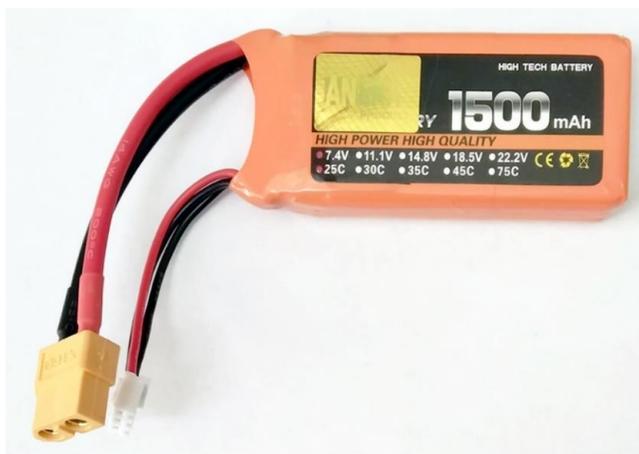
El sistema se desarrolló para ser alimentado con una fuente externa de 9 Vdc y con un respaldo de una batería de litio de 7.4Vdc que garantiza un suministro de energía temporal al sistema de monitoreo en caso de interrupción del servicio eléctrico.

Tabla 5*Consumo eléctrico componentes electrónicos*

Sensor	Consumo máximo (mAh)	Consumo Promedio (mAh)
DHT22	2,5	2,5
BH1750	1	1
TDS Meter V1.0	6	6
PH-4505c	10	10
DS18B20	1,5	1,5
Módulo 8 Relés	720	180
Esp32	50	50
Total		251

Fuente propia

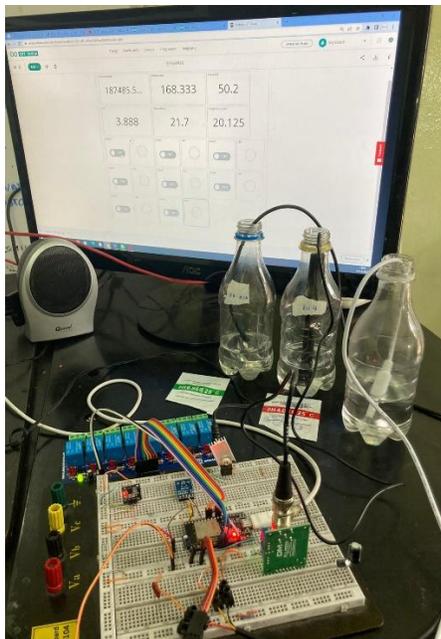
En base a los consumos eléctricos de los componentes se seleccionó una batería de 1500 mAh, Figura 26, para dar un respaldo de hasta 6 horas al sistema en caso de cortes de suministro eléctrico,

Figura 26*Batería de Lipo litio ANERA 7.4V 2S 1500mAh 25C**Fuente (MEGATRONICA, 2022)*

El esquemático del sistema de control, Figura 27, incluye una bornera individual para cada sensor y para cada salida al módulo de relés.

Figura 29

Proceso de calibración de sensores

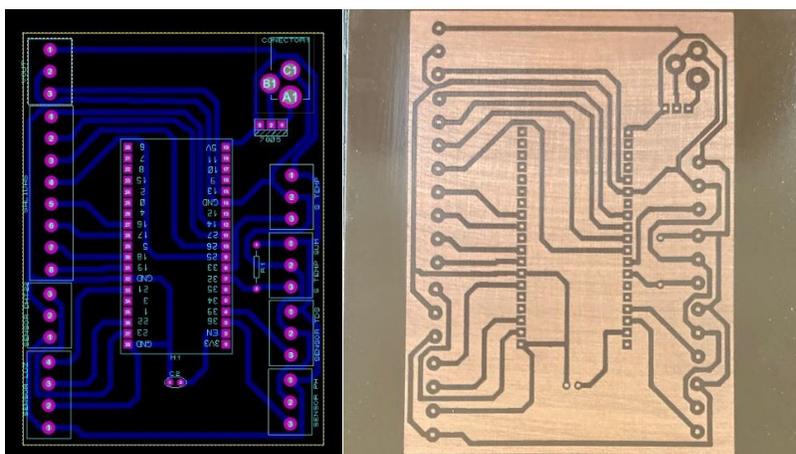


Fuente propia

Validado el funcionamiento se diseñó una placa PCB, Figura 30, para instalar los componentes de forma permanente

Figura 30

Diseño de la placa PCB y resultado final



Fuente propia

Aplicación de usuario

Desarrollo de la aplicación

La aplicación se desarrolló en la plataforma Arduino IOT Cloud al ser compatible con los requerimientos que se determinaron para este proyecto.

Esta plataforma tiene una total compatibilidad con el controlador ESP32 por lo que el entorno de desarrollo es de fácil implementación y la transmisión de datos entre el sistema de control ubicado en el invernadero y la interfaz de usuario a través de protocolo MQTT se configura directamente por la plataforma sin codificación manual quien asigna automáticamente un nombre al dispositivo, Figura 31, reconoce su ID y asigna una contraseña única.

Figura 31

Configuración de red del controlador



Fuente propia

La plataforma Arduino IOT Cloud presenta planes de modalidad gratuita y modalidad a pago, para esta aplicación se eligió un plan pagado de \$5.99 mensuales ya que este brinda una retención de datos de 90 días ideal para llevar un registro histórico de las variables medidas, fundamental para futuros estudios de cultivos.

Resultados

Instalación del prototipo de invernadero

La fabricación del prototipo de invernadero se realizó con tubería PVC de ventilación de dos pulgadas, Figura 32, las juntas se con uniones comerciales T, Y y codos rectos. En su interior se instaló el sistema de nebulización, Figura 33.

Figura 32

Vista exterior e interior del prototipo de invernadero



Fuente propia

Figura 33

Instalación del sistema de nebulización

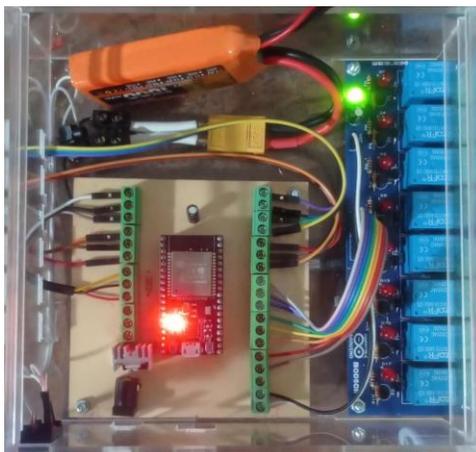


Fuente propia

La placa PCB, Figura 34, con todos sus elementos fue montada en una caja plástica como se indica en la figura.

Figura 34

Distribución final del sistema de control

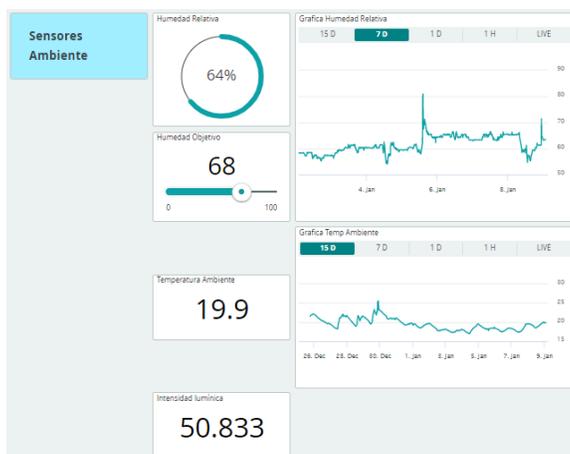
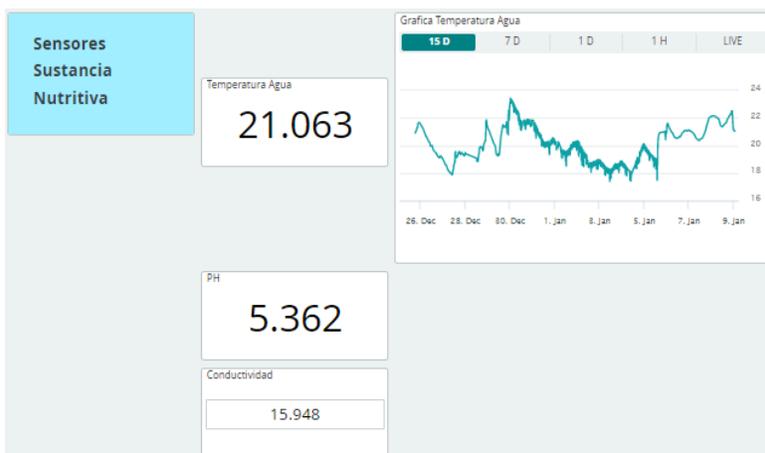


Fuente propia

Interfaz de usuario para PC

Esta interfaz está dividida en tres secciones donde se indican los valores en tiempo real de las variables medidas y graficas de las variables más importantes que sufren mayor variación en el tiempo.

En la sección de Sensores Ambiente se incluye un control deslizante con la Humedad Objetivo, Figura 35, que se desee dentro del invernadero la programación del microcontrolador activará el Relé 1 y por consecuencia una bomba de agua la cual generará mediante un nebulizador un incremento en la humedad en el caso de que esta variable detectada por el sensor se encuentre del valor designado. Si la humedad relativa exceda en más de un 10% la Humedad objetivo el microcontrolador activará el Relé 2 y por consecuencia un par de ventiladores, uno para inyectar aire del exterior y el otro para extraer el aire del interior.

Figura 35*Interfaz de monitoreo de Sensores Ambiente**Fuente propia***Figura 36***Interfaz de monitoreo de Sensores Sustancia Nutritiva**Fuente propia*

El desarrollo de la interfaz de usuario también incluye la opción de activar manualmente los actuadores conectados al sistema de control, Figura 37.

Figura 37

Interfaz de activación manual de actuadores



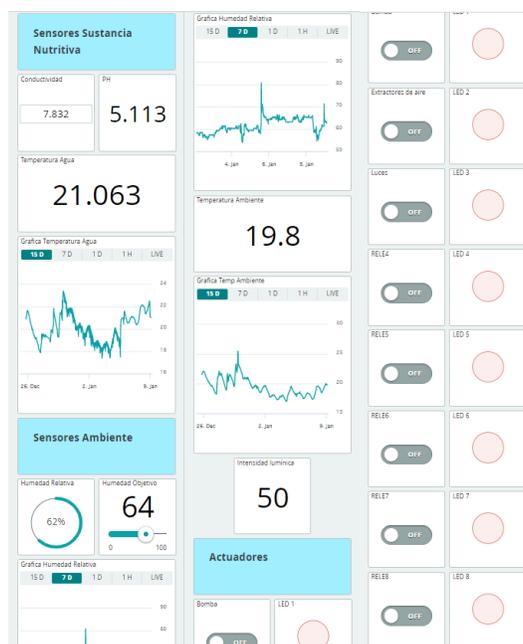
Fuente propia

Interfaz de usuario para dispositivos móviles

Esta interfaz para dispositivos móviles, Figura 38, contiene la misma información y estructura que la desarrollada para PC su único cambio es su formato enfocado para ser amigable con dispositivos de pantalla vertical (teléfonos celulares o tabletas).

