



FACULTAD DE INGENIERÍA Y CIENCIAS APLICADAS

Trabajo de Fin de Carrera Titulado:

**Repotenciación de un Sistema Hidropónico Convencional Para el Cultivo de
Lechugas Lactuca Sativa y Batavia Boinda Di Parigi, Mediante
Automatización y Plataformas IoT.**

Realizado por:

JOSÉ FRANCISCO PAZMIÑO JARRIN

Director del proyecto:

M. Sc. DIEGO F. BUSTAMANTE V, ING.

Como requisito para la obtención del título de:

INGENIERÍA MECÁNICA - AUTOMOTRIZ

Quito, 21 de marzo del 2022

Declaración Juramentada

Yo, JOSÉ FRANCISO PAZMIÑO JARRIN, con Cédula de ciudadanía N° 172373257-2, 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.

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Francisco Pazmiño Jarrin', with a long horizontal stroke extending to the right.

José Francisco Pazmiño Jarrin

C.I. 1723732572

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.

M. Sc. Diego Fernando Bustamante Villagómez, Ing

Los Profesores Informantes:

M. Sc. Jaime Vinicio Molina Osejos, Ing

M. Sc. Diana Belen Peralta Zurita, Ing

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

M. Sc. Jaime Molina, Ing

M. Sc. Diana Peralta, Ing

Quito, 21 de marzo de 2022

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.



José Francisco Pazmiño Jarrin

C.I.: 172373257-2

Dedicatoria

Dedico este proyecto a mis magníficos padres Marcelo Pazmiño y Sandra Jarrin por moldearme con sus valores, fortalezas, sabiduría, ejemplo y sobre todo con amor, a mis hermanos Jefferson, Alejandra, Camila y Mateo, por siempre brindarme su apoyo, cariño, respaldo y compañía demostrando ser una familia con un gran corazón, a mis abuelos, tíos y primos por brindarme sus palabras de aliento en todo momento, a Milagros Males por su apoyo y cariño compartiéndome su tiempo y amor, a mis amigos por compartir grandes momentos de felicidad y de tristeza al igual que sus éxitos, por ultimo me lo dedico a mí, porque a pesar de toda situación siempre buscare ser una gran persona, feliz de cumplir mis sueños.

Agradecimiento

Al finalizar este proyecto agradezco a Dios y a las oportunidades que me ha brindado la vida para lograr mis sueños, al M. Sc. Diego Bustamante V, ING, por guiarme como director brindándome de sus consejos, sabiduría y experiencia para finalizar este proyecto y a cada uno de los docentes a lo largo de mi vida enseñándome el valor del conocimiento.

Resumen

Esta investigación tuvo como objetivo repotenciar un módulo hidropónico convencional, mediante sensórica, microcontroladores y plataforma IoT, para el control y monitoreo de los sensores y procesos de suministro de agua, nutrición, circulación y evacuación de la solución nutritiva en el crecimiento de lechugas; *Lactuca Sativa* y *Batavia boinda di Parigi*. La hipótesis se centra en que si un módulo hidropónico mejorado o repotenciado mediante una arquitectura Lambda en un método que comprende la IoT puede controlar y monitorear los distintos sensores y procesos en un determinado tiempo del crecimiento de lechugas. La metodología que se aplicó parte desde un enfoque cuantitativo tomando en cuenta las variables medibles del estudio, la investigación tiene un alcance o nivel exploratorio ya que la tecnología en hidroponía en convergencia con la IoT ha sido poco investigada, siendo esta una de las primeras en Pichincha y muy específicamente en Quito. Por último, la investigación tiene un diseño experimental debido a que esta técnica permitió observar, manipular y registrar datos en dos tipos de variables, como son las independientes y dependientes que afectan a un determinado fenómeno. Los resultados se pudieron observar mediante la interfaz de la plataforma IoT llamada Ubidots que permitió un control en el monitoreo de los distintos datos obtenidos desde un módulo Ethernet y el micro controlador de Arduino Mega 2560 creando distintas variables con su respectivo gráfico en una forma fácil de visualizar desde un computador o smartphone.

Palabras clave: Sensórica, IoT, Arquitectura Lambda, Solución nutritiva, Independientes, Dependientes, Ubidots

Abstract

The objective of this research was to repower a conventional hydroponic module, through sensors, microcontrollers and an IoT platform, for the control and monitoring of sensors and processes of water supply, nutrition, circulation and evacuation of the nutrient solution in the growth of lettuce; *Lactuca Sativa* and *Batavia boinda di Parigi*. The hypothesis focuses on whether a hydroponic module improved or repowered through a Lambda architecture in a method that includes the IoT can control and monitor the different sensors and processes at a certain time of lettuce growth. The methodology that was applied starts from a quantitative approach taking into account the measurable variables of the study, the research has an exploratory scope or level since the technology in hydroponics in convergence with the IoT has been little investigated, being this one of the first in Pichincha and very specifically in Quito. Finally, the research has an experimental design because this technique allowed us to observe, manipulate and record data in two types of variables, such as the independent and dependent ones that affect a certain phenomenon. The results could be observed through the interface of the IoT platform called Ubidots that allowed a control in the monitoring of the different data obtained from an Ethernet module and the Arduino Mega 2560 microcontroller creating different variables with their respective graph with an easy way to view from a computer or smartphone.

Keywords: Sensory, IoT, Lambda Architecture, Nutrient Solution, Independent, Dependent, Ubidots

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	14
Índice de Tablas	17
Introducción	18
Problemática	19
Preguntas de Investigación	19
Justificación	19
Objetivo General	20
Objetivos Específicos.	20
Hipótesis	21
Marco teórico	21

Invernadero.....	21
Sistema Hidropónico NFT	21
Cultivos Hidropónicos NFT Convencional	22
Cultivos Hidropónicos NFT Automatizados	23
Solución Nutritiva	23
Lechugas.....	25
Arduino MEGA 2560.....	25
Módulo de Relés.....	26
Módulo Ethernet.....	26
IoT	26
Arquitectura Lambda.....	27
Plataformas IoT	28
Inventor	29
Metodología	29
Variables Independientes De La Investigación.....	30
Variable Dependiente De La Investigación	30
Acondicionamiento Del Invernadero	30
Parámetros	30
Diseño Del Módulo Hidropónico.....	32
Espacio de Uso y Ocupación.....	32
Diseño.....	32

Construcción Del Módulo Hidropónico	33
Construcción de la Estructura.....	33
Construcción de Tuberías	35
Tanques	37
Bomba	38
Implementación De Automatización Al Modulo Hidropónico.....	39
Incorporación de Sensores.....	39
Incorporación de Actuadores.....	40
Sistemas y Procesos.....	41
Registro De Datos Del Módulo Hidropónico.....	51
Algoritmo	51
Arquitectura.....	51
Preparación de la Planta	52
Resultados	53
Comprobación De La Interfaz.....	53
Días Transcurridos	54
Nivel de Solución Nutritiva.....	55
Conductividad Eléctrica	56
Nivel de Nutrientes en el Tanque “A”.....	57
Nivel de Nutrientes en los Tanques “B” y “C”	58
Temperatura de la Solución Nutritiva	59

Temperatura del Invernadero	60
Humedad del Invernadero	61
Luminancia del Invernadero.....	62
pH	63
Evaluación y Comparación De Datos	64
Evolución del Sistema de Suministro de Agua Potable y Sistema de Evacuación .	65
Evolución del Sistema de Nutrientes y Sistema de Circulación.	66
Evolución del Acondicionamiento	69
Evolución De La Variable Dependiente.....	74
Discusión.....	75
Conclusiones	76
Recomendaciones.....	78
Bibliografía	79
Anexos	82

Índice de Figuras

Figura 1 Funcionamiento del Sistema de Cultivo Hidropónico NFT.	22
Figura 2 Medición Tradicional del Nivel de pH.	23
Figura 3 Raíz Flotante y Solución Nutritiva.	24
Figura 4 Vista de la Implementación de la Arquitectura Lambda.	27
Figura 5 Interfaz Gráfica de Ubidots.	29
Figura 6 Ubicación del Invernadero.	31
Figura 7 Invernadero en la Parroquia de Nayón.	31
Figura 8 Adecuación del Invernadero.	32
Figura 9 Modelado 3D del Módulo Hidropónico.	33
Figura 10 Construcción de la Estructura Metálica.	34
Figura 11 Estructura Metálica Pintada y Ubicada.	34
Figura 12 Tuberías Principales.	35
Figura 13 Tuberías de Retorno.	36
Figura 14 Tuberías de Inyección.....	36
Figura 15 Tanque de Solución Nutritiva.....	37
Figura 16 Tanques de Macronutrientes y Micronutrientes.	38
Figura 17 Bomba de agua de ½ Hp.....	39
Figura 18 Sistema de Encendido Activo.....	41
Figura 19 Sistema de Apagado Activo.	42
Figura 20 Sistema de Suministro de Agua Potable Activo.....	44

Figura 21 Sistema de Nutrientes Activo.	46
Figura 22 Sistema de Circulación Activo.	48
Figura 23 Sistema de Evacuación Activo.	49
Figura 24 Sistema de Datos del Acondicionamiento Activo.	50
Figura 25 Arquitectura Lambda Aplicado a la Investigación.	52
Figura 26 Plantación de Plantulas en el Módulo Hidropónico.	53
Figura 27 Interface de Plataforma Ubidots desde un Computador.	54
Figura 28 Variable de Días Transcurridos.	55
Figura 29 Variable del Nivel de Solución Nutritiva en el Tanque.	56
Figura 30 Variable de la Conductividad Eléctrica en el Tanque.	57
Figura 31 Variable del Nivel de Nutrientes en el Tanque “A”.	58
Figura 32 Variable del Nivel de Nutrientes en los Tanques “B” y “C”.	59
Figura 33 Variable de Temperatura de la Solución Nutritiva.	60
Figura 34 Variable de Temperatura en el Invernadero.	61
Figura 35 Variable de Humedad en el Invernadero.	62
Figura 36 Variable de Luminancia en el Invernadero.	63
Figura 37 Variable de pH de la Solución Nutritiva.	64
Figura 38 Gráfica de la Evolución del Nivel de Solución Nutritiva.	65
Figura 39 Gráfica de la Evolución del pH de Solución Nutritiva.	66
Figura 40 Gráfica de Evolución de la Conductividad Eléctrica en Solución Nutritiva. ..	67
Figura 41 Gráfica de la Evolución del Nivel de Nutrientes en el Tanque “A”.	68

Figura 42 Gráfica de la Evolución del Nivel de Nutrientes en el Tanque “B” y “C”	69
Figura 43 Gráfica de Evolución de la Temperatura de la Solución Nutrtiva.....	70
Figura 44 Gráfica de la Evolución de Temperatura del Invernadero.....	71
Figura 45 Gráfica de la Evolución de la Humedad del Invernadero.....	72
Figura 46 Gráfica de la Evolución de la Luminancia del Invernadero.	73
Figura 47 Gráfica de la Evolución de los Días Transcurridos.	74
Figura 48 Lechuga Lactuca Sativa y Batavia boinda di Parigi.....	75

Índice de Tablas

Tabla 1 Requerimientos Para el Crecimiento ideal de Lechugas Hidropó.	25
Tabla 2 Cantidad de Solución Nutritiva en el Tanque.	43
Tabla 3 Cantidad de Nutrientes Inyectados en el Tanque.....	45
Tabla 4 Cantidad de Nutrientes en los Tanques según la Distancia de los Sensores.....	47
Tabla 5 Valores Recibidos en la Variable de Días Transcurridos.	55
Tabla 6 Valores Recibidos en la Variable de Nivel de Solución Nutritiva en el Tanq...56	
Tabla 7 Valores Recibidos en la Variable Conductividad Eléctrica en la Solución N...57	
Tabla 8 Valores Recibidos en la Variable de Nutrientes en el Tanque “A”.	58
Tabla 9 Valores Recibidos en la Variable de Nutrientes en los Tanques “B” y “C”.....	59
Tabla 10 Valores Recibidos en la Variable de Temperatura en la Solución Nutrtiva. ...	60
Tabla 11 Valores Recibidos en la Variable de Temperatura en el Invernadero.	61
Tabla 12 Valores Recibidos en la Variable de Humedad en el Invernadero.	62
Tabla 13 Valores Recibidos en la Variable de Luminosidad en el Invernadero.....	63
Tabla 14 Valores Recibidos en la Variable de pH en la Solución Nutrtiva.....	64