Figura 38

Contenido secuencial de variables, gráficas y actuadores



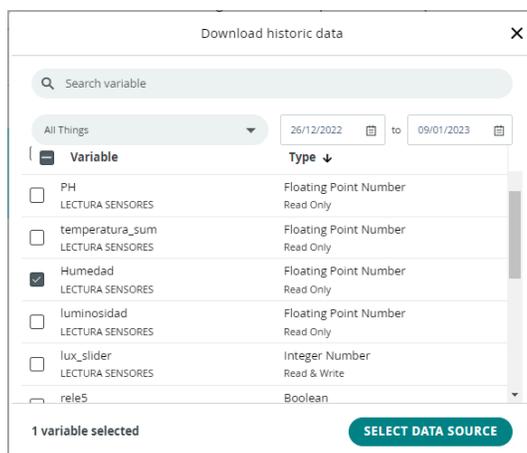
Fuente propia

El sistema de control se programó directamente en la plataforma de Arduino IOT Cloud, todos los sensores digitales tienen sus propias librerías preestablecidas por lo que su lectura se realiza con comandos específicos, mientras que los sensores analógicos requieren una lectura y acontecimiento particular en cada caso.

Para la validación del sistema se realizó un monitoreo ininterrumpido de 20 días, toda la información obtenida de cada sensor se puede rescatar desde la plataforma en un archivo .CSV, como se observa en la Figura 39.

Figura 39

Interfaz para descarga de registro histórico de variables almacenadas



Fuente propia

Lecturas Sensor DHT22

El sensor DHT22 se conectó al controlador físicamente en el pin 23 y se lo inicializó como se indica en la Figura 40.

Figura 40

Código de configuración del sensor DTH22

```
#include <DHT.h>
#define DHT_SENSOR_PIN 23 |
#define DHT_SENSOR_TYPE DHT22
DHT dht_sensor(DHT_SENSOR_PIN, DHT_SENSOR_TYPE);
```

Fuente propia

La adquisición de la información está definida con un código particular en la librería, Figura 41, en este caso las lecturas de Temperatura ambiente y humedad relativa se asignan a un variable.

Figura 41

Código para lectura de Temperatura y humedad con el sensor DTH22

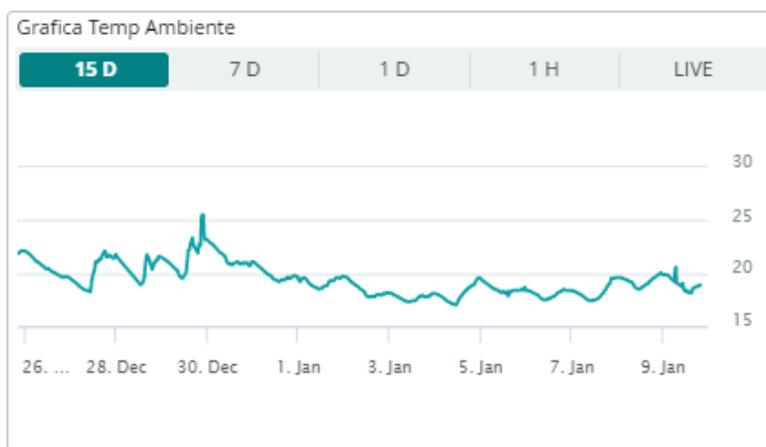
```
float humi = dht_sensor.readHumidity();
float tempC = dht_sensor.readTemperature();
```

Fuente propia

Estas variables se transmiten a la nube para su registro, la plataforma puede graficar directamente los últimos 15 días de lecturas, Figura 42, sin embargo, se puede acceder y descargar manualmente un registro histórico de hasta 90 días.

Figura 42

Grafica de Temperatura dentro del invernadero



Fuente propia

En la Figura 42 se puede observar un patrón de crestas y valles coincidentes con las variaciones de temperatura externos entre el día y la noche.

Al ser un ambiente cerrado la humedad es menos susceptible a los cambios de exterior por lo que se puede observar en la Figura 43, una tendencia más lineal y creciente, coincidente con la temporada de precipitaciones en el mes de enero. Adicionalmente se pueden observar dos picos muy pronunciados, marcados con rojo, que son registros de las pruebas del sistema de nebulización, estos se detallaran en el siguiente apartado.

Figura 43

Grafica de Humedad relativa dentro del invernadero



Fuente propia

Prueba de sistema de nebulización

El ambiente cerrado del invernadero brinda una gran estabilidad de la humedad relativa, y el dimensionamiento del sistema de bomba y nebulizador otorga una respuesta muy rápida para incrementar el nivel de humedad, y al ser un habitáculo relativamente pequeño los ventiladores también logran inyectar aire del exterior y extraer aire del interior equiparando la humedad relativa ambiental en muy corto tiempo. El ensayo registrado en la Figura 44, se ejecutó durante 5 horas y 30 minutos, se eligió una humedad relativa objetivo de 75%, en la figura se observa claramente que existe un desfase versus la humedad ambiental exterior.

Figura 44

Lectura de Humedad relativa durante ensayo



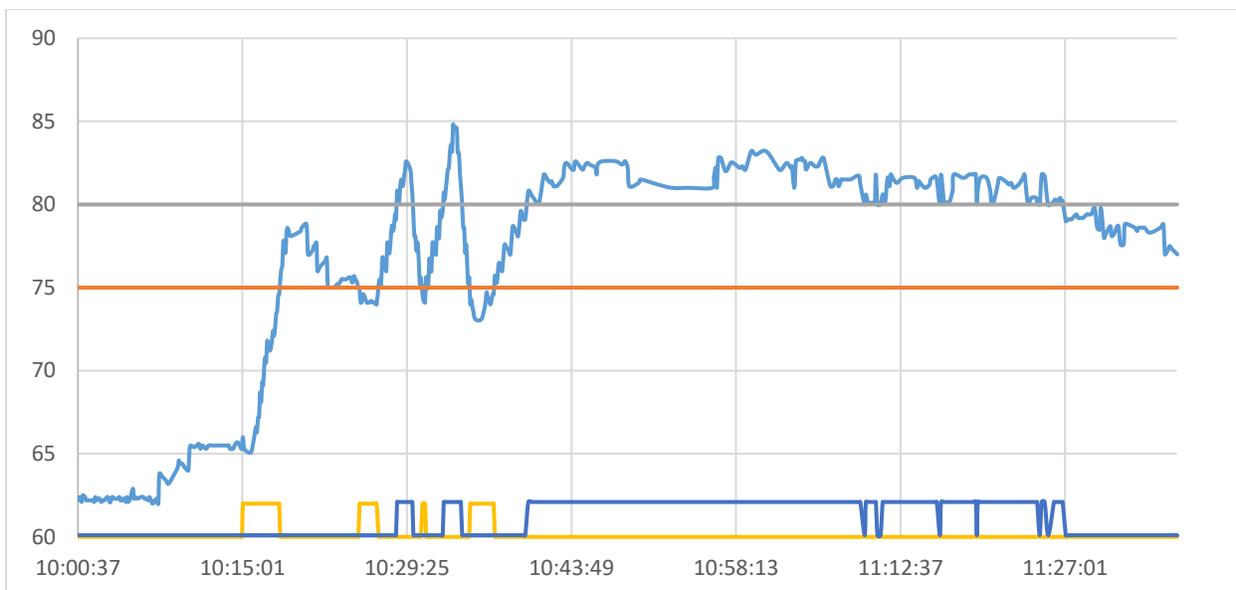
Fuente propia

En el ensayo se puede observar que el sistema tarda aproximadamente 40 minutos, desde el inicio a las 10h15 hasta las 11h27 hasta que la humedad relativa se estabilice en el interior del invernadero, luego de lo cual el sistema de nebulización no volvió a intervenir hasta el fin del ensayo.

En la figura 45 se observa la gráfica de humedad relativa con los datos descargados desde la plataforma, en gris observamos el umbral sobre el cual se activan los ventiladores, en naranja el umbral por debajo el cual se activa la bomba. En amarillo el tiempo activo de la bomba y en azul oscuro el tiempo activo de los ventiladores. Los valores registrados por la plataforma se detallan en el Anexo B.

Figura 45

Grafica de Humedad relativa hasta estabilizar el sistema



Fuente propia

Lecturas Sensor BH1750

El sensor BH1750 se conectó al controlador físicamente en el pin 21 y se lo inicializó como se indica en la Figura 46.

Figura 46

Código de configuración del sensor BH1750

```
#include <Wire.h>
#include <BH1750.h>
BH1750 lightMeter;
```

Fuente propia

La adquisición de la información está definida con un código particular en la librería, en este caso la lectura de intensidad lumínica se asigna a un variable descrita en la Figura 47.

Figura 47

Código para lectura de intensidad lumínica con el sensor BH1750

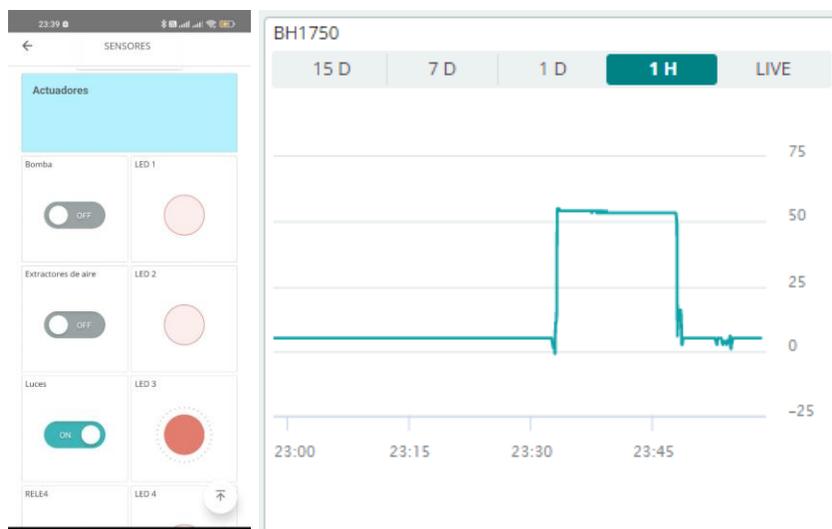
```
float lux = lightMeter.readLightLevel();
```

Fuente propia

En la figura 48 se observa la interacción del BH1750 durante la noche con una luz artificial conectada al relé 3 activada manualmente desde la plataforma.

Figura 48

Grafica de intensidad lumínica dentro del invernadero



Fuente propia

También se puede observar que el valor a pesar de ser de noche y con la iluminación apagada nunca llega a cero, esto debido a la contaminación lumínica propia de un entorno urbano.

Lecturas Sensor DS18B20

El sensor DS18B20 se conectó al controlador físicamente en el pin 32 y se lo inicializó como se indica en la Figura 49.

Figura 49

Código de configuración del sensor DS18B20

```
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
const int oneWireBus = 32;
OneWire oneWire(oneWireBus);
DallasTemperature sensors(&oneWire);
```

Fuente propia

La adquisición de la información está definida con un código particular en la librería, en este caso la lectura de temperatura de la sustancia nutritiva se asigna a un variable como se detalla en la Figura 50.

Figura 50

Código para lectura de temperatura con el sensor DS18B20

```
sensors.requestTemperatures();
float temperature = sensors.getTempCByIndex(0);
```

Fuente propia

En la figura 51 se observa un patrón de crestas y valles coincidentes con las variaciones de temperatura externas entre el día y la noche.

Figura 51

Grafica de Temperatura dentro del reservorio



Fuente propia

Lecturas Sensor TDS

El sensor TDS Meter V1.0 se conectó al controlador físicamente en el pin 39 y se lo inicializó como se indica en la Figura 52.

Figura 52

Código de configuración del sensor TDS Meter V1.0

```
#define TdsSensorPin 39
#define VREF 3.3
#define SCOUNT 30
int analogBuffer[SCOUNT];
int analogBufferTemp[SCOUNT];
int analogBufferIndex = 0;
int copyIndex = 0;
float averageVoltage = 0;
float tdsValue = 0;
float temperature = 25;
```

Fuente propia

La adquisición de la información al ser un sensor analógico depende de un acondicionamiento manual por lo que se requieren variables adicionales detallado en la Figura 53.

Figura 53

Código para lectura de conductividad eléctrica con el sensor TDS

```
static unsigned long analogSampleTimepoint = millis();
if (millis() - analogSampleTimepoint > 400) //every 40 milliseconds,read the analog value from the A
{
  analogSampleTimepoint = millis();
  analogBuffer[analogBufferIndex] = analogRead(TdsSensorPin); //read the analog value and store in
  analogBufferIndex++;
  if (analogBufferIndex == SCOUNT)
    analogBufferIndex = 0;
}
static unsigned long printTimepoint = millis();
if (millis() - printTimepoint > 8000) {
  printTimepoint = millis();
  for (copyIndex = 0; copyIndex < SCOUNT; copyIndex++)
    analogBufferTemp[copyIndex] = analogBuffer[copyIndex];
  // averageVoltage = getMedianNum(analogBufferTemp, SCOUNT) * (float)VREF / 1024.0; // read the analog
  averageVoltage = getMedianNum(analogBufferTemp, SCOUNT) * (float)VREF / 4095.0; // read the analog
  float compensationCoefficient = 1.0 + 0.02 * (temperature - 25.0); //temperature compensation formu
  float compensationVolatge = averageVoltage / compensationCoefficient; //temperature compensation
  tdsValue = (133.42 * compensationVolatge * compensationVolatge * compensationVolatge - 255.86 * com
```

Fuente propia

Este código básicamente realiza un conjunto de 30 mediciones y las promedia para disminuir el ruido producto de la sensibilidad propia del sensor. Luego a este valor se lo debe acondicionar tomando en cuenta los siguientes parámetros:

- La resolución del convertidor analógico digital, 12 bits, es decir, unos valores entre 0 y 4095.
- Un coeficiente de compensación ya que el fabricante estandariza su funcionamiento a 25 grados centígrados, valor al que difícilmente se puede obtener en Quito, por lo que utilizamos la lectura del sensor DS18B20 para calcular este coeficiente.
- Y finalmente una ecuación de conversión de voltaje a de conductividad eléctrica en ppm

$$\text{Valor TDS (ppm)} = \frac{133.42 \times V^3 - 255.86 \times V^2 + 857.39 \times V}{2}$$

En la figura 54 se observa el tiempo de respuesta del sensor desde que se introduce en la sustancia nutritiva hasta que su valor se estabiliza.

Figura 54

Grafica de conductividad eléctrica de agua de la llave



Fuente propia

En este caso se utiliza agua común del suministro local, sin ningún tipo de fertilizante o solución, su valor promedio es de 108 ppm lo cual es congruente con los valores de agua de la llave descritos en la Figura 13.

Lecturas Sensor PH

El sensor PH-4505c se conectó al controlador físicamente en el pin 36 y se lo inicializó como se indica en la Figura 55.

Figura 55

Código de configuración del sensor PH-4505c

```
int pHSense = 36;
int buf[10],temp;
int samples = 10;
```

Fuente propia

La adquisición de la información al igual que el anterior al ser un sensor analógico depende de un acondicionamiento manual por lo que se requieren variables adicionales detallado en la Figura 56.

Figura 56

Código para lectura de pH con el sensor PH-4505c

```
int measurings=0;

for (int i = 0; i < samples; i++) {
    buf[i] = analogRead(pHSense);
    delay(10);
}

float avgval=0;
for(int i=0;i<10;i++)
    avgval+=buf[i];

float volt=(float)avgval*3.3/4095/10;
float voltr = map(volt, 0, 3.3, 0, 5.0);
float ph_act = -4.75 * volt + 19.685;
```

Fuente propia

Este código básicamente realiza un conjunto de 10 mediciones y las promedia para disminuir el ruido producto de la sensibilidad propia del sensor. Luego a este valor se lo debe acondicionar tomando en cuenta los siguientes parámetros:

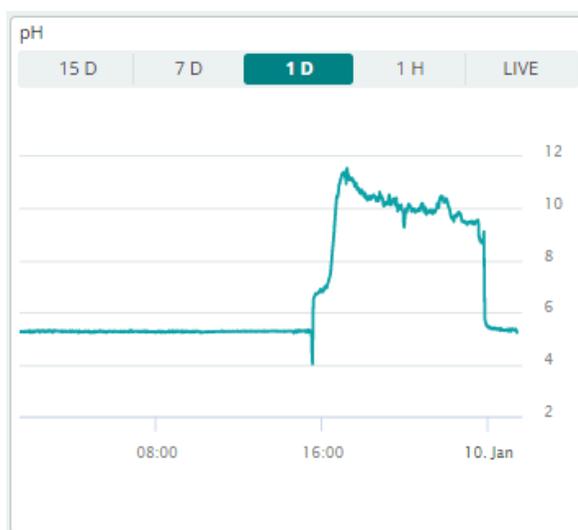
- La resolución del convertidor analógico digital, 12 bits, es decir, unos valores entre 0 y 4095.
- Un coeficiente de compensación al trabajar con un voltaje de suministro al sensor de 3.3Vdc.
- Y finalmente la ecuación de conversión de voltaje a pH descrita en la figura 18

$$\text{Valor pH} = -4.75 \times V + 19.685$$

En la figura 57 se observa la lectura del sensor expuesto primero a una solución de 500ml de agua de la llave con un sobre de calibración de 6.86pH y un sobre de 4.01pH y luego a una solución de 250ml de agua de la llave con un sobre de calibración de 9.18pH.

Figura 57

Grafica de ph de agua de la llave



Fuente propia

Costos

Los valores en dólares de todos los elementos y dispositivos utilizados para la construcción del proyecto se encuentran detallados en la Tabla 6. Estos montos sirven como referencia en el caso de implementarse este tipo de sistemas para agricultura de ambiente controlado ya no como prototipo, si no a escala real para cultivos.

Tabla 6

Costos de elementos utilizados en el proyecto

Elemento		P. Total
Controlador Wifi ESP32	Sistema de control	\$ 24,00
Sensor de pH PH-4505c	Sistema de control	\$ 65,00
Sensor conductividad TDS Meter V1.0	Sistema de control	\$ 59,00
Sensor de temperatura sumergible DS18B20	Sistema de control	\$ 17,50
Sensor de Temperatura y humedad DHT22	Sistema de control	\$ 17,50
Sensor de Intensidad lumínica BH1750	Sistema de control	\$ 13,25
Módulo de 8 relés 5Vcd	Sistema de control	\$ 22,50
Protoboard	Sistema de control	\$ 28,50
Consumibles	Sistema de control	\$ 30,00
Plataforma Arduino IOT Cloud	Sistema de control	\$ 5,99
Estructura invernadero	Invernadero	\$ 204,60
Plástico para invernadero	Invernadero	\$ 83,00
Insumos	Invernadero	\$ 21,00
Bomba periférica 1/2HP 110V PAOLO	Sistema de nebulización	\$ 43,95
Tanque reservorio	Sistema de nebulización	\$ 18,00
Mangueras y tuberías	Sistema de nebulización	\$ 18,00
Nebulizador Fogger COOLNET PRO4	Sistema de nebulización	\$ 2,45
Ventiladores extractores 110v	Sistema de nebulización	\$ 21,00
Insumos	Sistema de nebulización	\$ 16,00
Total		\$ 711,24

Fuente propia

Discusión

El sistema de control desarrollado evidencia ser una potente herramienta para el estudio de cultivos enfocados a la agricultura de ambiente controlado. El registro de las variables tanto dentro del ambiente como de la sustancia nutritiva minimiza la necesidad de tomar decisiones de manera

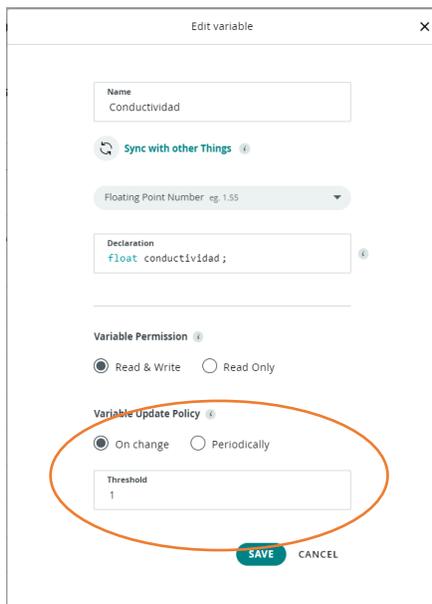
empírica y ofrece la posibilidad de estudiar a detalle la eficacia y la incidencia de implementar cambios en el método de cultivo.

Los registros descargados de la plataforma llegan a estar conformados hasta por 100 lecturas por minuto, en el Anexo B se puede observar el registro obtenido de la prueba de nebulización para incrementar la humedad dentro del invernadero, cuando el registro se realiza cada vez que una variable medida cambia de valor, lo que para un prototipo es útil para poder estudiar el comportamiento del sistema con gran capacidad de trazabilidad.

En la Figura 58 se puede observar la configuración con la que se ejecutó todo el estudio del prototipo desarrollado en el proyecto, registrando la medición de una variable cada vez que esta sufría una variación (On change), lo cual en ensayos de unas cuantas horas conllevaba al análisis de miles de datos lo que requería una enorme capacidad de cálculo en el ordenador.

Figura 58

Configuración de periodicidad de registro On Change



The image shows a screenshot of a web application interface for editing a variable. The window is titled "Edit variable" and contains the following fields and options:

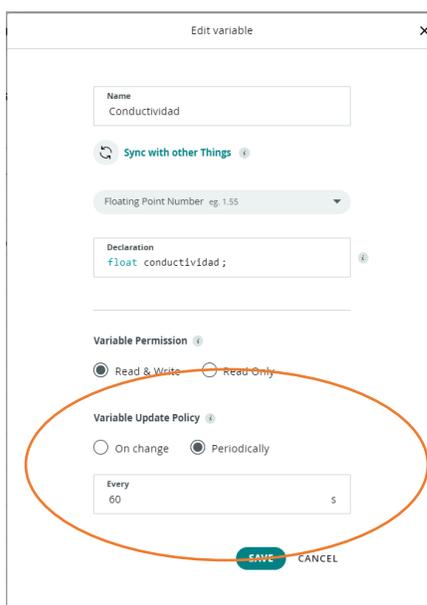
- Name:** Conductividad
- Sync with other Things:** A button with a refresh icon.
- Floating Point Number:** A dropdown menu showing "eg. 1.55".
- Declaration:** A text field containing "float conductividad;".
- Variable Permission:** Radio buttons for "Read & Write" (selected) and "Read Only".
- Variable Update Policy:** Radio buttons for "On change" (selected) and "Periodically". This section is circled in orange.
- Threshold:** A text field containing "1".
- Buttons:** "SAVE" and "CANCEL" buttons at the bottom.

Fuente propia

Sin embargo, para aplicaciones en cultivos donde el análisis de datos puede extenderse durante meses la cantidad de información potencial puede conllevar a una limitante por lo que para futuras aplicaciones prácticas se propone reconfigurar periodicidad de registro de las variables a un valor fijo de 60 segundos como se indica en la Figura 59.

Figura 59

Configuración de periodicidad de registro propuesta para aplicaciones



The image shows a web-based configuration window titled "Edit variable" with a close button (X) in the top right corner. The window contains the following fields and options:

- Name:** A text input field containing "Conductividad".
- Sync with other Things:** A button with a circular refresh icon and a help icon.
- Floating Point Number:** A dropdown menu showing "eg. 1.55".
- Declaration:** A text input field containing "float conductividad;" with a help icon.
- Variable Permission:** Two radio buttons: "Read & Write" (selected) and "Read Only".
- Variable Update Policy:** Two radio buttons: "On change" and "Periodically" (selected).
- Every:** A text input field containing "60" and a unit dropdown menu showing "s".
- Buttons:** "SAVE" (green) and "CANCEL" (grey) buttons at the bottom.

An orange oval highlights the "Variable Update Policy" section, specifically the "Periodically" radio button and the "Every" field with its unit dropdown.