Introducción

Este trabajo de investigación tuvo la finalidad de mejorar o repotenciar un módulo de cultivo hidropónico convencional por medio de una arquitectura Lambda en un método que comprende la IoT pudiendo conocer el rendimiento de distintos procesos a través del tiempo proporcionando datos en línea y evitando la intervención humana. Los sistemas hidropónicos convencionales que usan la técnica NFT tienen la necesidad de utilizar una o varias personas para el control y monitoreo en las variaciones, en los procesos se emplean sensores portátiles que tienen el riesgo de perderse o ser averiados, por lo tanto, el ser humano es susceptible a cometer errores, perder eficacia de una forma continua en la compilación de información, ejecutando actividades y asumir datos sin justificar su origen o necesidad. La arquitectura Lambda se enfoca en cuatro componentes: La Capa de Captura de Datos, la cual está encargada del ingreso de la información por medio de sensores y micro controladores, La Capa de Procesamiento la cual satisface todas las solicitudes que están sujetas a requisitos usando algoritmos rápidos, eficientes. La Capa de Almacenamiento la cual soporta la gestión de todo el conjunto de datos obtenidos, haciendo un histórico. Finalmente, La Capa de Consulta en donde se representa la información sea obtenida en tiempo real o de la parte almacenada. Las plataformas IoT son un software de recepción de datos que generan los sensores conectados a distintos micro controladores, su objetivo es la recolección y tratamiento de datos para realizar acciones y ofrecer servicios como envío de SMS, emails y llamadas. La metodología que se aplicó parte desde un enfoque cuantitativo tomando en cuenta las variables medibles del estudio, la investigación tiene un alcance o nivel exploratorio ya que la tecnología en hidroponía en convergencia con la IoT ha sido poco investigada, siendo esta una de las primeras en Pichincha y muy específicamente en Quito. Por último, la investigación tiene un diseño experimental debido a que esta técnica permitió observar, manipular y registrar datos en dos tipos de variables, como son las independientes y dependientes que afectan a un determinado fenómeno. La manipulación de una

o varias variables independientes afectan directamente a la variable dependiente por lo general esta técnica se enfocó en manipular las variables independientes a lo largo del experimento para comprobar y concluir que nuestra hipótesis sea o no cierta.

Problemática

Los sistemas hidropónicos convencionales que usan la técnica NFT tienen la necesidad de utilizar una o varias personas para el control y monitoreo en las variaciones del nivel de pH, conductividad y temperatura de sus soluciones nutritivas por medio de procesos manuales y sin una respuesta inmediata. (Inca, 2013).

En los procesos se emplean sensores portátiles que tienen el riesgo de perderse o ser averiados, por lo tanto, el ser humano es susceptible a cometer errores y perder eficacia de una forma continua en la compilación de información, ejecución de actividades y asumir datos sin justificar su origen o necesidad. Finalmente, estos errores ocasionan pérdidas de tiempo, producción, calidad y sobre todo económicos (Amaya & L. Cruz, 2016).

Preguntas de Investigación

¿Por qué fue necesario el acondicionamiento de un invernadero para el crecimiento de lechugas hidropónicas?

¿Cómo se pudo diseñar y construir un módulo hidropónico para lechugas?

¿Qué sensores, actuadores y microcontroladores se requirieron para automatizar un módulo hidropónico?

¿Cómo se pudo controlar y monitorear los sensores y procesos de un módulo hidropónico de lechugas?

Justificación

Este trabajo de investigación tuvo la finalidad de mejorar o repotenciar un módulo de cultivo hidropónico convencional por medio de una arquitectura Lambda en un método que comprende la IoT pudiendo conocer el rendimiento de distintos procesos a través del tiempo proporcionando datos en línea y evitando la intervención humana. (Gokhale, Bhat, & Bhat, 2018)

Objetivo General

Repotenciar un módulo hidropónico convencional, mediante sensórica, microcontroladores y plataforma IoT, para el control y monitoreo de los sensores y procesos de suministro de agua, nutrición, circulación y evacuación de la solución nutritiva en el crecimiento de lechugas; *Lactuca Sativa* y *Batavia boinda di Parigi*.

Objetivos Específicos.

Conseguir un invernadero que cumpla con los parámetros que requiere para un módulo hidropónico de lechugas.

Diseñar un módulo hidropónico según la arquitectura Lambda para su construcción en un determinado espacio del invernadero.

Construir un módulo hidropónico en el invernadero con determinados elementos que puedan realizar los procesos de suministro de agua, nutrición, circulación y evacuación de la solución nutritiva.

Implementar sensores y actuadores guiados por una programación en un Arduino Mega 2560, para automatizar los distintos procesos del módulo hidropónico.

Registrar datos de los sensores implementados al módulo hidropónico en un Arduino Mega 2560 y mediante la tarjeta Ethernet enviarlos a la plataforma IoT llamada Ubidots.

Comprobar mediante la interfaz de Ubidots el correcto funcionamiento en la recepción de datos enviados por el módulo hidropónico.

Evaluar y comparar los datos registrados por medio de gráficas de la evolución de los distintos sensores y procesos en un determinado tiempo del módulo hidropónico.

Hipótesis

Un módulo hidropónico mejorado o repotenciado mediante una arquitectura Lambda en un método que comprende la IoT puede controlar y monitorear los distintos sensores y procesos en un determinado tiempo del crecimiento de lechugas; Lactuca Sativa y Batavia boinda di Parigi.

Marco teórico

Invernadero

Un invernadero es una estructura que se compone de materiales diversos como el plástico o vidrio flexible o rígido, soporta la fuerza del viento, posee dimensiones que ayudan al desarrollo de plantas y a un mejor manejo en la cosecha del cultivo. El invernadero otorga mejor control de temperatura y humedad con grandes ventajas como el obtener productos en cualquier momento del año, aumentar la producción y proporcionar protección. (Beltrano & Gimenez, 2020).

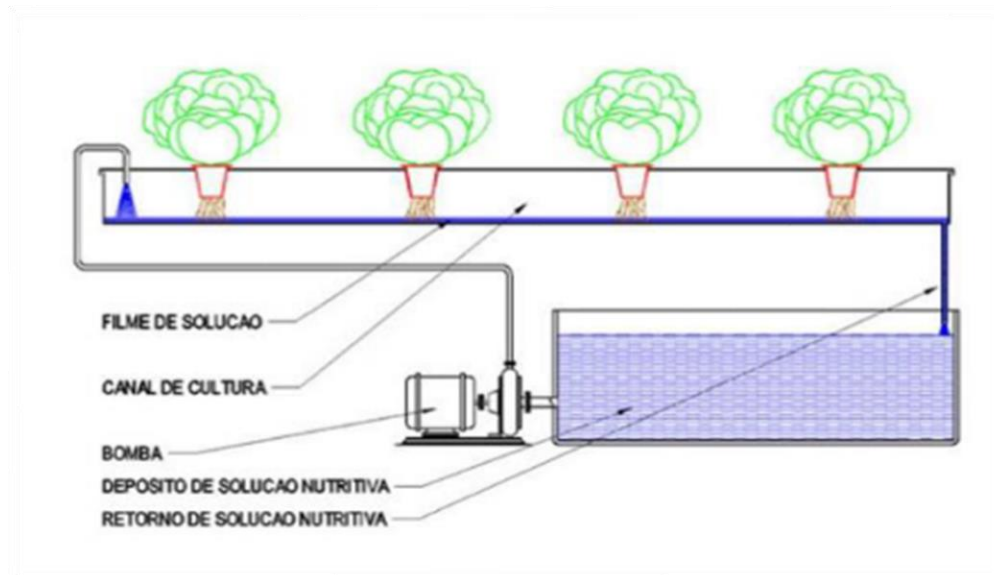
Sistema Hidropónico NFT

Esta técnica de cultivo se la conoce como “Nutrient Film Technique” o NFT, su funcionamiento consiste en la circulación de solución nutritiva por medio de tubos PVC o similares, un contenedor y la activación de una bomba de agua. Este proceso se repite constantemente, suministrando una solución nutritiva a los cultivos para su adecuado desarrollo como se observa en la Figura 1. (Beltrano & Gimenez, 2020)

Los beneficios que aporta, es el ahorro de solución nutritiva y agua, aprovecha el espacio de forma vertical, permite un gran control sobre la nutrición de los cultivos acelerando su crecimiento y por último genera una mayor producción y calidad en menor tiempo, debido al contacto permanente entre la solución nutritiva y la raíz de los cultivos. (Beltrano & Gimenez, 2020)

Figura 1.

Funcionamiento del Sistema de Cultivo Hidropónico NFT.



Nota. Reproducida del Sistema NFT de FAO, 2010, (Cajo, 2016).

Cultivos Hidropónicos NFT Convencional

Según señala (Inca, 2013), los métodos convencionales de control para sistemas hidropónicos se realizan de manera manual y generalmente mantienen el siguiente proceso.

1. Medición diaria de los niveles de pH, conductividad eléctrica y temperaturas mediante equipos portátiles, como se observa en la Figura 2.
2. Activación de la circulación de forma manual o semiautomática usando temporizadores.
3. Registro manual de los parámetros en bitácoras.
4. Correccionales manuales de los distintos niveles de pH y conductividad eléctrica, agregando nutrientes.
5. Circulaciones periódicas manuales que garantizan oxigenación en la solución nutritiva.

Figura 2.

Medición Tradicional del Nivel de pH.

***Cultivos Hidropónicos NFT Automatizados***

Los procesos de automatización generan una reducción muy notable de los procedimientos tradicionales en el crecimiento de plantas en un Cultivo Hidropónico NFT, para obtener un correcto proceso de automatización se deben analizar distintas variables que ayuden a diseñar un sistema de sensores y actuadores ideal que permitan concretar un proceso lo más completamente libre de la intervención humana. (Inca, 2013)

La implementación del sistema de automatización y control permite al productor reducir el costo de personal debido a que el sistema será el encargado del registro de los parámetros. El resultado inmediato de implementar el sistema de automatización es garantizar que las plantas estén sin ningún estrés alimenticio, lo cual se verá reflejado en una mejor producción y en mayores ingresos para el productor. (Cajo, 2016)

Solución Nutritiva

La solución nutritiva está compuesta por una serie de nutrientes que poseen elementos esenciales disueltos en agua para los cultivos, cada planta o especie vegetal que se desee cultivar en la hidroponía requiere de características y parámetros específicos en la solución nutritiva. Si la solución nutritiva presenta una carencia de algún elemento esencial se puede producir

anormalidades en el crecimiento guiando a la planta hacia la muerte, debido a eso es muy importante que esta se alimente de los elementos esenciales para sobrevivir como son los Macronutrientes los cuales son los más demandados para su desarrollo y están compuestos por: N, P, K, Ca y Mg. (Beltrano & Gimenez, 2020)

Los micronutrientes son elementos que se requieren en una menor proporción y están compuestos por: Cl, B, Fe, Mn, Zn y Mo, como se observa en la Figura 3. Sin embargo, en los sistemas hidropónicos NFT, no se necesita suministrar oxigenación en el agua debido al recorrido de la solución nutritiva por los tubos y el tanque, provocando que la oxigenación aumente. (Beltrano & Gimenez, 2020)

El pH y la conductividad eléctrica en la solución nutritiva son parámetros que permiten medir la asimilación y disponibilidad de los nutrientes disueltos en el agua, el pH se mide en una escala de 0 a 14, por lo tanto, si es menor que 7 su composición es ácida y si es mayor su composición es alcalina. La conductividad eléctrica se expresa en mili Siemens por centímetro (mS/cm) lo cual permite conocer si la solución nutritiva carece o excede la cantidad de nutrientes necesarios para el crecimiento de los cultivos. (Amaya & L. Cruz, 2016)

Figura 3.