Fuente propia

Esta herramienta basada en el internet de las cosas enfocada al sector agrícola es una tecnología que puede impactar en los procesos de cultivo en el país, tradicionalmente empíricos, logrando análisis de productividad y rendimiento de los recursos sustentados en datos producto de un monitoreo permanente directamente sobre los cultivos.

El tratarse de un prototipo se puede considerar que el costo de su implementación fue bajo tomando en cuenta su robustez en el sistema de control, la cantidad de variables monitoreadas y su capacidad de ampliar el control de más sistemas o actuadores como válvulas o bombas para

sistemas de riego adicionales. Adicionalmente el aplicativo al estar desarrollado en la nube con una base en tecnologías de transmisión de datos MQTT en un formato de integración de industria 4.0 entre usuario, software, sensores, actuadores permite el acceso a toda información recopilada en cualquier parte del mundo con acceso a internet y en tiempo real, con lo cual se puede universalizar la disponibilidad a la información y abriendo la puerta a colaboraciones de investigación no solo dentro de país.

Conclusiones

- Se comprobó en base a la obtención periódica de información proveniente de 6 tipos de variables la viabilidad para hacer estudios de alta precisión dentro del prototipo de invernadero a través de tecnologías IOT, permitiendo disponer de información para el análisis de productividad y rendimiento de recursos invertidos en un cultivo.
- Se investigaron diferentes alternativas de construcción de invernaderos y se desarrolló un prototipo que brindó la posibilidad de tener condiciones ambientales controladas, estables cuyo comportamiento es poco susceptible a los cambios inherentes al clima.
- Se desarrolló un sistema con capacidad de controlar y monitorear a través de una conexión inalámbrica a internet que ejecuta una lectura y transmisión de datos periódica de los diversos sensores que se investigaron y escogieron por sus características técnicas al ser los más aptos en el mercado para aplicaciones de agricultura de ambiente controlado.
- Se diseñó y programó un aplicativo en la nube de fácil acceso para el usuario, basado en protocolos MQTT para transmitir y registrar los datos obtenidos a lo largo

de hasta 90 días permitiendo la disponibilidad de información de un lapso de tiempo suficiente para poder determinar tendencias en el grado de incidencia en los cultivos de las condiciones climáticas, la implementación de fertilizantes u otras sustancias.

Recomendaciones

- Para aplicaciones en el campo el sistema se debe instalar en una caja resistente a las condiciones climáticas. El sistema de control en este proyecto se instaló en una caja plástica dentro de una habitación contigua al prototipo de invernadero por lo que se disponía de una señal fuerte de internet y protegida del ambiente.
- Los sensores análogos de pH y conductividad eléctrica requieren incorporar en la programación de su acondicionamiento un promedio entre varias lecturas ya que presentan mediciones anómalas aisladas que pueden entorpecer la representación gráfica y el posterior análisis de los datos.
- Los sensores no se encuentren a una distancia superior a 6 metros de controlador ya que se genera ruido en las señales y por ende pérdida de datos.

Referencias Bibliográficas

- 8 Channel Relay 12V with Optocoupler Isolation Relay Module Geekcreit for Arduino - products that work with official Arduino boards.* (s. f.). Elecbee Factory.
https://www.elecbee.com/en-29083-8-Channel-Relay-12V-with-Optocoupler-Isolation-Relay-Module-for-Arduino-products-that-work-with-official-Arduino-boards?utm_term=
- Acevedo, N. (2021, 17 octubre). *Arquitecturas IOT*. Aprendiendo Arduino.
<https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2018/11/11/arquitecturas-iot/>
- alldatasheet.com. (s. f.). *DS18B20 Datasheet(PDF) - Maxim Integrated Products.*
<https://www.alldatasheet.com/datasheet-pdf/pdf/433921/MAXIM/DS18B20.html>
- alldatasheet.com. (s. f.-a). *DHT22 Datasheet, PDF - Alldatasheet.*
<https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=Dht22+datasheet>
- alldatasheet.com. (s. f.-a). *BH1750 Datasheet, PDF - Alldatasheet.*
<https://www.alldatasheet.com/view.jsp?Searchword=BH1750>
- Bermeo Almeida, O. X., Bazán Vera, W. D. & Guevara-Arias, V. I. (2022). *Big Data en la predicción meteorológica para cultivos. Revista Alfa*, 6(16), 33-47.
<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v6i16.148>
- Biggs, P., Garrity, J., LaSalle, C. & Polomska, A. (2016). *Harnessing the Internet of Things for Global Development*. ITU Cisco.
- BOMBA PERIFERICA 1/2HP 110V PAOLO* | Kywi tienda en línea. (2023, 9 enero). Comercial Kywi | Supercentro Ferretero. <https://kywitiendaenlinea.com/product/bomba-periferica-1-2hp-110-220v-paolo/>
- Buffer pH 10.01, 10 sobres de 15ml.* (s. f.). INSTRUMENTACIÓN ANALITICA, S.A.
<https://www.instru.es/buffer-ph-1001-10-sobres-de-15ml>

- Burbano J, Fernández M, 2018, Diagnóstico del sector agroalimentario de Ecuador: una aproximación al ecosistema agroempresario
- Carrion D, Herrera S, 2012, ECUADOR RURAL DEL SIGLO XXI SOBERANÍA ALIMENTARIA, INVERSIÓN PÚBLICA Y POLÍTICA AGRARIA, Instituto de Estudios Ecuatorianos, Quito-Ecuador, 2012
- CISPDR, 2014. Planificación Hídrica Nacional del Ecuador (2014-2035). Phase II Report. 537
Changjiang Institute of Survey Planning Design and Research
- Elektormagazine. (s. f.). *Cloud IoT à la sauce Arduino*. Elektor.
<https://www.elektormagazine.fr/magazine/elektor-259/60542>
- Enoch, H.Z., Enoch, Y., 1999. The history and geography of the greenhouse. In: Stanhill, G., Zvi Enoch, H. (Eds.), *Greenhouse Ecosystems 20. Ecosystems of the World*. Elsevier
- Espinosa, J., Rivera, D., 2016. Variations in water resources availability at the Ecuadorian páramo due to land-use changes. *Environ. Earth Sci.* 75, <https://doi.org/10.1007/s12665-016-5962-1>
- Extractor De Olores 4 Pulgadas*. (s. f.). https://articulo.mercadolibre.com.ec/MEC-517857682-extractor-de-olores-4-pulgadas-_JM
- Facultad de Ciencias Agrarias y Forestales [Universidad Nacional de la Plata]. (2018). *TIPOS DE INVERNADEROS*. <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/content/CP-Tipos%20de%20Invernaderos%20.pdf>. <https://aulavirtual.agro.unlp.edu.ar/>
- Fitz-Rodríguez, E. & Kubota, C. (2010). *Dynamic modeling and simulation of greenhouse environments under several scenarios: A web-based application*.

Getting Started With the Arduino IoT Cloud. (s. f.). Arduino Documentation.
<https://docs.arduino.cc/arduino-cloud/getting-started/iot-cloud-getting-started>

Hernandez Gaviño, R. (2010). *Introducción a los sistemas de control* (Primera edición) [Version digital]. Luis Miguel Cruz Castillo.
<http://lcr.uns.edu.ar/fcr/images/introduccion%20a%20los%20sistemas%20de%20control.pdf>

Intagri. (s. f.). *Solución Nutritiva y su Monitoreo Mediante Análisis Químico Completo | Intagri S.C.* <https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/solucion-nutritiva-y-su-monitoreo-mediante-analisis-quimico-completo>

KIT MODULO DETECTOR PH PH-4502C + SONDA SENSOR E201 BNC. (s. f.). SSDIELECT ELECTRONICA SAS. <https://ssdielect.com/sensores-para-medir-ph/888-kit-ss20.html>

LA HUMEDAD RELATIVA EN INVERNADERO. (2020, 29 enero). <https://nutricontrol.com/es/>.
 Recuperado 8 de enero de 2023, de <https://nutricontrol.com/es/la-humedad-relativa-en-invernadero/>

MAGAP, 2013. Plan Nacional de Riego y Drenaje 2012-2017. Ministerio de Agricultura, 605 Ganadería, Acuacultura y Pesca. Subsecretaría de Riego y Drenaje

MEGATRONICA. (2022, 8 noviembre). *Batería de Lipo litio ANERA 7.4V 2S 1500mAh 25C.* <https://megatronica.cc/producto/bateria-de-lipo-litio-anera-7-4v-1500mah-25c/>

Modulo Sensor TDS Electroconductividad con electrodo para linea. (2022). e-LABShop. <https://www.openhacks.com/page/productos/id/3101/title/Gravity:-Analog-TDS-Sensor-Meter-for-Arduino>

Montero J., Stanghellini C., Castilla N., (2008). Invernadero para la producción sostenible en áreas de clima de invierno suaves. *Revista Horticultura internacional.* Wageningen Países Bajos

Nebulizador Fooger. (s. f.). <https://www.riegoecuador.com/index.php/productos/nebulizador-fooger>

Plásticos para Invernadero. (s. f.). Recuperado 14 de octubre de 2022, de <https://www.novagric.com/es/venta-invernaderos-novedades/materiales-y-estructuras/plasticos-invernaderos>

Qadir M, Boers Th, 2003, Agricultural water management in water-starved countries: challenges and opportunities, Institute of Plant Nutrition, Interdisciplinary Research Center, Justus Liebig University, Heinrich-Buff-Ring 26-32, 35392 Giessen, Germany

Rodas, A. (2019, 10 junio). *Los 5 pisos térmicos de Colombia y las variaciones según su altitud.* <https://www.catorce6.com/investigacion/17171-los-5-pisos-termicos-de-colombia-y-las-variaciones-segun-su-altitud>

Rose, K., Eldridge, S. & Chapin, L. (2015). LA INTERNET DE LAS COSAS— UNA BREVE RESEÑA. *Internet Society (ISOC).*

Ruiz Tórrez, F. (2019, julio). *DISEÑO DE UN PÉNDULO INVERTIDO PARA SU USO EN LAS ASIGNATURAS DE SISTEMAS DE CONTROL Y CONTROL APLICADO.* <https://www.researchgate.net/>. <https://www.researchgate.net/publication/334771046>

Salazar E., Santoyo M., (2019). Evaluación de un sistema aeropónico/fogpónico en la producción de lechuga (*Lactuca sativa*) en el estado de Nayarit. *Memorias del Congreso Internacional de Investigación Academia Journals.* Tepic, Mexico.

Sethi, P. & Sarangi, S. R. (2017). *Internet of Things: Architectures, Protocols, and Applications: Vol. Volume 2017* [Journal of Electrical and Computer Engineering]. Rajesh Khanna. <https://downloads.hindawi.com/journals/jece/2017/9324035.pdf>

The Internet of Things with ESP32. (s. f.). <http://esp32.net/>

Viteri D., P. y Racines Jaramillo, M.R. (1999). Presupuesto para la producción de babaco en invernadero. En N. Soria, y P. Viteri D., Guía para el cultivo de babaco en el Ecuador (pp. 46-48). Quito, Ecuador: INIAP, Estación Experimental Santa Catalina, Programa de Fruticultura.

von Zabeltitz, C., 1999. Greenhouse structures. In: Zvi Enoch, H. (Ed.), Greenhouse Ecosystems 20. Ecosystems of the World. Elsevier

von Elsner, B., Briassoulis, D., Waaijenberg, D., Mistriotis, A., von Zabeltitz, C., Gratraud, J., Russo, G. & Suay-Cortes, R. (2000). Review of Structural and Functional Characteristics of Greenhouses in European Union Countries: Part I, Design Requirements. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 75(1), 1-16. <https://doi.org/10.1006/jaer.1999.0502>

Weathers P., Zobel R., (1992). Aeroponics for the culture of organisms, tissues and cells. *Biotec. Adv. Vol 10, pp. 93-115*, Cornell University, Ithaca, NY, USA.

Anexos

Anexo A: Código del programa

```
//////////Programa de monitoreo para agricultura de precisión a través de IOT //////////
```

```
#include "thingProperties.h"
```

```
//SALIDAS
```

```
#define rel1 14 // Salida a rele 1: Bomba
```

```
#define rel2 27 // Salida a rele 2: Ventiladores
```

```
#define rel3 26 // Salida a rele 3: Iluminacion
```

```
#define rel4 25 // Salida a rele 4
```

```
#define rel5 16 // Salida a rele 5
```

```
#define rel6 17// Salida a rele 6
```

```
#define rel7 18// Salida a rele 7
```

```
#define rel8 19// Salida a rele 8
```

```
// LUMINOSIDAD
```

```
#include <Wire.h>
```

```
#include <BH1750.h>
```

```
BH1750 lightMeter;
```

```
// DHT22
```

```
#include <DHT.h>
```

```
#define DHT_SENSOR_PIN 23
```

```
#define DHT_SENSOR_TYPE DHT22
```

```
DHT dht_sensor(DHT_SENSOR_PIN, DHT_SENSOR_TYPE);
```

```
// PH
```

```
int pHSense = 36;
```

```
int buf[10],temp;
```

```

int samples = 10;
// DALLAS
#include <OneWire.h>
#include <DallasTemperature.h>
const int oneWireBus = 32; // GPIO where the DS18B20 is connected to 4
OneWire oneWire(oneWireBus); // Setup a oneWire instance to communicate with any OneWire
devices
DallasTemperature sensors(&oneWire); // Pass our oneWire reference to Dallas Temperature
sensor
//TDS
#define TdsSensorPin 39
#define VREF 3.3 // analog reference voltage(Volt) of the ADC
#define SCOUNT 30 // sum of sample point
int analogBuffer[SCOUNT]; // store the analog value in the array, read from ADC
int analogBufferTemp[SCOUNT];
int analogBufferIndex = 0;
int copyIndex = 0;
float averageVoltage = 0;
float tdsValue = 0;
float temperature = 25;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  delay(1500);
  //LUMINOSIDAD
  Wire.begin();
  lightMeter.begin();
  // TDS Y DALLAS ( TEMP)
  pinMode(TdsSensorPin, INPUT);
  sensors.begin();

```

```
//DHT22
dht_sensor.begin();
//SALIDAS
pinMode(rel1,OUTPUT);
pinMode(rel2,OUTPUT);
pinMode(rel3,OUTPUT);
pinMode(rel4,OUTPUT);
pinMode(rel5,OUTPUT);
pinMode(rel6,OUTPUT);
pinMode(rel7,OUTPUT);
pinMode(rel8,OUTPUT);

initProperties();
ArduinoCloud.begin(ArduinoIoTPreferredConnection);

/*
The following function allows you to obtain more information
related to the state of network and IoT Cloud connection and errors
the higher number the more granular information you'll get.
The default is 0 (only errors).
Maximum is 4
*/
setDebugMessageLevel(2);
ArduinoCloud.printDebugInfo();
}
void loop() {
//LUMINOSIDAD
float lux = lightMeter.readLightLevel();
// TEMP_ SUMERGIBLE
sensors.requestTemperatures();
```

```

float temperature = sensors.getTempCByIndex(0);
// DHT22
float humi = dht_sensor.readHumidity();
float tempC = dht_sensor.readTemperature();
// PH
int measurings=0;
for (int i = 0; i < samples; i++) {
    buf[i] = analogRead(pHSense);
    delay(10);
}
float avgval=0;
for(int i=0;i<10;i++)
    avgval+=buf[i];

float volt=(float)avgval*3.3/4095/10;
float voltr = map(volt, 0, 3.3, 0, 5.0);
float ph_act = -4.75 * volt + 19.685;

// Serial.print("pH= "); Serial.print(ph_act); Serial.print(" | "); Serial.println(volt);

static unsigned long analogSampleTimepoint = millis();
if (millis() - analogSampleTimepoint > 40U) //every 40 milliseconds,read the analog value from
the ADC
{
    analogSampleTimepoint = millis();

    analogBuffer[analogBufferIndex] = analogRead(TdsSensorPin); //read the analog value and
store into the buffer

    analogBufferIndex++;
    if (analogBufferIndex == SCOUNT)
        analogBufferIndex = 0;
}

```

```

}
static unsigned long printTimepoint = millis();
if (millis() - printTimepoint > 800U) {
  printTimepoint = millis();
  for (copyIndex = 0; copyIndex < SCOUNT; copyIndex++)
    analogBufferTemp[copyIndex] = analogBuffer[copyIndex];
  // averageVoltage = getMedianNum(analogBufferTemp, SCOUNT) * (float)VREF / 1024.0; //
  read the analog value more stable by the median filtering algorithm, and convert to voltage value
  averageVoltage = getMedianNum(analogBufferTemp, SCOUNT) * (float)VREF / 4095.0; // read
  the analog value more stable by the median filtering algorithm, and convert to voltage value
  float compensationCoefficient = 1.0 + 0.02 * (temperature - 25.0); //temperature compensation
  formula: fFinalResult(25^C) = fFinalResult(current)/(1.0+0.02*(fTP-25.0));
  float compensationVolatge = averageVoltage / compensationCoefficient; //temperature
  compensation
  tdsValue = (133.42 * compensationVolatge * compensationVolatge * compensationVolatge -
  255.86 * compensationVolatge * compensationVolatge + 857.39 * compensationVolatge) * 0.5;
  //convert voltage value to tds value ppm
  //tdsValue = 15;
  Serial.println("MEDICION");
  Serial.print("Luz: "); Serial.print(lux); Serial.print(" lx");Serial.print(" | ");
  Serial.print("Temp Sumergible: ");Serial.print(temperature); Serial.print ("°C");Serial.print(" | ");
  Serial.print("Conductividad:"); Serial.print(tdsValue, 0); Serial.print("ppm"); Serial.println(" |
  ");
  Serial.print("Humedad: ");Serial.print(humi); Serial.print("%");Serial.print(" | ");
  Serial.print("Temp Ambiente: ");Serial.print(tempC); Serial.print("°C");Serial.print(" | ");
  Serial.print("PH= "); Serial.print(ph_act);Serial.print(" | "); Serial.println(volt);
  Serial.println("*****");

  conductividad = tdsValue;
  humedad =humi;
  pH =ph_act;
  temperatura = tempC;

```

```

temperatura_sum = temperature;
luminosidad = lux;

    ArduinoCloud.update();
}
delay(800);
}
int getMedianNum(int bArray[], int iFilterLen){
    int bTab[iFilterLen];
    for (byte i = 0; i < iFilterLen; i++)
        bTab[i] = bArray[i];
    int i, j, bTemp;
    for (j = 0; j < iFilterLen - 1; j++){
        for (i = 0; i < iFilterLen - j - 1; i++){
            if (bTab[i] > bTab[i + 1]){
                bTemp = bTab[i];
                bTab[i] = bTab[i + 1];
                bTab[i + 1] = bTemp;
            }
        }
    }
    if ((iFilterLen & 1) > 0)
        bTemp = bTab[(iFilterLen - 1) / 2];
    else
        bTemp = (bTab[iFilterLen / 2] + bTab[iFilterLen / 2 - 1]) / 2;
    return bTemp;
}
//***** MANEJO DE SALIDAS *****
void onRele1Change() {
    if (rele1 == true){

```

```
digitalWrite(rel1,HIGH); Serial.println ("on1"); delay (100);
}
else { digitalWrite(rel1,LOW); Serial.println ("off1");}
}
void onRele2Change() {
if (rele2 == true){
digitalWrite(rel2,HIGH); Serial.println ("on2"); delay (100);
}
else { digitalWrite(rel2,LOW); Serial.println ("off2");}
}
void onRele3Change() {
if (rele3 == true){
digitalWrite(rel3,HIGH); Serial.println ("on3"); delay (100);
}
else { digitalWrite(rel3,LOW); Serial.println ("off3");}
}

void onRele4Change() {
if (rele4 == true){
digitalWrite(rel4,HIGH); Serial.println ("on4"); delay (100);
}
else { digitalWrite(rel4,LOW); Serial.println ("off4");}
}
void onRele5Change() {
if (rele5 == true){
digitalWrite(rel5,HIGH); Serial.println ("on5"); delay (100);
}
else { digitalWrite(rel5,LOW); Serial.println ("off5");}
}
void onRele6Change() {
```

```

if (rele6 == true){
  digitalWrite(rel6,HIGH); Serial.println ("on6"); delay (100);
}
else {digitalWrite(rel6,LOW); Serial.println ("off6");}
}
void onRele7Change() {
  if (rele7 == true){
    digitalWrite(rel7,HIGH); Serial.println ("on7"); delay (100);
  }
  else {digitalWrite(rel7,LOW); Serial.println ("off7");}
}
void onRele8Change() {
  if (rele8 == true){
    digitalWrite(rel8,HIGH); Serial.println ("on8"); delay (100);
  }
  else {digitalWrite(rel8,LOW); Serial.println ("off8");}
}
}
/*

```

Since HumSlider is READ_WRITE variable, onHumSliderChange() is executed every time a new value is received from IoT Cloud.

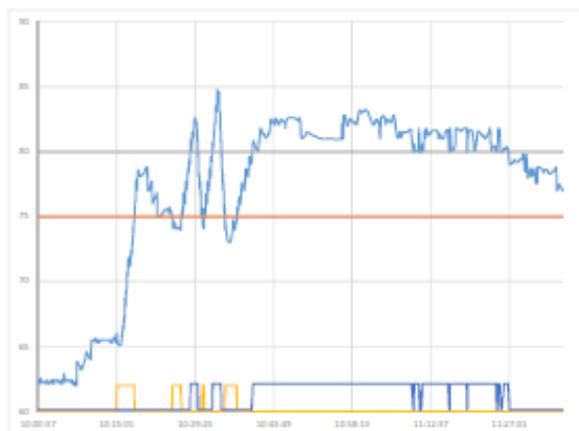
```

*/
void onHumSliderChange() {
  Serial.println (hum_slider);
  if(hum_slider>humi+10){
    digitalWrite(rel8,HIGH); Serial.println ("on8"); delay (100);
  }
  else if (hum_slider<=humi-5){
    digitalWrite(rel8,LOW); Serial.println ("off8");}
}
}