Raíz Flotante y Solución Nutritiva



Lechugas

Las lechugas *Lactuca Sativa* y *Batavia Boinda Di Parigi* son plantas que se cultivan como alimento y debido a sus propiedades pueden crecer durante todo el año en ambientes semi controlados o controlados, naturales y expuestos a factores ambientales como la cosecha tradicional o en artificiales compuestos por invernaderos con componentes que buscan su crecimiento ideal. (Zuñiga, 2007)

Las lechugas presentan muy poco valor nutritivo debido a su alto contenido de agua (90-95%), proporcionando ciertos minerales como fósforo, calcio, potasio, hierro, amoniacos, antioxidantes y vitaminas A, C, B1, B2, B3, B9, E y K. (Barrios, 2004).

Según los estudios de (Cajo, 2016) se deben cumplir ciertos requerimientos para obtener un crecimiento ideal de las lechugas en un sistema de cultivo hidropónico como lo son:

Tabla 1.

Requerimientos Para el Crecimiento Ideal de Lechugas en Un Cultivo Hidropónico

Requerimiento	Valor	Unidad
Temperatura optima del ambiente	18 a 23	°C
Temperatura optima de la solución nutritiva	22	°C
Humedad relativa adecuada	60 a 80	%
Luminosidad ideal	1200 a 3000	Lux
Ph optimo	6.7 a 7.4	No tiene unidades
Conductividad eléctrica ideal	1 a 2.3	mS/cm
Caudal ideal	2 a 6	l/min
Tiempo de cosecha	38 a 47	días

Nota. Fuente: Cultivo en Hidroponía (Cajo, 2016)

Arduino MEGA 2560

Es una placa que incorpora un micro controlador reprogramable con una serie de pines-hembra que permiten conectar de forma sencilla y cómoda distintos sensores y actuadores. Posee un entorno de desarrollo multiplataforma gratuito el cual puede recibir, verificar y guardar en la memoria del micro controlador el conjunto de instrucciones que se desee ejecutar. (Rojas & Vaca, 2017)

El micro controlador del Arduino Mega 2560 sirve para realizar prototipos tomando la información precisa del entorno a través de distintos sensores como la temperatura, humedad, presión, distancia, entre otros. Estos datos permiten que el micro controlador pueda afectar aquello que lo rodea interviniendo con luces, motores, electroválvulas, relés, y distintos tipos de actuadores. (Inca, 2013).

Módulo de Relés

El módulo de relés está compuesto por bobinas electromagnéticas que son de tipo actuadores que funcionan como un interruptor y permiten el paso de voltaje, están controlados por un circuito electrónico y se los puede encender o apagar enviando o quitando un determinado voltaje de un pin de salida del micro controlador. (Arduino, 2021)

Módulo Ethernet

El módulo Ethernet permite realizar una conexión hacia el internet desde el micro controlador y tiene la función de servidor y cliente esto quiere decir que puede enviar información y recibirla para monitorear o controlar distintas actividades o programas. (Arduino, 2021)

IoT

La IoT o el internet de las cosas es una red conectada, que permite el intercambio de datos desde objetos físicos: instrumentos, dispositivos, vehículos, edificios y otros elementos integrados con software, electrónica, circuitos y sensores. La IoT involucra distintos elementos

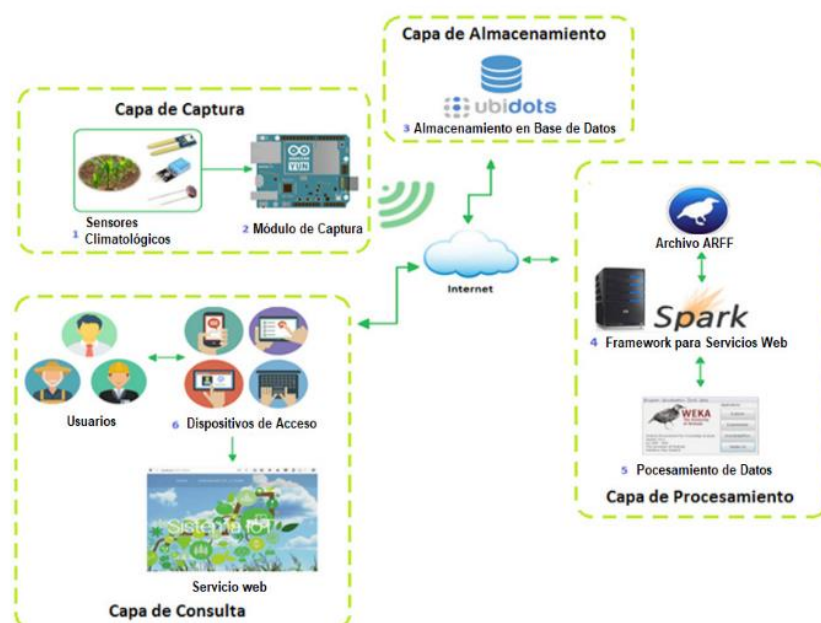
como infraestructura, comunicaciones, interfaces, protocolos y estándares para permitir que los objetos se detecten y controlen de forma remota a través de la red existente, creando oportunidades para una integración directa del mundo físico a los sistemas informáticos con un resultado de mayor eficiencia y precisión. (Gokhale, Bhat, & Bhat, 2018)

Arquitectura Lambda

La arquitectura Lambda se enfoca en cuatro componentes: La Capa de Captura de Datos, la cual está encargada del ingreso de la información por medio de sensores y micro controladores, La Capa de Procesamiento la cual satisface todas las solicitudes que están sujetas a requisitos usando algoritmos rápidos, eficientes e incrementales, considerando únicamente datos recientes La Capa de Almacenamiento la cual soporta la gestión de todo el conjunto de datos obtenidos, haciendo un histórico. Finalmente, La Capa de Consulta en donde se representa la información sea obtenida en tiempo real o de la parte almacenada. (Quiroga, Jaramillo , Campo, & Chanci, 2016).

Figura 4.

Vista de la Implementación de la Arquitectura Lambda



Nota. Reproducida de la Implementación de la Arquitectura Lambda de Quiroga, 2016, (Quiroga, Jaramillo , Campo, & Chanci, 2016)

Plataformas IoT

Las plataformas IoT son un software de recepción de datos que generan los sensores conectados a distintos micro controladores como Arduino MEGA 2560. Su objetivo es la recolección y tratamiento de datos para realizar acciones y ofrecer servicios como envío de SMS, emails y llamadas. (Loli Déguez, 2020)

Según (Loli Déguez, 2020), los dispositivos IoT se componen de micro controladores con sensores conectados hacia el internet, permitiendo enviar datos o mediciones hacia los servicios que se encuentran en la nube y también permiten una comunicación a la inversa, siendo los servicios que proporciona la nube los que mandan información o comandos a los distintos dispositivos, por ejemplo:

- Un camión con refrigeración envía cada 10 minutos los datos de su temperatura a la nube.
- Un exceso de temperatura y humedad en una unidad de aire acondicionado
- Una determinada frecuencia puede ser modificada desde la nube.
- Sensores de presencia en un determinado espacio y tiempo.

Ubidots

Es una plataforma IoT que ofrece distintos servicios al ser compatible con Arduino Mega 2560, esta plataforma proporciona una interfaz gráfica que puede ser visualizada desde cualquier computador y posee un Aplicativo móvil que facilita la interfaz y el control de los datos, permitiendo enlazar los dispositivos conectados de forma intermitente o continua, al igual que directa o inversa como se observa en la Figura 5. El usuario tiene la ventaja de enlazarse desde cualquier punto con conexión a internet, la plataforma le proporciona mucha libertad y facilidad

en los almacenamientos, monitoreos, advertencias y sobre todo un adecuado control de nuestros proyectos. (Ubidots, 2021).

Figura 5.

Interfaz Gráfica de Ubidots.



Nota. Reproducida de la Interfaz Gráfica Ubidots, de Dieguez 2020, (Loli Déguez, 2020)

Inventor

Es un software diseñado para producir y perfeccionar modelados geométricos con la finalidad de obtener prototipos en 3D, al igual que planos en 2D de las diferentes piezas y ensamblajes. Es utilizado comúnmente en la ingeniería por su versatilidad con el usuario en proyectos o desarrollos académicos. (Autodesk, 2021)

Metodología

La metodología que se aplicó parte desde un enfoque cuantitativo tomando en cuenta las variables medibles del estudio, la investigación tiene un alcance o nivel exploratorio ya que la tecnología en hidroponía en convergencia con la IoT ha sido poco investigada, siendo esta una de las primeras en Pichincha y muy específicamente en la ciudad de Quito. (Nicomedes, 2018).

Por último, la investigación tiene un diseño experimental debido a que esta técnica permitió observar, manipular y registrar datos en dos tipos de variables, como son las

independientes y dependientes que afectan a un determinado fenómeno. La manipulación de una o varias variables independientes afectan directamente a la variable dependiente por lo general esta técnica se enfocó en manipular las variables independientes a lo largo del experimento para comprobar y concluir que nuestra hipótesis sea o no cierta. (Neill & Cortez , 2013)

Variables Independientes De La Investigación.

- Nivel de solución nutritiva
- pH
- Conductividad eléctrica
- Nivel de los macronutrientes
- Nivel de los micronutrientes
- Temperatura de la solución nutritiva
- Temperatura del invernadero
- Humedad del invernadero
- Luminosidad del invernadero
- Días Transcurridos

Variable Dependiente De La Investigación

- Crecimiento de las Lechugas; Lactuca Sativa y de Batavia boinda di Parigi

Acondicionamiento Del Invernadero

Parámetros

Los parámetros que se establecieron para el módulo hidropónico fueron la ubicación y el espacio, principalmente un lugar donde las lechugas y componentes de automatización se encuentren en un ambiente controlado y no expuestos a factores climáticos o físicos que podían

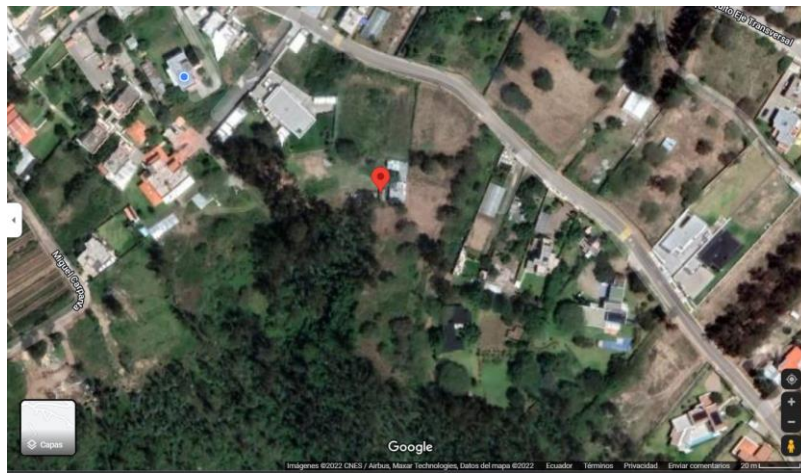
perjudicarlos. Este lugar debía tener servicio eléctrico, suministro de agua potable y conexión a internet.

Ubicación.

Después de realizar la búsqueda de un lugar que cumpla con los parámetros, se encontró un invernadero localizado en la Parroquia Nayón, Quito-Ecuador. Cómo se observa en la Figura 6.

Figura 6.

Ubicación del Invernadero.



Nota. Reproducida de Ubicación en Nayón, de Google Maps 2020, (Google. (s.f.-b)).

El invernadero tuvo un área de 15 m² y una altura de 3 m, elaborado con una estructura metálica y el techo con forma parabólica, la cual lo hizo más eficiente en la captación de radiación solar debido a que los rayos inciden de forma perpendicular, Figura 7.

Figura 7.

Invernadero en la Parroquia de Nayón.



Espacio.

Debido a que el invernadero poseía una superficie irregular de tierra y daños en el plástico que lo cubre, se procedió a realizar un suelo de cemento con una salida de agua por medio de una tubería, también se arregló los daños en el plástico. Esta readecuación ayudó a evitar el empozamiento de agua para prevenir la generación de microorganismos que hubieran podido enfermar los cultivos, además ayudó a que la temperatura se mantenga en el invernadero y que el módulo hidropónico no pueda ser afectado por ningún riesgo climático o físico, Figura 8.