```

Anexo B: Registro de Ensayo realizado el 9 de enero de 2023

Fecha	Time	TimeRef	HumGrader	MaxHum	Valor	RelatComb	RelatVent
9/1/2023	10:00:06	44915,4167	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:00:14	44915,4168	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:00:26	44925,417	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:00:32	44925,417	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:00:38	44915,4171	75	80	62,2000008	0	0
9/1/2023	10:00:46	44915,4172	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:00:52	44915,4173	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:00:58	44915,4173	75	80	62,0999965	0	0
9/1/2023	10:01:04	44915,4174	75	80	62,5	0	0
9/1/2023	10:01:09	44915,4175	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:01:15	44915,4175	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:01:21	44915,4176	75	80	62,2000008	0	0
9/1/2023	10:01:27	44915,4177	75	80	62,2000008	0	0
9/1/2023	10:01:44	44915,4179	75	80	62,2000008	0	0
9/1/2023	10:01:55	44925,418	75	80	62,2000008	0	0
9/1/2023	10:02:03	44915,4181	75	80	62,0999965	0	0
9/1/2023	10:02:08	44915,4182	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:02:14	44915,4182	75	80	62,2000008	0	0
9/1/2023	10:02:23	44915,4183	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:02:31	44915,4184	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:02:39	44915,4185	75	80	62,0999965	0	0
9/1/2023	10:02:48	44915,4186	75	80	62,2000008	0	0
9/1/2023	10:02:57	44915,4187	75	80	62,2000008	0	0
9/1/2023	10:03:03	44915,4188	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:03:14	44915,4189	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:03:23	44925,419	75	80	62,0999965	0	0
9/1/2023	10:03:29	44915,4191	75	80	62,0999965	0	0
9/1/2023	10:03:37	44915,4192	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:03:49	44915,4193	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:04:01	44915,4195	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:04:10	44915,4196	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:04:15	44915,4196	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:04:21	44915,4197	75	80	62,2000008	0	0
9/1/2023	10:04:30	44915,4198	75	80	62,2000008	0	0
9/1/2023	10:04:36	44915,4199	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:04:41	44915,4199	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:04:50	44925,42	75	80	62,0999965	0	0
9/1/2023	10:04:55	44915,4201	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:05:01	44915,4201	75	80	62,0999965	0	0
9/1/2023	10:05:12	44915,4203	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:05:26	44915,4204	75	80	62,5000015	0	0
9/1/2023	10:05:32	44915,4205	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:05:37	44915,4206	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:05:52	44915,4207	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:06:07	44915,4209	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:06:21	44915,4211	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:06:27	44915,4211	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:06:36	44915,4212	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:06:47	44915,4214	75	80	62,2000008	0	0
9/1/2023	10:06:53	44915,4214	75	80	62,4000015	0	0
9/1/2023	10:07:02	44915,4215	75	80	62,2000008	0	0
9/1/2023	10:07:10	44915,4216	75	80	62	0	0
9/1/2023	10:07:20	44915,4219	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:07:40	44925,422	75	80	62	0	0
9/1/2023	10:07:45	44915,4221	75	80	62,2999962	0	0
9/1/2023	10:08:03	44915,4223	75	80	63,5999965	0	0
9/1/2023	10:08:20	44915,4224	75	80	63,4000015	0	0
9/1/2023	10:08:33	44915,4226	75	80	63,2000008	0	0
9/1/2023	10:09:00	44915,4229	75	80	63,2000008	0	0
9/1/2023	10:09:22	44915,4232	75	80	64,1999969	0	0
9/1/2023	10:09:27	44915,4232	75	80	64,5999965	0	0
9/1/2023	10:09:33	44915,4233	75	80	64,4000015	0	0
9/1/2023	10:09:38	44915,4234	75	80	64,4000015	0	0
9/1/2023	10:09:46	44915,4235	75	80	64,4000015	0	0
9/1/2023	10:09:57	44915,4236	75	80	64,1999969	0	0
9/1/2023	10:10:13	44915,4238	75	80	64	0	0
9/1/2023	10:10:18	44915,4238	75	80	64	0	0
9/1/2023	10:10:23	44915,4239	75	80	65,1999969	0	0
9/1/2023	10:10:29	44915,4239	75	80	65,5	0	0
9/1/2023	10:10:50	44915,4242	75	80	65,4000015	0	0
9/1/2023	10:11:12	44915,4244	75	80	65,5999965	0	0
9/1/2023	10:11:21	44915,4245	75	80	65,3000011	0	0
9/1/2023	10:11:33	44915,4247	75	80	65,5	0	0
9/1/2023	10:11:50	44915,4249	75	80	65,3000011	0	0
9/1/2023	10:12:03	44925,425	75	80	65,5	0	0
9/1/2023	10:12:22	44915,4253	75	80	65,5	0	0
9/1/2023	10:12:55	44915,4256	75	80	65,5	0	0
9/1/2023	10:13:00	44915,4257	75	80	65,5	0	0
9/1/2023	10:13:11	44915,4258	75	80	65,5	0	0
9/1/2023	10:13:25	44915,4261	75	80	65,5	0	0
9/1/2023	10:13:50	44915,4263	75	80	65,5	0	0
9/1/2023	10:13:56	44915,4263	75	80	65,3000011	0	0
9/1/2023	10:14:12	44915,4265	75	80	65,3000011	0	0
9/1/2023	10:14:20	44915,4266	75	80	65,5	0	0
9/1/2023	10:14:34	44915,4268	75	80	65,6999969	0	0
9/1/2023	10:14:48	44915,4269	75	80	65,5	0	0
9/1/2023	10:14:58	44915,4271	75	80	65,3000011	0	0
9/1/2023	10:15:04	44915,4271	75	80	66	1	0
9/1/2023	10:15:11	44915,4272	75	80	65,3000011	1	0
9/1/2023	10:15:21	44915,4274	75	80	65,0999965	1	0
9/1/2023	10:15:48	44915,4276	75	80	65,0999965	1	0
9/1/2023	10:16:06	44915,4278	75	80	66,1999969	1	0
9/1/2023	10:16:12	44915,4279	75	80	66,5999965	1	0
9/1/2023	10:16:17	44925,428	75	80	66,3000011	1	0
9/1/2023	10:16:23	44925,428	75	80	67,1999969	1	0
9/1/2023	10:16:29	44915,4281	75	80	67,1999969	1	0
9/1/2023	10:16:34	44915,4282	75	80	68,6999969	1	0
9/1/2023	10:16:40	44915,4282	75	80	68,0999965	1	0
9/1/2023	10:16:45	44915,4283	75	80	69,3000011	1	0
9/1/2023	10:16:50	44915,4284	75	80	69,0999965	1	0



9/1/2022	10:16:55	44935,4284	75	80	70,1999960	1	0
9/1/2022	10:17:01	44935,4285	75	80	70,8000011	1	0
9/1/2022	10:17:06	44935,4285	75	80	70,5	1	0
9/1/2022	10:17:11	44935,4286	75	80	71,8000011	1	0
9/1/2022	10:17:17	44935,4287	75	80	71,3000011	1	0
9/1/2022	10:17:25	44935,4288	75	80	71,1999960	1	0
9/1/2022	10:17:31	44935,4288	75	80	71,4000015	1	0
9/1/2022	10:17:37	44935,4289	75	80	71,8000015	1	0
9/1/2022	10:17:42	44935,429	75	80	72,4000015	1	0
9/1/2022	10:17:48	44935,429	75	80	72,0999965	1	0
9/1/2022	10:17:53	44935,4291	75	80	72,5999965	1	0
9/1/2022	10:17:59	44935,4292	75	80	73,4000015	1	0
9/1/2022	10:18:04	44935,4292	75	80	73,5999965	1	0
9/1/2022	10:18:09	44935,4293	75	80	74,5	1	0
9/1/2022	10:18:15	44935,4293	75	80	74,5999965	1	0
9/1/2022	10:18:20	44935,4294	75	80	75,4000015	0	0
9/1/2022	10:18:25	44935,4295	75	80	76,0999965	0	0
9/1/2022	10:18:31	44935,4295	75	80	76,3000011	0	0
9/1/2022	10:18:36	44935,4296	75	80	77,8000011	0	0
9/1/2022	10:18:41	44935,4296	75	80	77,3000011	0	0
9/1/2022	10:18:48	44935,4297	75	80	77,0999965	0	0
9/1/2022	10:18:53	44935,4298	75	80	78,3000011	0	0
9/1/2022	10:18:58	44935,4298	75	80	78,5999965	0	0
9/1/2022	10:19:07	44935,4299	75	80	78,3000011	0	0
9/1/2022	10:19:15	44935,43	75	80	78,0999965	0	0
9/1/2022	10:19:54	44935,4305	75	80	78,3000011	0	0
9/1/2022	10:20:07	44935,4306	75	80	78,4000015	0	0
9/1/2022	10:20:13	44935,4307	75	80	78,5999965	0	0
9/1/2022	10:20:38	44935,4311	75	80	78,8000011	0	0
9/1/2022	10:20:46	44935,4311	75	80	77	0	0
9/1/2022	10:21:08	44935,4313	75	80	77,1999960	0	0
9/1/2022	10:21:16	44935,4314	75	80	77,5	0	0
9/1/2022	10:21:22	44935,4315	75	80	77,5	0	0
9/1/2022	10:21:30	44935,4316	75	80	77,6999960	0	0
9/1/2022	10:21:35	44935,4317	75	80	76	0	0
9/1/2022	10:21:46	44935,4318	75	80	76,1999960	0	0
9/1/2022	10:22:00	44935,4319	75	80	76,4000015	0	0
9/1/2022	10:22:16	44935,4321	75	80	76,5999965	0	0
9/1/2022	10:22:24	44935,4322	75	80	76,8000011	0	0
9/1/2022	10:22:30	44935,4323	75	80	75	0	0
9/1/2022	10:22:38	44935,4324	75	80	75	0	0
9/1/2022	10:22:58	44935,4326	75	80	75	0	0
9/1/2022	10:23:03	44935,4327	75	80	75	0	0
9/1/2022	10:23:19	44935,4329	75	80	75,1999960	0	0
9/1/2022	10:23:27	44935,433	75	80	75,1999960	0	0
9/1/2022	10:23:42	44935,4331	75	80	75,5	0	0
9/1/2022	10:23:53	44935,4333	75	80	75,5	0	0
9/1/2022	10:24:07	44935,4334	75	80	75,5	0	0
9/1/2022	10:24:18	44935,4335	75	80	75,5999965	0	0
9/1/2022	10:24:28	44935,4337	75	80	75,5999965	0	0
9/1/2022	10:24:39	44935,4338	75	80	75,3000011	0	0
9/1/2022	10:24:48	44935,4339	75	80	75,6999960	0	0
9/1/2022	10:24:56	44935,434	75	80	75,4000015	0	0
9/1/2022	10:25:01	44935,434	75	80	75,4000015	0	0
9/1/2022	10:25:10	44935,4341	75	80	75	0	0
9/1/2022	10:25:17	44935,4342	75	80	74,8000015	1	0
9/1/2022	10:25:22	44935,4343	75	80	74,0999965	1	0
9/1/2022	10:25:28	44935,4344	75	80	74,0999965	1	0
9/1/2022	10:25:36	44935,4344	75	80	74,5999965	1	0
9/1/2022	10:25:55	44935,4347	75	80	74,0999965	1	0
9/1/2022	10:26:07	44935,4348	75	80	74,0999965	1	0
9/1/2022	10:26:18	44935,4349	75	80	74,1999960	1	0
9/1/2022	10:26:26	44935,435	75	80	74,0999965	1	0
9/1/2022	10:26:35	44935,4351	75	80	74,0999965	1	0
9/1/2022	10:26:46	44935,4353	75	80	74	1	0
9/1/2022	10:26:57	44935,4354	75	80	75,1999960	0	0
9/1/2022	10:27:03	44935,4355	75	80	75,5	0	0
9/1/2022	10:27:09	44935,4355	75	80	75,0999965	0	0
9/1/2022	10:27:17	44935,4356	75	80	76,8000011	0	0
9/1/2022	10:27:23	44935,4357	75	80	76,5	0	0
9/1/2022	10:27:31	44935,4358	75	80	76,1999960	0	0
9/1/2022	10:27:37	44935,4358	75	80	76	0	0
9/1/2022	10:27:42	44935,4359	75	80	77,6999960	0	0
9/1/2022	10:27:49	44935,436	75	80	77,5	0	0
9/1/2022	10:27:54	44935,436	75	80	77,0999965	0	0
9/1/2022	10:28:06	44935,4362	75	80	78,6999960	0	0
9/1/2022	10:28:12	44935,4362	75	80	78,4000015	0	0
9/1/2022	10:28:17	44935,4363	75	80	78,5999965	0	0
9/1/2022	10:28:23	44935,4364	75	80	79,4000015	0	0
9/1/2022	10:28:28	44935,4364	75	80	79,0999965	0	0
9/1/2022	10:28:33	44935,4365	75	80	80,8000011	0	1
9/1/2022	10:28:39	44935,4366	75	80	80,5	0	1
9/1/2022	10:28:45	44935,4366	75	80	80,0999965	0	1
9/1/2022	10:28:50	44935,4367	75	80	81,1999960	0	1
9/1/2022	10:28:56	44935,4368	75	80	81,5	0	1
9/1/2022	10:29:04	44935,4369	75	80	81,0999965	0	1
9/1/2022	10:29:09	44935,4369	75	80	81,5999965	0	1
9/1/2022	10:29:16	44935,437	75	80	82,0999965	0	1
9/1/2022	10:29:22	44935,4371	75	80	82,5999965	0	1
9/1/2022	10:29:43	44935,4373	75	80	82,0999965	0	1
9/1/2022	10:29:49	44935,4374	75	80	81,4000015	0	1
9/1/2022	10:29:54	44935,4374	75	80	80,5	0	1
9/1/2022	10:29:59	44935,4375	75	80	79,4000015	0	0
9/1/2022	10:30:04	44935,4375	75	80	78,0999965	0	0
9/1/2022	10:30:10	44935,4376	75	80	78,0999965	0	0
9/1/2022	10:30:15	44935,4377	75	80	77,1999960	0	0
9/1/2022	10:30:22	44935,4377	75	80	77,6999960	0	0
9/1/2022	10:30:28	44935,4378	75	80	76,5	0	0
9/1/2022	10:30:33	44935,4379	75	80	75,1999960	0	0
9/1/2022	10:30:39	44935,4379	75	80	75,5999965	0	0
9/1/2022	10:30:47	44935,438	75	80	74,5999965	1	0