Figura 8.*Adecuación del Invernadero***Diseño Del Módulo Hidropónico***Espacio de Uso y Ocupación*

Posteriormente a la readecuación del invernadero, se planteó el espacio de uso y ocupación del módulo hidropónico como se observa en el Plano de Uso y Ocupación del Espacio en el Anexo A, por lo tanto, se planeó ubicar el módulo hidropónico en un lugar céntrico y con la disponibilidad de movilización humana de un metro alrededor, esto evito tener que trasladarlo de un punto a otro o el movilizarlo para realizar una modificación o visualización de la parte posterior.

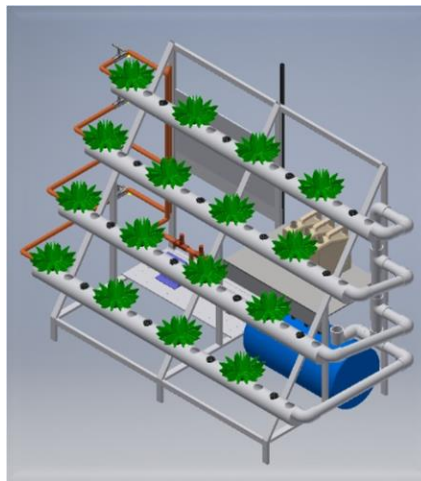
Diseño

El proceso de diseño proporcionó un modelado en 3D, desarrollado en el Software Inventor con sus respectivos planos, de esta manera se conocieron las dimensiones estructurales y ubicaciones de los distintos elementos. Para realizar el modelado se consideró los siguientes puntos; Espacio de uso y ocupación en el invernadero, Arquitectura Lambda, Cantidad de lechugas, Tubos de agua, Bomba de agua y Tanques.

Una vez considerados los puntos para el diseño del módulo hidropónico, se culminó con un ensamblaje final como se observa en la Figura 9, el cual se pudo visualizar detalladamente y de diferentes vistas reales y del modelado 3D en el Anexo B, y su respectivo Plano General en el Anexo C.

Figura 9.

Modelado 3D del Módulo Hidropónico



Construcción Del Módulo Hidropónico

Construcción de la Estructura

La estructura metálica del módulo hidropónico se desarrolló por medio del Plano General del Anexo C, y el Plano de Estructura Metálica en el Anexo D, después se procedió con los cortes correspondientes en los tubos y las uniones se las realizó mediante un cordón de soldadura de un

electrodo 6011, como se observa en la Figura 10, se pudo evidenciar que la estructura se encuentra debidamente armada.

Figura 10.

Construcción de la Estructura Metálica



A continuación, se colocó las piezas faltantes compuestas por dos láminas de tol de 2 mm, una perforada y otra de acero galvanizado Figura 11, luego de este paso se procedió a pintar de blanco y por último se ubicó la estructura en el invernadero.

Figura 11.

Estructura Metálica Pintada y Ubicada



Construcción de Tuberías

Las tuberías principales de PVC fueron cuatro y se ubicaron horizontalmente sobre la estructura metálica de forma escalonada como se observa en el Plano de Tuberías Principales en el Anexo E, las tuberías tuvieron un diámetro de 112.5 mm y un largo de 1.956 m, con 15 perforaciones, cada una con un diámetro de 325mm de forma secuencial. En la Figura 12, se encuentran los tubos sobre la estructura metálica y sumando todas las perforaciones tuvo 60 hoyos que sirvieron para sostener las canastillas en donde se desarrollaron las lechugas.

Figura 12.

Tuberías Principales



Después de colocar los tubos principales, se incorporó los tubos por donde la solución nutritiva regresa hacia el tanque, como se observa en el Plano de Tuberías de Retorno en el Anexo E, estos tubos PVC tenían un diámetro de 60.6 mm y extensiones, codos y uniones tipo T, como se observa en la Figura 13, cada tubo tenía una inclinación de 10° y distancias distintas, uniéndose a un tubo vertical que conecta con el tanque de solución nutritiva.

Figura 13.*Tuberías de Retorno*

Después se incorporó los tubos que proporcionan la solución nutritiva desde el tanque hacia los cultivos y junto a los tubos de retorno crearon una circulación completa como se observa en el Plano de Tuberías de Inyección en el Anexo E, estos tubos PVC tenían un diámetro de $\frac{1}{2}$ in, que parte desde el tanque, obtiene su caudal al pasar por la bomba de agua y llega a los distintos tubos principales, como se observa en la Figura 14, Cada tubo tiene una distancia distinta hacia los tubos principales, cada conexión tiene una llave de regulación de caudal, esto para asegurar que el flujo no sea demasiado fuerte y no pueda ocasionar daños a nuestra raíces flotantes.

Figura 14.*Tuberías de Inyección*

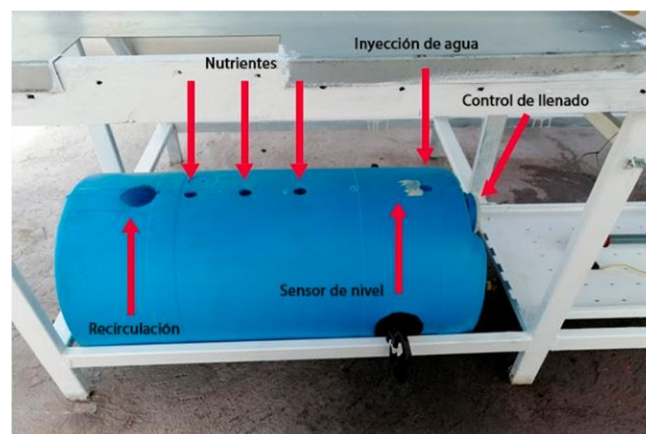


Tanques

El sistema de cultivo tiene un tanque de PVC color azul, con una capacidad máxima de 60 litros, en los distintos procesos de automatización se emplea 50 litros de solución nutritiva. El tanque tiene orificios para el suministro de agua, nutrientes, circulación, sensor de nivel de fluido y control de llenado. cómo se observa en la Figura 15.

Figura 15.

Tanque de Solución Nutritiva



A continuación, se implementaron 3 tanques que almacenan los nutrientes correspondiendo al Tanque “A” con los macronutrientes y los Tanque “B” y “C” con los micronutrientes. Todos los tanques tienen un orificio en su parte inferior para conectar por medio

de una tubería y una electroválvula al tanque de solución nutritiva, como se observa en la Figura 16.

Los tanques fueron ubicados sobre el tol galvanizado que sostiene la estructura metálica, todos poseen dos orificios en su parte superior para los sensores de nivel, tienen un orificio de relleno con su tapa y por último en su parte posterior se pudo observar la cantidad de nutrientes que se colocó manualmente.

Figura 16.

Tanques de Macronutrientes y Micronutrientes.



Bomba

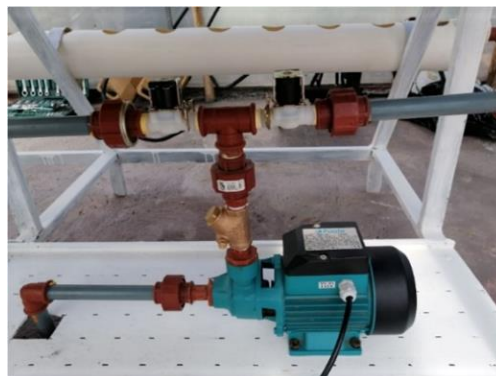
El caudal de la solución nutritiva hacia las lechugas corresponde a un rango de 2 a 8 l/min según la Tabla 1, referente a los descrito por (Cajo, 2016), debido a que las raíces flotantes no toleran un caudal mayor, generando daños en su crecimiento. Considerando que los tubos principales son 4 y el caudal máximo que podían recibir las raíces flotantes de las lechugas era de 8 l/m, por lo tanto, se establecido lo siguiente:

- $8 \text{ l/m} \times 4 \text{ tuberías} = 32 \text{ l/min}$

Frente a este valor se pudo conocer el caudal que se requirió para los 4 tubos principales y se adquirió una bomba de agua de $\frac{1}{2}$ Hp con sus Datos Técnicos en el Anexo F, la cual tenía un caudal máximo de 36 l/min, como se observa en la Figura 17. Las válvulas de regulación colocadas en el proceso anterior ayudaron a disminuir los 36 l/min a 9 l/min en cada tubo principal.

Figura 17.

Bomba de agua de $\frac{1}{2}$ Hp



Implementación De Automatización Al Modulo Hidropónico

Al implementar sensórica al módulo hidropónico se buscó cumplir una automatización a las distintas actividades habituales realizados convencionalmente por el ser humano en la hidroponía. Conforme se observó el Esquema de Funcionamiento del Anexo G, se estableció los distintos sistemas y procesos con una forma detallada y explicativa.

Incorporación de Sensores

Los sensores fueron los componentes para la adquisición de diferentes tipos de datos, en el módulo hidropónico se introdujo diez sensores según nuestras variables independientes. Estos sensores se conectaron a la tarjeta Arduino MEGA 2560 como se pudo ver en el Esquema Electrónico de Sensores en el Anexo H. Con estos sensores se buscó conocer los distintos datos de la solución nutritiva con la finalidad de automatizar procesos, almacenar datos y monitorear rangos en la plataforma IoT Ubidots.

Se incorporó cuatro sensores tipo HC-SR04 compuestos por un emisor y receptor de ultrasonido, que midieron la distancia a la que se encontraba la solución nutritiva y los nutrientes “A”, “B” y “C en los tanques. Estos sensores se ubicaron según como se observa en el Esquema Hidráulico del Anexo I.

A continuación, se introdujo al tanque de solución nutritiva un sensor de pH SENO161, un sensor de conductividad eléctrica (Microsoft, 2021), y un sensor de la temperatura de fluidos DS18B20 como se observó en el Esquema Hidráulico del Anexo I.

Finalmente se introdujo en la estructura del cultivo hidropónico sensores de temperatura del ambiente DAHT11, humedad del ambiente DAHT11 y un medidor de luminancia realizado con una fotorresistencia para los datos de acondicionamiento.

Incorporación de Actuadores

Los actuadores fueron componentes que emplearon la energía eléctrica recibida, para activar su funcionamiento en los procesos automatizados, como se observó en el Esquema Eléctrico Anexo K. En el módulo hidropónico se introdujo seis electroválvulas 110V de ½ in normalmente cerradas y la bomba de agua conectados al módulo de relés controlada por el Arduino Mega 2560, como se pudo ver en el Esquema Eléctrico y Electrónico de Control Anexo J.

Se colocó una electroválvula en el Sistema de suministro de agua, otras dos en el Sistema de Circulación y Evacuación junto a la bomba de agua. Por último, se incorporó tres electroválvulas al Sistema de Nutrientes sabiendo su ubicación por el Esquema Hidráulico del Anexo I.

Sistemas y Procesos

Encendido.

El sistema de encendido como se observó en el Esquema de Funciones Anexo G, sirvió como un interruptor que permitió el paso de energía eléctrica a los distintos actuadores y microcontroladores, encendiendo una luz verde para diferenciar del sistema de Apagado como se observa en la Figura 18.

Figura 18.

Sistema de Encendido Activo



Posteriormente se pudo observar en el Esquema Eléctrico del Anexo K, como se compuso sus conexiones para tener una mejor idea de su funcionamiento. Por último, este proceso tubo la finalidad de ser un indicador de que el módulo hidropónico se encontraba en operación.

Apagado.

El sistema de apagado como se observó en el Esquema de Funciones del Anexo G, sirvió como un interruptor que no permitió el paso de energía eléctrica a los distintos actuadores y microcontroladores, encendiendo una luz roja para diferenciar del sistema de Encendido como se observó en la Figura 19.

Figura 19.

Sistema de Apagado Activo



Posteriormente se pudo observar en el Esquema Eléctrico Anexo K, como se compuso sus conexiones para tener una mejor idea de su funcionamiento. Por último, este proceso tubo la finalidad de ser un indicador de que el sistema de cultivo no se encontró en operación.

Suministro de Agua Potable.

Este sistema tuvo la función de introducir automáticamente agua potable de la red pública hacia el tanque de solución nutritiva, con la finalidad de llenar el tanque y mantener el nivel adecuado conforme paso el tiempo. Este proceso como se pudo ver en el Esquema de Funciones del Anexo G, determino que el sensor de ultrasonido HC-SR04 ubicado en el tanque de solución nutritiva calcule la distancia de separación que hay entre el inicio de su onda con la solución nutritiva, a medida que la distancia de la onda del sensor aumento se tuvo menos cantidad de solución nutritiva y a medida que disminuyo la distancia de la onda se encontraba una mayor cantidad de solución nutritiva en el tanque. Tabla 2. Este sensor se conectó según el Esquema Electrónico de Sensores del Anexo H.

Tabla 2.

Cantidad de Solución Nutritiva en el Tanque según la Distancia del Sensor HCSR04

Solución nutritiva en el tanque	Distancia del Sensor HC-SR04	Porcentaje
50.03 litros	12 cm	100 %
45.63 litros	14 cm	90 %
40.95 litros	16 cm	80 %
36.3 litros	18 cm	70 %
32.7 litros	20 cm	60 %
29.1 litros	22 cm	50 %
24.45 litros	24 cm	40 %

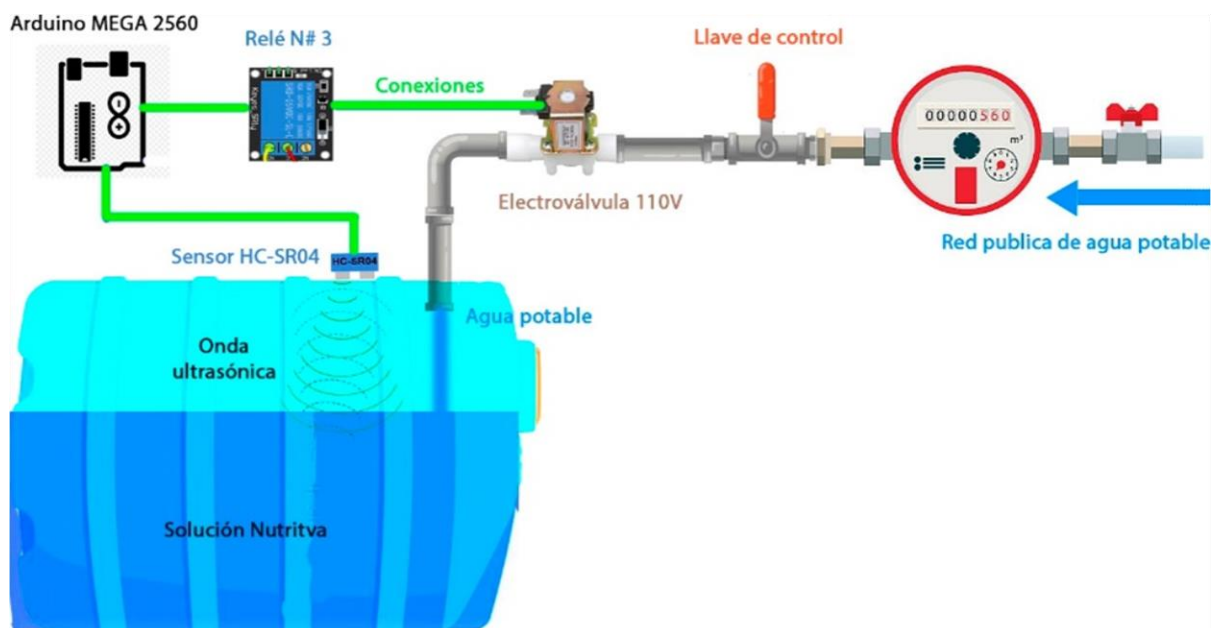
19.77 litros	26 cm	30 %
15.37 litros	28 cm	10 %
11.24 litros	30 cm	10 %
7.52 litros	32 cm	0 %

Nota. Los valores de porcentaje son los datos que se envía a la plataforma IoT

El sensor busca tener una distancia mínima o igual a 12 cm lo cual equivale a 50.03 litros en el tanque, si el sensor detectaba una medida mayor, Arduino MEGA 2560 activaba el relé N #3 conectado a una electroválvula de 110 V, permitiendo la entrada de agua potable de la red pública, aumentando su nivel y disminuyendo la distancia con el sensor. En la Figura 20 se observa cómo se realizó el proceso.

Figura 20.

Sistema de Suministro de Agua Potable Activo.



Nutrientes.

El sistema de nutrientes tuvo la función de inyectar automáticamente los macronutrientes y micronutrientes hacia el tanque de solución nutritiva, con la finalidad de realizar una adecuada disolución en el tanque y mantener los niveles adecuados para el crecimiento de las lechugas conforme paso el tiempo, como se pudo ver en el Esquema de Funciones del Anexo G, busco determinar la medición del sensor de conductividad eléctrica que tenía la solución nutritiva.

El sensor de conductividad eléctrica busca obtener una medida entre 1 y 2.2 ms/cm, ya que este intervalo corresponde al ideal según la Tabla 1, referente a los descrito por (Cajo, 2016), para el crecimiento de lechugas hidropónicas. Si el sensor detectaba una medida menor al intervalo, Arduino MEGA 2560 activaba el relé N#6 durante 4 minutos liberando 105.2 ml de Macronutrientes del tanque “A” y al mismo tiempo se activaba los relés N# 7 y 8 durante 2 minutos, liberando 52.6 ml de Micronutrientes “B” y “C”. Estos sensores se conectaron según el Esquema Electrónico de Sensores del Anexo H.

La cantidad de mililitros de nutrientes liberada en el tanque fue debido a lo solicitado por el Producto Anexo M, el cual menciona el uso de 2 ml de nutriente “A” y 1 ml de nutriente “B” y “C” por cada litro de agua. Tabla 3.

Tabla 3.

Cantidad de Nutrientes Inyectados en el Tanque de Solución Nutritiva

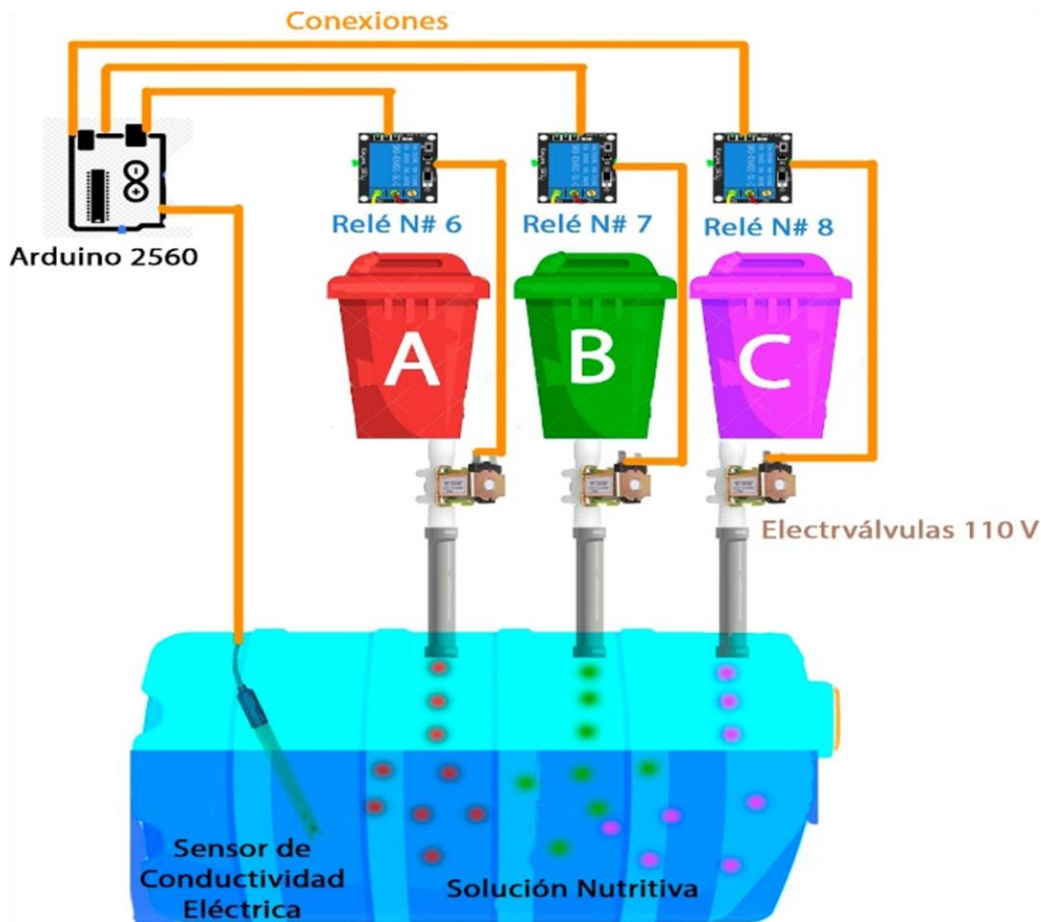
Tiempo de Inyección	Nutriente A	Nutriente B	Nutriente C
1 minuto	26,3	26,3	26,3
2 minutos	26,3	26,3	26,3
3 minutos	26,3		
4 minutos	26,3		
TOTAL	105,2	52,6	52,6

Nota. La cantidad de solución nutritiva en el tanque es de 50.02 litros.

En la tabla se pudo observar que por cada minuto que Arduino MEGA 2560 realizo la activación de nutrientes se liberó 26.3 ml/min en el tanque de la solución nutritiva- Este proceso se observó en la Figura 21.

Figura 21.

Sistema de Nutrientes Activo.



Posteriormente los sensores de ultrasonido HC-SR04 calcularon la distancia de separación que hay entre el inicio de su onda con los nutrientes, a medida que la distancia aumento hubo menos cantidad y a medida que disminuyo se encontró una mayor cantidad de nutrientes en sus tanques. Si la distancia de separación era de 24 cm o más quería decir que solo se tenía menos de 1 litro de nutrientes en el tanque y que se debía recargar. Tabla 4. Estos sensores se conectaron según el Esquema Electrónico de Sensores del Anexo H

Tabla 4.

Cantidad de Nutrientes en los Tanques Según la Distancia de los Sensores HCSR04

Nutriente A. B y C	Distancia	Porcentaje
4 litros	6 cm	100 %
3 litros	12 cm	70 %
2 litros	18 cm	40 %
1 litros	24 cm	10 %

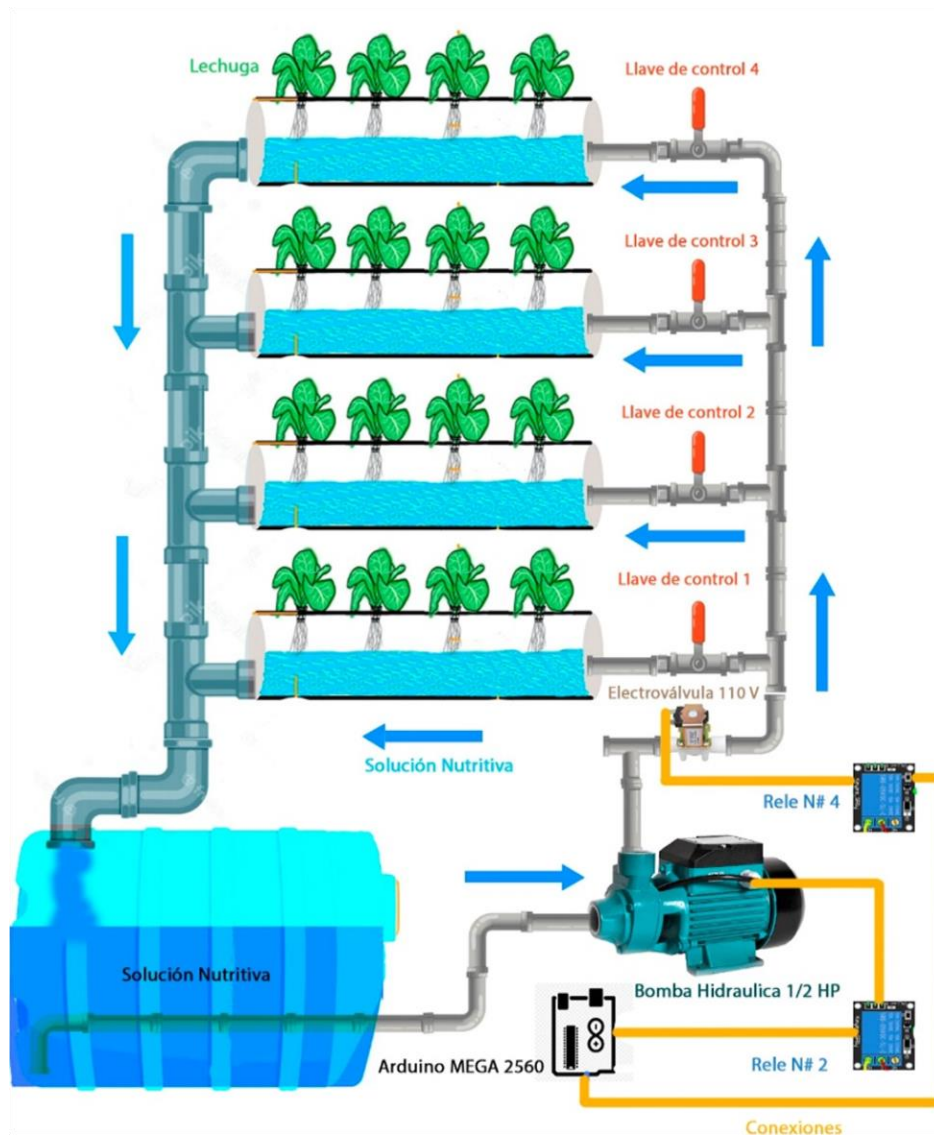
Nota. Los valores de Porcentaje son los datos que se envía a la plataforma IoT

Circulación.