9/1/2023	10:30:53	44035,4381	75	80	74,199960	1	0
9/1/2023	10:31:01	44035,4382	75	80	74,099985	1	0
9/1/2023	10:31:06	44035,4383	75	80	75,599985	0	0
9/1/2023	10:31:11	44035,4383	75	80	75,300001	0	0
9/1/2023	10:31:17	44035,4384	75	80	75	0	0
9/1/2023	10:31:23	44035,4385	75	80	76,699960	0	0
9/1/2023	10:31:28	44035,4385	75	80	76,300001	0	0
9/1/2023	10:31:34	44035,4386	75	80	76	0	0
9/1/2023	10:31:40	44035,4387	75	80	77,699960	0	0
9/1/2023	10:31:48	44035,4387	75	80	77,400015	0	0
9/1/2023	10:31:53	44035,4388	75	80	77,199960	0	0
9/1/2023	10:31:58	44035,4389	75	80	77	0	0
9/1/2023	10:32:03	44035,4389	75	80	78,599985	0	0
9/1/2023	10:32:09	44035,439	75	80	78,300001	0	0
9/1/2023	10:32:15	44035,4391	75	80	78	0	0
9/1/2023	10:32:20	44035,4391	75	80	79,599985	0	0
9/1/2023	10:32:25	44035,4392	75	80	79,199960	0	0
9/1/2023	10:32:31	44035,4393	75	80	79,599985	0	0
9/1/2023	10:32:38	44035,4393	75	80	80,699960	0	1
9/1/2023	10:32:44	44035,4394	75	80	80,300001	0	1
9/1/2023	10:32:49	44035,4395	75	80	80,900015	0	1
9/1/2023	10:32:55	44035,4395	75	80	81,5	0	1
9/1/2023	10:33:00	44035,4396	75	80	82,099985	0	1
9/1/2023	10:33:06	44035,4397	75	80	82,199960	0	1
9/1/2023	10:33:11	44035,4397	75	80	82,199960	0	1
9/1/2023	10:33:17	44035,4398	75	80	83,599985	0	1
9/1/2023	10:33:23	44035,4398	75	80	83,199960	0	1
9/1/2023	10:33:28	44035,4399	75	80	84,800001	0	1
9/1/2023	10:33:33	44035,44	75	80	84,599985	0	1
9/1/2023	10:33:47	44035,4401	75	80	84,599985	0	1
9/1/2023	10:33:52	44035,4402	75	80	83,099985	0	1
9/1/2023	10:33:58	44035,4403	75	80	83,099985	0	1
9/1/2023	10:34:03	44035,4403	75	80	81,900015	0	1
9/1/2023	10:34:08	44035,4404	75	80	81,099985	0	1
9/1/2023	10:34:15	44035,4405	75	80	80	0	0
9/1/2023	10:34:21	44035,4405	75	80	78,599985	0	0
9/1/2023	10:34:26	44035,4406	75	80	78,599985	0	0
9/1/2023	10:34:31	44035,4406	75	80	77,099985	0	0
9/1/2023	10:34:37	44035,4407	75	80	77,599985	0	0
9/1/2023	10:34:42	44035,4408	75	80	76,300001	0	0
9/1/2023	10:34:47	44035,4408	75	80	75,199960	0	0
9/1/2023	10:34:53	44035,4409	75	80	75,599985	0	0
9/1/2023	10:34:58	44035,4409	75	80	74	1	0
9/1/2023	10:35:03	44035,441	75	80	74,300001	1	0
9/1/2023	10:35:08	44035,4411	75	80	73,900015	1	0
9/1/2023	10:35:14	44035,4411	75	80	73,599985	1	0
9/1/2023	10:35:24	44035,4413	75	80	73,099985	1	0
9/1/2023	10:35:54	44035,4416	75	80	73,099985	1	0
9/1/2023	10:36:15	44035,4418	75	80	73,900015	1	0
9/1/2023	10:36:24	44035,4419	75	80	74,699960	1	0
9/1/2023	10:36:29	44035,442	75	80	74,5	1	0
9/1/2023	10:36:37	44035,4421	75	80	74,199960	1	0
9/1/2023	10:36:45	44035,4422	75	80	74	1	0
9/1/2023	10:36:54	44035,4423	75	80	74,599985	1	0
9/1/2023	10:37:01	44035,4424	75	80	74,599985	1	0
9/1/2023	10:37:07	44035,4424	75	80	75,699960	0	0
9/1/2023	10:37:13	44035,4425	75	80	75,5	0	0
9/1/2023	10:37:18	44035,4426	75	80	75,300001	0	0
9/1/2023	10:37:24	44035,4426	75	80	76,099985	0	0
9/1/2023	10:37:29	44035,4427	75	80	76,5	0	0
9/1/2023	10:37:35	44035,4428	75	80	76,199960	0	0
9/1/2023	10:37:40	44035,4428	75	80	76,199960	0	0
9/1/2023	10:37:46	44035,4429	75	80	76	0	0
9/1/2023	10:37:53	44035,443	75	80	77,099985	0	0
9/1/2023	10:37:59	44035,443	75	80	77,599985	0	0
9/1/2023	10:38:10	44035,4432	75	80	77,400015	0	0
9/1/2023	10:38:20	44035,4433	75	80	77,199960	0	0
9/1/2023	10:38:29	44035,4434	75	80	77	0	0
9/1/2023	10:38:37	44035,4435	75	80	78,199960	0	0
9/1/2023	10:38:42	44035,4435	75	80	78,699960	0	0
9/1/2023	10:38:53	44035,4437	75	80	78,5	0	0
9/1/2023	10:39:01	44035,4438	75	80	78,300001	0	0
9/1/2023	10:39:09	44035,4439	75	80	78,099985	0	0
9/1/2023	10:39:17	44035,4439	75	80	78,900015	0	0
9/1/2023	10:39:22	44035,444	75	80	79,599985	0	0
9/1/2023	10:39:31	44035,4441	75	80	79,400015	0	0
9/1/2023	10:39:36	44035,4442	75	80	79,099985	0	0
9/1/2023	10:39:47	44035,4443	75	80	79,099985	0	0
9/1/2023	10:40:03	44035,4445	75	80	80,800001	0	1
9/1/2023	10:40:22	44035,4447	75	80	80,5	0	1
9/1/2023	10:40:36	44035,4449	75	80	80,300001	0	1
9/1/2023	10:40:47	44035,445	75	80	80,099985	0	1
9/1/2023	10:41:00	44035,4451	75	80	80,099985	0	1
9/1/2023	10:41:24	44035,4454	75	80	81,800001	0	1
9/1/2023	10:41:30	44035,4455	75	80	81,800001	0	1
9/1/2023	10:41:43	44035,4456	75	80	81,5	0	1
9/1/2023	10:42:00	44035,4458	75	80	81,300001	0	1
9/1/2023	10:42:05	44035,4459	75	80	81,400015	0	1
9/1/2023	10:42:16	44035,446	75	80	81,099985	0	1
9/1/2023	10:42:24	44035,4461	75	80	81,099985	0	1
9/1/2023	10:42:32	44035,4462	75	80	81,099985	0	1
9/1/2023	10:42:05	44035,4466	75	80	81,599985	0	1
9/1/2023	10:43:11	44035,4467	75	80	82,199960	0	1
9/1/2023	10:43:19	44035,4468	75	80	82,5	0	1
9/1/2023	10:43:33	44035,4469	75	80	82,400015	0	1
9/1/2023	10:43:53	44035,4471	75	80	82,099985	0	1
9/1/2023	10:44:02	44035,4472	75	80	82,099985	0	1
9/1/2023	10:44:11	44035,4473	75	80	82,599985	0	1
9/1/2023	10:44:47	44035,4478	75	80	82,099985	0	1
9/1/2023	10:44:58	44035,4479	75	80	82,300001	0	1
9/1/2023	10:45:12	44035,4481	75	80	82,5	0	1