El sistema tuvo la función de circular automáticamente la solución nutritiva por todo el circuito de tuberías para alimentar a las lechugas conforme paso el tiempo, como se pudo ver en el Esquema de Funciones del Anexo G. Se realizó una circulación completa que permitió la oxigenación del agua y proporciono de solución nutritiva a las plantas, para esto se activó los relés N# 2 y 4, correspondiente a la bomba y la electroválvula. En la siguiente Figura 22, se observa cómo se realizó el proceso.

Figura 22.

Sistema de Circulación Activo

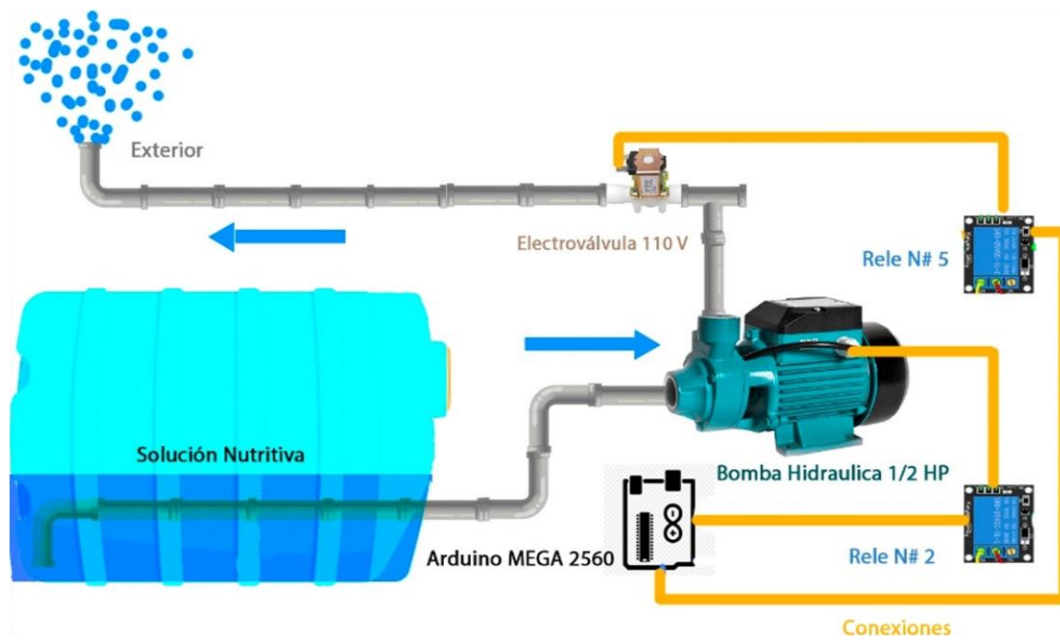


Evacuación.

El sistema tuvo la función de evacuar automáticamente la solución nutritiva hacia el exterior con la finalidad de vaciar el tanque debido a que el proceso de crecimiento se había cumplido como se pudo ver en el Esquema de Funciones del Anexo G. Se realizó una evacuación completa y para esto se activó los relés N° 2 y 5, correspondiente a la bomba y la electroválvula. En la siguiente Figura 23, se observa cómo se realizó el proceso.

Figura 23.

Sistema de Evacuación Activo

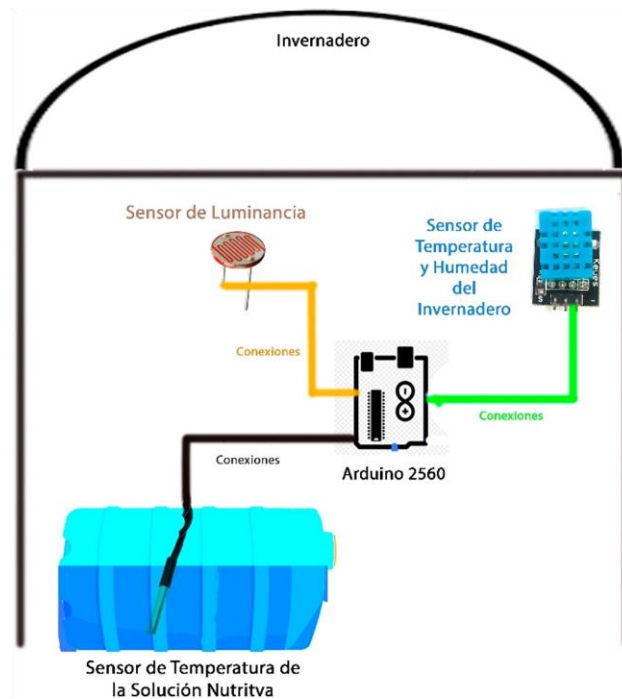


Datos de Acondicionamiento

El acondicionamiento del invernadero se forma por medio de distintos sensores en este proceso, los cuales permitieron conocer las condiciones del ambiente que tuvo en el crecimiento de lechugas hidropónicas, como se observa en la Figura 24. Estos sensores se conectaron según el Esquema Electrónico de Sensores del Anexo H,

Figura 24.

Sistema de Datos del Acondicionamiento Activo



Registro De Datos Del Módulo Hidropónico

Una vez finalizo la implementación de los distintos sensores y actuadores en el módulo hidropónico, se procedió a realizar la programación en la interface del Arduino MEGA 2560 para capturar los datos recibidos y enlazar con la plataforma Ubidots por medio de Internet en base a la Arquitectura Lambda.

Algoritmo

El algoritmo permitió ejecutar las acciones y programas del micro controlador del Arduino MEGA 2560 en base al Diagrama de Flujo del Anexo L. El código de programación se pudo encontrar en el Anexo M.

Arquitectura

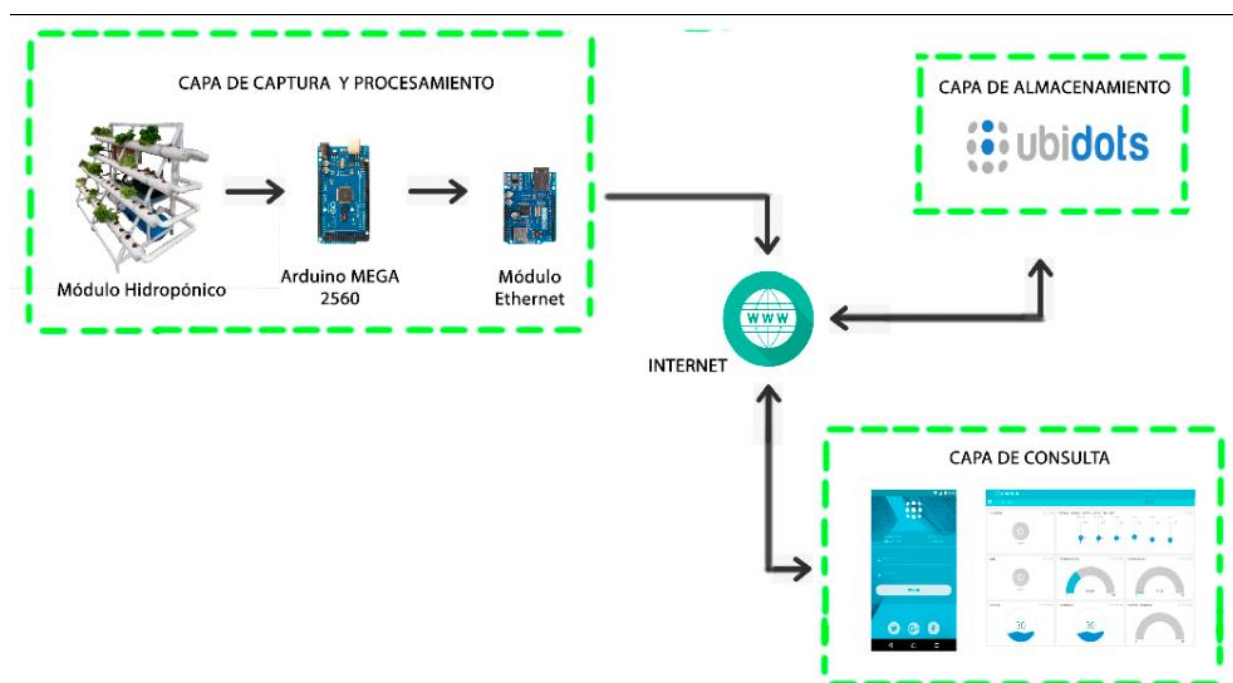
La Arquitectura Lambda aplicada a la investigación se enfoca en cuatro capas, iniciando con la Capa de Captura de datos la cual parte desde los sensores implementados al módulo

hidropónico y llegando a la memoria del micro controlador en el Arduino MEGA 2560, después continua con la Capa de Procesamiento la cual se encargó de satisfacer las solicitudes de los datos que recibe de los sensores, proporcionando una automatización al módulo hidropónico por medio de acciones y programas definidos en el algoritmo.

La Capa de Almacenamiento recibió los datos por medio de internet, ya que el módulo hidropónico utilizó un módulo Ethernet para poder enlazar los datos capturados con la plataforma IoT, en este caso Ubidots. Esta plataforma permite tener una gestión de todo el conjunto de datos obtenidos al igual que un registro histórico. Por último, la Capa de Consulta permitió al usuario o productor conocer en cualquier momento como se encontraron las distintas variables independientes del módulo hidropónico de una forma fácil y desde cualquier punto de conexión a internet, este proceso se describió en la Figura 25.

Figura 25.

Arquitectura Lambda Aplicada a la Investigación



Preparación de la Planta

La plantación de las lechugas *Lactuca Sativa* y *Batavia boinda di Parigi* en el módulo hidropónico, se lo realizo con el propósito de ser nuestra variable dependiente en el experimento y de que los sensores y actuadores gestionen una evolución con la finalidad de obtener datos de todo el proceso de crecimiento, como se observa en la Figura 26. Por lo tanto, se colocó doce plántulas de lechugas en las canastillas de los tubos horizontales, para que la raíz flotante se encuentre en contacto con la película de solución nutritiva, seis de estas plantas fueron *Lactuca Sativa* y seis fueron *Batavia boinda di Parigi*,

Figura 26.

Plantación de Plántulas en el Módulo Hidropónico.



Resultados

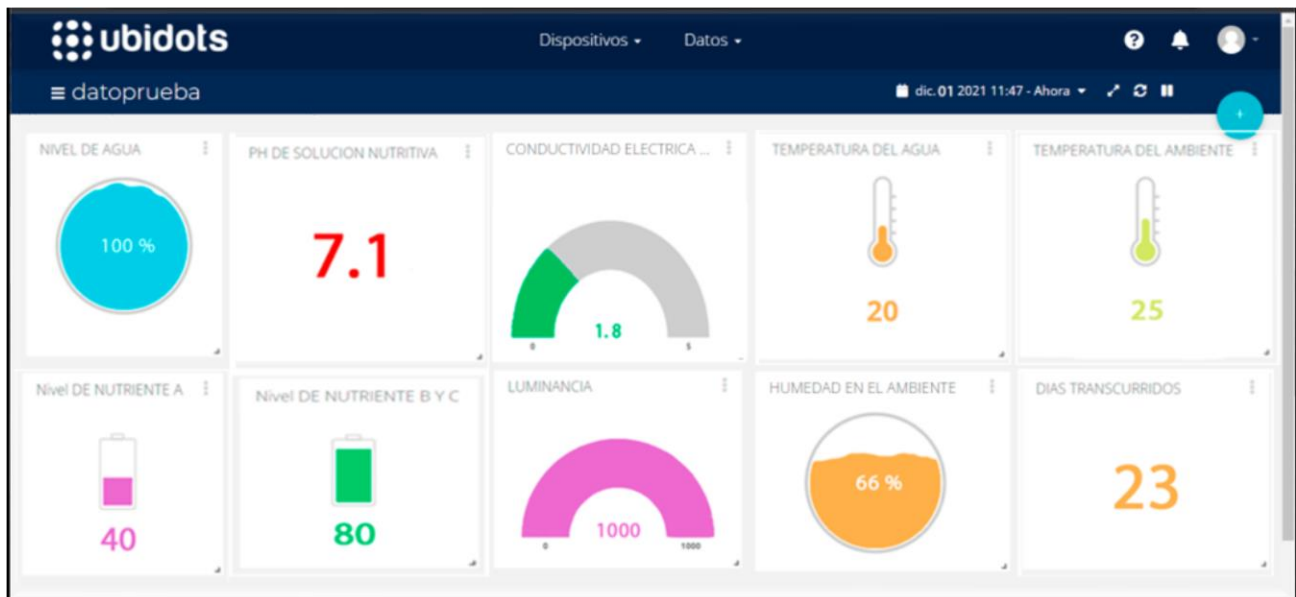
Comprobación De La Interfaz

La Interfaz permitió un control en el monitoreo de los distintos datos obtenidos por la plataforma Ubidots desde el módulo Ethernet. Para esto se crearon distintas variables en la plataforma con su respectivo gráfico y se ubicaron de una forma fácil de visualizar desde un computador o smartphone. Figura 27.

Una de las ventajas de la plataforma Ubidots es que permitió conocer los valores máximos, mínimos y promedios de los datos recibidos de cada sensor por las distintas variables en la interfaz durante el periodo de experimentación.

Figura 27.

Interface de Plataforma Ubidots desde un Computador.



Nota. Adaptada de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

Días Transcurridos

La variable de los días transcurridos del experimento, inicio con el encendido del módulo hidropónico y termino con su apagado, esto permitió crear un intervalo de tiempo de 50 días. En este intervalo Ubidots recibió datos de la programación del Arduino MEGA 2560. Por lo tanto, esta interfaz gráfica dio a conocer los días que transcurrían desde el encendido del módulo hidropónico. Figura 28.

Figura 28.

Variable de Días Transcurridos.



Nota. Adaptada de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

Tabla 5.

Valores Recibidos en la Variable de Días Transcurridos.

Ubidots	Variable de Días Trascurridos
Valor Máximo	50 días
Valor Mínimo	0 días

Nivel de Solución Nutritiva

La variable que controla el nivel de solución nutritiva en el tanque permitió monitorear como se estableció durante un porcentaje de 0 al 100 % el sistema de suministro de agua potable, estos datos recibidos por la plataforma Ubidots se establecieron en la Tabla 2 y su interfaz se observó en la Figura 29.

Figura 29.

Variable del Nivel de Solución Nutritiva en el Tanque



Nota. Adaptada de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

Tabla 6.

Valores Recibidos en la Variable de Nivel de Solución Nutritiva en el Tanque

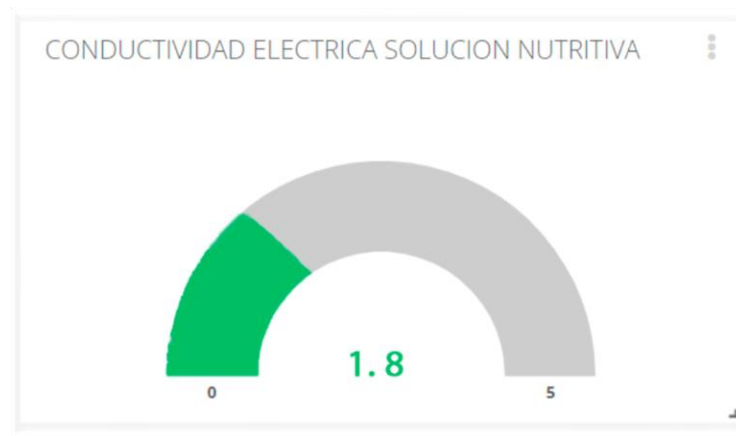
Ubidots	Variable de Nivel de Solu.
Valor Máximo	100 %
Valor Mínimo	0 %

Conductividad Eléctrica

La variable de conductividad eléctrica en la solución nutritiva permitió monitorear como se establecieron los nutrientes “A”, “B” y “C” disueltos en el tanque durante cada hora por medio de un medidor de 0 a 5 mS/cm %, su interfaz se observa en la Figura 30.

Figura 30.

Variable de la Conductividad Eléctrica en el Tanque



Nota. Adaptada de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

Tabla 7.

Valores Recibidos en la Variable Conductividad Eléctrica en la Solución Nutritiva

Ubidots	Variable de Conductividad
Valor Máximo	1.8 mS/cm
Valor Promedio	1.4 mS/cm
Valor Mínimo	0 mS/cm

Nivel de Nutrientes en el Tanque “A”

La variable permitió monitorear como se estableció el nivel de nutrientes en el tanque “A” cada hora por medio de un medidor de 0 al 100 %, estos datos recibidos por la plataforma Ubidots se establecieron en la Tabla 4 y su interfaz se la pudo ver en la Figura 31.

Figura 31.

Variable del Nivel de Nutrientes en el Tanque “A”



Nota. Adaptada de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

Tabla 8.

Valores Recibidos en la Variable de Nivel de Nutrientes en el Tanque “A”

Ubidots	Variable Nivel Tanque A
Valor Máximo	98 %
Valor Mínimo	83 %

Nivel de Nutrientes en los Tanques “B” y “C”

La variable permitió monitorear como se estableció el nivel de nutrientes en los tanques “B” y “C” cada hora por medio de un medidor de 0 al 100 %, estos datos recibidos por la plataforma Ubidots se establecieron en la Tabla 4 y su interfaz se la pudo ver en la Figura 32.

Figura 32.

Variable del Nivel de Nutrientes en los Tanques “B” y “C”



Nota. Adaptada de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

Tabla 9.

Valores Recibidos en la Variable de Nivel de Nutrientes en los Tanques “B” y “C”

Ubidots	Variable Nivel Tanques B y C
Valor Máximo	99 %
Valor Mínimo	91 %

Temperatura de la Solución Nutritiva

La variable permitió monitorear como se estableció la temperatura de la solución nutritiva en el tanque cada hora, en un medidor tipo termostato de 0 a 100 °C, como se observa en la Figura 33.

Figura 33.*Variable de Temperatura en la Solución Nutritiva**Nota. Adaptada de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021***Tabla 10.***Valores Recibidos en la Variable de Temperatura en la Solución Nutritiva*

Ubidots	Variable de Tempe.
Valor Máximo	20 °C
Valor Promedio	18 °C
Valor Mínimo	15 °C

Temperatura del Invernadero

La variable permitió monitorear como se estableció la temperatura del invernadero cada hora, en un medidor tipo termostato de 0 a 100 °C, como se observa en la Figura 34.

Figura 34.

Variable de Temperatura en el Invernadero.



Nota. Adaptada de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

Tabla 11.

Valores Recibidos en la Variable de Temperatura en el Invernadero

Ubidots	Variable de Tempe.
Valor Máximo	30 °C
Valor Promedio	20 °C
Valor Mínimo	14 °C

Humedad del Invernadero

La variable permitió monitorear como se estableció la humedad del invernadero cada hora, en un porcentaje de 0 a 100 %, como se observa en la Figura 35.

Figura 35.

Variable de Humedad en el Invernadero.



Nota. Adaptada de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

Tabla 12.

Valores Recibidos en la Variable de Humedad en el Invernadero

Ubidots	Variable de Humedad
Valor Máximo	100 %
Valor Promedio	72 %
Valor Mínimo	35 %

Luminancia del Invernadero

La variable permitió monitorear como se estableció la luminancia del invernadero cada hora, en un medidor de 0 a 1000 Lux, como se observa en la Figura 36.

Figura 36.*Variable de Luminancia en el Invernadero**Nota. Adaptada de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021***Tabla 13.***Valores Recibidos en la Variable de Luminosidad en el Invernadero*

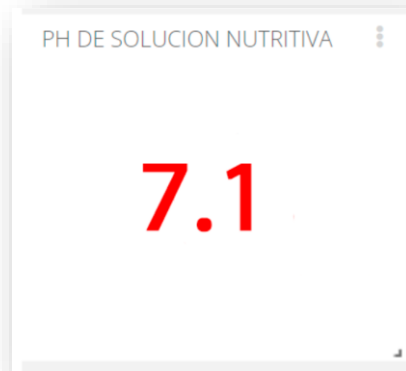
Ubidots	Variable de Luminosidad
Valor Máximo	1000 Lux
Valor Promedio	451 Lux
Valor Mínimo	0 Lux

pH

La variable permitió monitorear como se estableció el pH en la solución nutritiva cada hora en un indicador numérico, como se observa en la Figura 37.

Figura 37.

Variable de pH de la Solución Nutritiva



Nota. Adaptada de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

Tabla 14.

Valores Recibidos en la Variable de pH en la Solución Nutritiva

Ubidots	Variable de pH
Valor Máximo	9
Valor Promedio	7
Valor Mínimo	5

Evaluación y Comparación De Datos

En el transcurso del experimento la plataforma Ubidots realizó gráficas lineales según los valores que recibió variable, conocidas de igual forma como las variables independientes pre establecidas. Estas gráficas se las podía obtener diariamente o en un periodo determinado por el usuario, según lo requiera.

El intervalo que se usó para el experimento fue de 50 días, que parte desde el 16 de octubre de 2021 al 04 de diciembre del 2021, realizando un promedio de los valores recibidos cada día para realizar la gráfica del periodo solicitado.

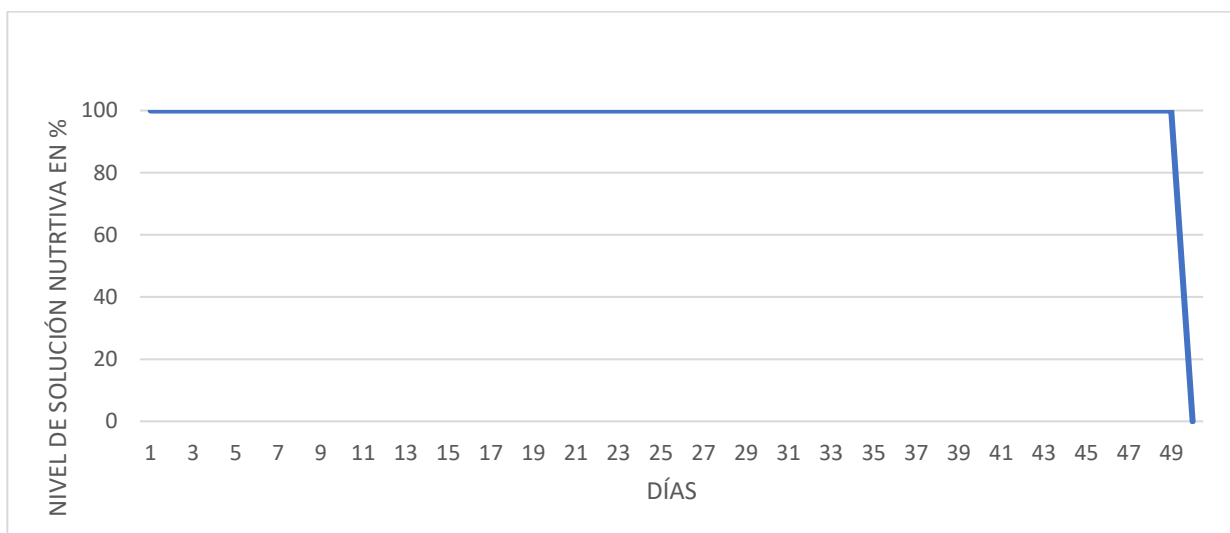
Evolución del Sistema de Suministro de Agua Potable y Sistema de Evacuación

Nivel de Solución Nutritiva

Para el sistema de suministro de agua potable en el tanque se utilizaron distintos sensores y actuadores para cumplir con el objetivo de mantener un adecuado nivel de solución nutritiva en todo el intervalo del experimento, con los datos recibidos a cada hora de este sistema en la plataforma Ubidots se pudo comprobar mediante la gráfica los valores promedios diarios y su evolución.