9/1/2023	10:45:25	44915.4482	75	80	\$2.4000015	0	1
9/1/2023	10:45:56	44915.4486	75	80	\$2.1999969	0	1
9/1/2023	10:46:00	44915.4486	75	80	\$1.8000011	0	1
9/1/2023	10:46:07	44915.4487	75	80	\$2.4000015	0	1
9/1/2023	10:46:33	44925.449	75	80	\$2.5999985	0	1
9/1/2023	10:47:42	44915.4498	75	80	\$2.5999985	0	1
9/1/2023	10:48:15	44915.4502	75	80	\$2.4000015	0	1
9/1/2023	10:48:32	44915.4504	75	80	\$2.5999985	0	1
9/1/2023	10:48:45	44915.4505	75	80	\$2.1999969	0	1
9/1/2023	10:48:53	44915.4506	75	80	\$1.0999985	0	1
9/1/2023	10:49:43	44915.4512	75	80	\$1.3000011	0	1
9/1/2023	10:49:54	44915.4511	75	80	\$1.5	0	1
9/1/2023	10:51:04	44915.4524	75	80	\$1.1999969	0	1
9/1/2023	10:52:38	44915.4532	75	80	\$1	0	1
9/1/2023	10:54:08	44915.4541	75	80	\$1	0	1
9/1/2023	10:54:09	44915.4557	75	80	\$1	0	1
9/1/2023	10:54:17	44915.4558	75	80	\$1.5999985	0	1
9/1/2023	10:54:28	44915.4559	75	80	\$2.1999969	0	1
9/1/2023	10:54:33	44915.4559	75	80	\$1	0	1
9/1/2023	10:54:41	44925.456	75	80	\$2.8000011	0	1
9/1/2023	10:54:55	44915.4562	75	80	\$2.8000011	0	1
9/1/2023	10:57:19	44915.4565	75	80	\$2	0	1
9/1/2023	10:57:46	44915.4568	75	80	\$2.5	0	1
9/1/2023	10:58:00	44915.4569	75	80	\$2.5	0	1
9/1/2023	10:58:33	44915.4571	75	80	\$2.1999969	0	1
9/1/2023	10:58:47	44915.4575	75	80	\$2.3000011	0	1
9/1/2023	10:59:03	44915.4577	75	80	\$2.0999985	0	1
9/1/2023	10:59:34	44925.458	75	80	\$1.1999969	0	1
9/1/2023	10:59:58	44915.4581	75	80	\$3	0	1
9/1/2023	11:00:52	44915.4589	75	80	\$1.1999969	0	1
9/1/2023	11:01:59	44915.4597	75	80	\$2.0999985	0	1
9/1/2023	11:02:13	44915.4599	75	80	\$2.0999985	0	1
9/1/2023	11:02:40	44915.4602	75	80	\$2.5	0	1
9/1/2023	11:03:01	44915.4604	75	80	\$2.1999969	0	1
9/1/2023	11:03:07	44915.4605	75	80	\$2.3000011	0	1
9/1/2023	11:03:20	44915.4607	75	80	\$1	0	1
9/1/2023	11:03:28	44915.4607	75	80	\$2.5999985	0	1
9/1/2023	11:03:39	44915.4609	75	80	\$2.6999969	0	1
9/1/2023	11:03:47	44925.461	75	80	\$2.6999969	0	1
9/1/2023	11:03:54	44925.461	75	80	\$2.6999969	0	1
9/1/2023	11:04:00	44915.4611	75	80	\$2.8000011	0	1
9/1/2023	11:04:08	44915.4612	75	80	\$2.5999985	0	1
9/1/2023	11:04:16	44915.4613	75	80	\$2.5999985	0	1
9/1/2023	11:04:23	44915.4614	75	80	\$2.0999985	0	1
9/1/2023	11:04:43	44915.4616	75	80	\$2.5	0	1
9/1/2023	11:05:07	44915.4619	75	80	\$2.3000011	0	1
9/1/2023	11:05:24	44915.4621	75	80	\$2.3000011	0	1
9/1/2023	11:05:33	44915.4622	75	80	\$2.5	0	1
9/1/2023	11:05:46	44915.4623	75	80	\$2.8000011	0	1
9/1/2023	11:05:54	44915.4624	75	80	\$2.8000011	0	1
9/1/2023	11:06:29	44915.4628	75	80	\$1.0999985	0	1
9/1/2023	11:06:43	44925.463	75	80	\$1.0999985	0	1
9/1/2023	11:06:57	44915.4632	75	80	\$1.5	0	1
9/1/2023	11:07:05	44915.4632	75	80	\$1.5	0	1
9/1/2023	11:07:13	44915.4633	75	80	\$1.0999985	0	1
9/1/2023	11:07:26	44915.4635	75	80	\$1.5	0	1
9/1/2023	11:07:32	44915.4636	75	80	\$1.5	0	1
9/1/2023	11:07:54	44915.4638	75	80	\$1.5	0	1
9/1/2023	11:08:11	44925.464	75	80	\$1.5	0	1
9/1/2023	11:08:17	44915.4641	75	80	\$1.5	0	1
9/1/2023	11:08:44	44915.4644	75	80	\$1.6999969	0	1
9/1/2023	11:09:01	44915.4646	75	80	\$1.6999969	0	1
9/1/2023	11:09:07	44915.4647	75	80	\$1.1999969	0	1
9/1/2023	11:09:29	44915.4649	75	80	\$0	0	0
9/1/2023	11:09:35	44925.465	75	80	\$0.5999985	0	1
9/1/2023	11:09:46	44915.4651	75	80	\$0.0999985	0	1
9/1/2023	11:09:52	44915.4652	75	80	\$0.0999985	0	1
9/1/2023	11:09:58	44915.4653	75	80	\$0.0999985	0	1
9/1/2023	11:30:12	44915.4654	75	80	\$0.0999985	0	1
9/1/2023	11:30:21	44915.4655	75	80	\$0.0999985	0	1
9/1/2023	11:30:28	44915.4656	75	80	\$1.8000011	0	1
9/1/2023	11:30:37	44915.4657	75	80	\$0	0	0
9/1/2023	11:30:53	44915.4659	75	80	\$0	0	0
9/1/2023	11:11:04	44925.466	75	80	\$0.5999985	0	1
9/1/2023	11:11:09	44915.4664	75	80	\$0.4000015	0	1
9/1/2023	11:11:17	44915.4662	75	80	\$0.0999985	0	1
9/1/2023	11:11:30	44915.4662	75	80	\$1.5999985	0	1
9/1/2023	11:11:40	44915.4664	75	80	\$1.0999985	0	1
9/1/2023	11:11:46	44915.4665	75	80	\$1.8000011	0	1
9/1/2023	11:11:56	44915.4666	75	80	\$1.5999985	0	1
9/1/2023	11:12:19	44915.4669	75	80	\$1.3000011	0	1
9/1/2023	11:12:50	44915.4671	75	80	\$1.5999985	0	1
9/1/2023	11:13:51	44925.468	75	80	\$1.5999985	0	1
9/1/2023	11:14:04	44915.4681	75	80	\$1	0	1
9/1/2023	11:14:15	44915.4682	75	80	\$1.4000015	0	1
9/1/2023	11:14:20	44915.4683	75	80	\$1.3000011	0	1
9/1/2023	11:14:47	44915.4686	75	80	\$1	0	1
9/1/2023	11:15:10	44915.4689	75	80	\$1.1999969	0	1
9/1/2023	11:15:16	44915.4689	75	80	\$1.5	0	1
9/1/2023	11:15:40	44915.4692	75	80	\$1.6999969	0	1
9/1/2023	11:15:48	44915.4693	75	80	\$1.5	0	1
9/1/2023	11:16:05	44915.4695	75	80	\$0	0	0
9/1/2023	11:16:30	44915.4696	75	80	\$1.8000011	0	1
9/1/2023	11:16:26	44915.4697	75	80	\$0.0999985	0	1
9/1/2023	11:16:32	44915.4698	75	80	\$0.0999985	0	1
9/1/2023	11:16:54	44915.4705	75	80	\$0.1999969	0	1
9/1/2023	11:17:07	44915.4702	75	80	\$0.5999985	0	1
9/1/2023	11:17:12	44915.4703	75	80	\$0.9000015	0	1
9/1/2023	11:17:17	44915.4703	75	80	\$1.8000011	0	1
9/1/2023	11:18:08	44915.4709	75	80	\$1.5999985	0	1
9/1/2023	11:18:38	44915.4711	75	80	\$1.8000011	0	1

9/1/2023	11:18:57	44925,4735	75	80	81,8000031	0	1
9/1/2023	11:19:13	44925,4737	75	80	81,8000031	0	1
9/1/2023	11:19:19	44925,4737	75	80	80	0	0
9/1/2023	11:19:24	44925,4738	75	80	80,9999965	0	1
9/1/2023	11:19:37	44925,4732	75	80	81,5999965	0	1
9/1/2023	11:20:10	44925,4733	75	80	81,5999965	0	1
9/1/2023	11:20:29	44925,4726	75	80	80,8000031	0	1
9/1/2023	11:20:35	44925,4726	75	80	80,9999965	0	1
9/1/2023	11:20:46	44925,4728	75	80	80,9999965	0	1
9/1/2023	11:21:08	44925,473	75	80	81,1999969	0	1
9/1/2023	11:21:16	44925,4731	75	80	81,5999965	0	1
9/1/2023	11:21:49	44925,4725	75	80	81,4000015	0	1
9/1/2023	11:22:08	44925,4737	75	80	81,1999969	0	1
9/1/2023	11:22:39	44925,4738	75	80	81,3000031	0	1
9/1/2023	11:22:33	44925,4734	75	80	81	0	1
9/1/2023	11:22:58	44925,4743	75	80	81,1999969	0	1
9/1/2023	11:23:09	44925,4744	75	80	81,4000015	0	1
9/1/2023	11:23:21	44925,4745	75	80	81,5999965	0	1
9/1/2023	11:23:29	44925,4746	75	80	81,8000031	0	1
9/1/2023	11:23:46	44925,4748	75	80	80,9999965	0	1
9/1/2023	11:24:05	44925,4751	75	80	80,4000015	0	1
9/1/2023	11:24:30	44925,4753	75	80	80,4000015	0	1
9/1/2023	11:24:35	44925,4754	75	80	80,9999965	0	1
9/1/2023	11:24:49	44925,4756	75	80	80	0	0
9/1/2023	11:24:59	44925,4757	75	80	81,8000031	0	1
9/1/2023	11:25:15	44925,4759	75	80	81,6999969	0	1
9/1/2023	11:25:33	44925,4761	75	80	80	0	0
9/1/2023	11:26:03	44925,4764	75	80	80,1999969	0	1
9/1/2023	11:26:09	44925,4765	75	80	80,3000031	0	1
9/1/2023	11:26:27	44925,4767	75	80	80,1999969	0	1
9/1/2023	11:26:36	44925,4768	75	80	80,4000015	0	1
9/1/2023	11:26:44	44925,4769	75	80	80,1999969	0	1
9/1/2023	11:26:49	44925,477	75	80	80,1999969	0	1
9/1/2023	11:27:05	44925,4771	75	80	79	0	0
9/1/2023	11:27:14	44925,4772	75	80	79,9999965	0	0
9/1/2023	11:27:30	44925,4774	75	80	79,9999965	0	0
9/1/2023	11:27:36	44925,4775	75	80	79,9999965	0	0
9/1/2023	11:28:00	44925,4778	75	80	79,4000015	0	0
9/1/2023	11:28:11	44925,4779	75	80	79,1999969	0	0
9/1/2023	11:28:24	44925,4781	75	80	79,1999969	0	0
9/1/2023	11:28:38	44925,4782	75	80	79,1999969	0	0
9/1/2023	11:28:54	44925,4784	75	80	79,4000015	0	0
9/1/2023	11:29:02	44925,4785	75	80	79,4000015	0	0
9/1/2023	11:29:18	44925,4787	75	80	79,4000015	0	0
9/1/2023	11:29:23	44925,4787	75	80	78,5	0	0
9/1/2023	11:29:27	44925,4789	75	80	79,8000031	0	0
9/1/2023	11:29:51	44925,4791	75	80	78,5999965	0	0
9/1/2023	11:30:04	44925,4792	75	80	78,5	0	0
9/1/2023	11:30:10	44925,4793	75	80	79,8000031	0	0
9/1/2023	11:30:27	44925,4795	75	80	78	0	0
9/1/2023	11:30:35	44925,4796	75	80	78,1999969	0	0
9/1/2023	11:31:00	44925,4799	75	80	78,6999969	0	0
9/1/2023	11:31:06	44925,4799	75	80	78,9999965	0	0
9/1/2023	11:31:22	44925,4804	75	80	78,3000031	0	0
9/1/2023	11:31:28	44925,4802	75	80	78,5	0	0
9/1/2023	11:31:42	44925,4803	75	80	78,6999969	0	0
9/1/2023	11:31:53	44925,4805	75	80	77,5999965	0	0
9/1/2023	11:32:10	44925,4807	75	80	77,5999965	0	0
9/1/2023	11:32:15	44925,4807	75	80	78,8000031	0	0
9/1/2023	11:32:32	44925,4809	75	80	78,8000031	0	0
9/1/2023	11:33:08	44925,4813	75	80	78,5999965	0	0
9/1/2023	11:33:20	44925,4815	75	80	78,4000015	0	0
9/1/2023	11:33:28	44925,4816	75	80	78,5999965	0	0
9/1/2023	11:33:55	44925,4819	75	80	78,5999965	0	0
9/1/2023	11:34:00	44925,4819	75	80	78,5999965	0	0
9/1/2023	11:34:27	44925,4823	75	80	78,3000031	0	0
9/1/2023	11:35:22	44925,4829	75	80	78,5999965	0	0
9/1/2023	11:35:38	44925,4831	75	80	78,8000031	0	0
9/1/2023	11:35:46	44925,4832	75	80	77	0	0
9/1/2023	11:35:55	44925,4832	75	80	77,9999965	0	0
9/1/2023	11:36:03	44925,4834	75	80	77,3000031	0	0
9/1/2023	11:36:31	44925,4835	75	80	77,5	0	0
9/1/2023	11:36:25	44925,4836	75	80	77,3000031	0	0
9/1/2023	11:36:43	44925,4838	75	80	77,9999965	0	0
9/1/2023	11:36:51	44925,4839	75	80	77	0	0