Figura 38.

Gráfica de la Evolución del Nivel de Solución Nutritiva en el Periodo de Experimentación.



Nota. Adaptada de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

La gráfica presentó un valor constante de 100%, esto quiso decir que el objetivo del sistema de suministro de agua potable al tanque de solución nutritiva se cumplió, manteniendo el nivel

correcto con eficiencia durante 49 días y el día 50 se redujo a 0% debido a que el sistema de evacuación de la solución nutritiva funciono correctamente.

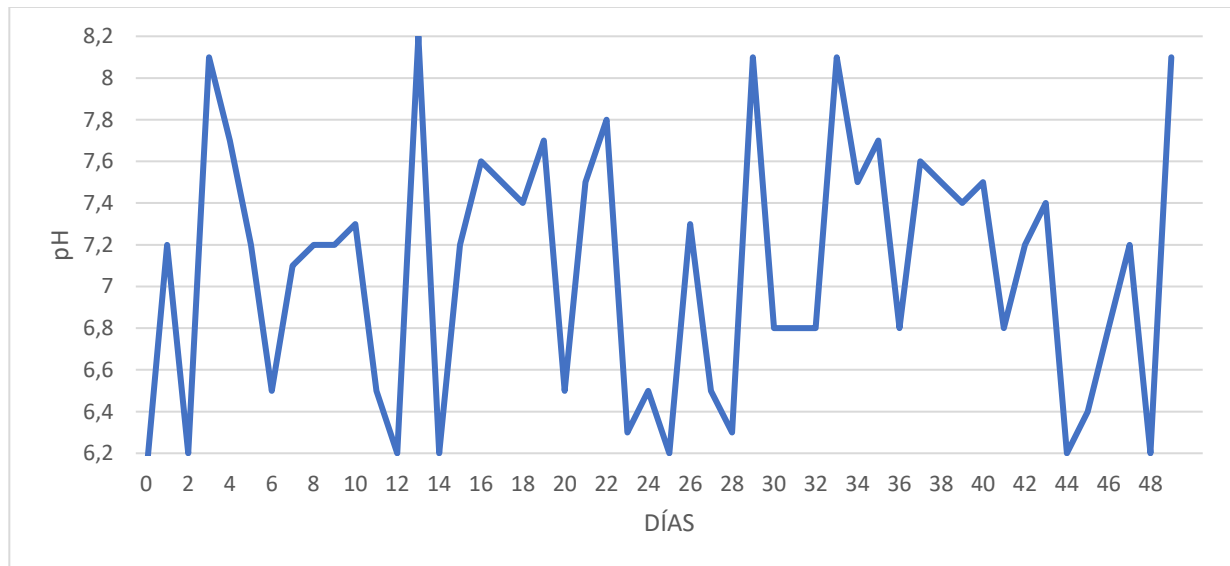
Evolución del Sistema de Nutrientes y Sistema de Circulación.

Para el sistema de inyección de nutrientes se utilizaron distintos sensores y actuadores para cumplir con el objetivo de conocer el pH, conductividad eléctrica y nivel de nutrientes en todo el intervalo del experimento, con los datos recibidos a cada hora de este sistema en la plataforma Ubidots se pudo comprobar mediante la gráfica los valores promedios diarios y su evolución

pH.

Figura 39.

Gráfica de Evolución del pH de la Solución Nutritiva en el Periodo de Experimentación



Nota. Reproducida de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

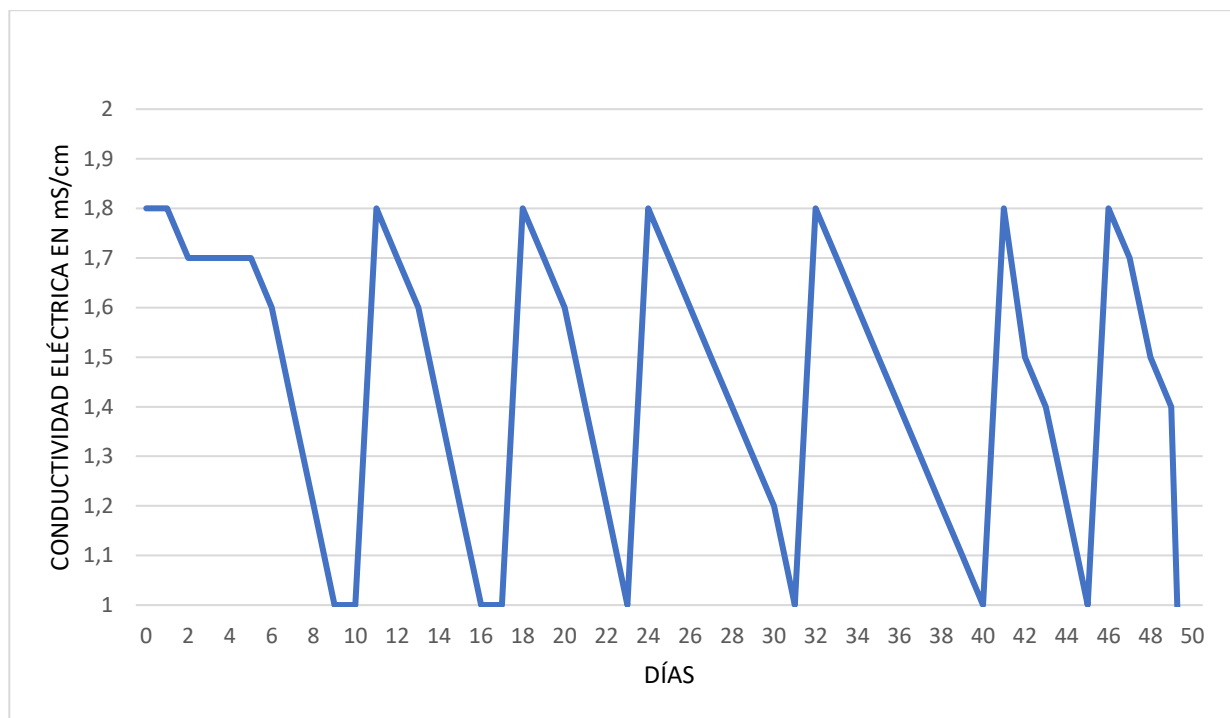
La gráfica de la evolución del pH permitió conocer la variabilidad de los valores recibidos por el sensor, tomando en cuenta la Tabla 1, referente a los descrito por (Cajo, 2016), el cual menciona un pH óptimo de 6.7 a 7.4. Por lo tanto, al tener un exceso de valores fuera del rango optimo se

concluye que el pH en la solución nutritiva no es el adecuado para el crecimiento de lechugas hidropónicas en este experimento.

Conductividad Eléctrica.

Figura 40.

Gráfica de la Evolución de la Conductividad Eléctrica en el Periodo de Experimentación



Nota. Reproducida de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

En el sistema de nutrientes se utilizaron distintos sensores y actuadores para cumplir con el objetivo principal de suministrar una adecuada cantidad de macronutrientes y micronutrientes necesarios para el crecimiento de las lechugas en el intervalo del experimento.

La gráfica presenta distintos picos que corresponden a la conductividad eléctrica en la solución nutritiva, con un valor de 1.8 mS/cm en distintos días, esto quiere decir que a medida que las lechugas consumían nutrientes, la conductividad eléctrica disminuía y al llegar a ser menor que 1 se inyectaban automáticamente nutrientes en el tanque, subiendo los valores de conductividad eléctrica.

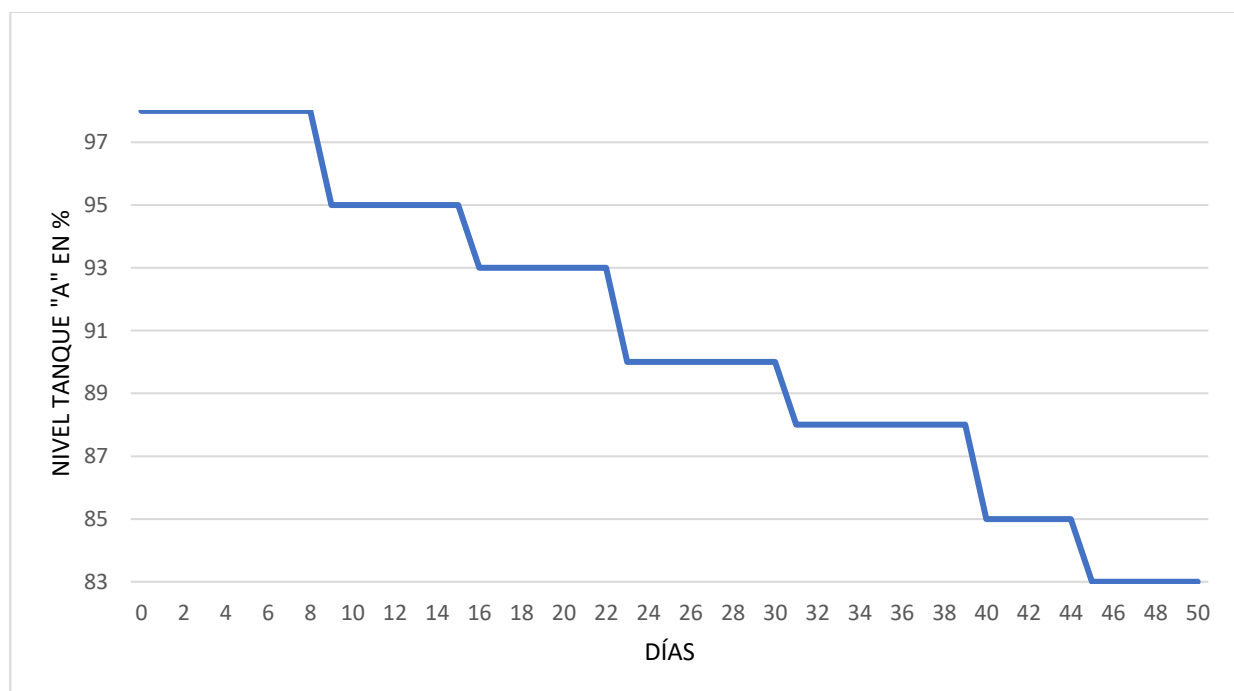
Según la Tabla 1, referente a lo descrito por (Cajo, 2016), menciona que el intervalo ideal para el crecimiento de lechugas hidropónicas es de 1 a 2.3 mS/cm- Por lo tanto, al obtener valores en el rango optimo, se pudo confirmar que el objetivo del sistema de nutrientes fue eficaz.

Debido a que los valores de conductividad eléctrica presentaron reducción en el periodo experimental, se define que las lechugas hidropónicas consumen los nutrientes debido a la circulación que se realizó correctamente. En donde se pudo concluir que el sistema de circulación fue eficaz

Nivel de Nutriente en el Tanque “A”.

Figura 41.

Gráfica de Evolución del Nivel de Nutrientes en el Tanque “A” durante el Periodo de Experimentación.



Nota. Reproducida de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

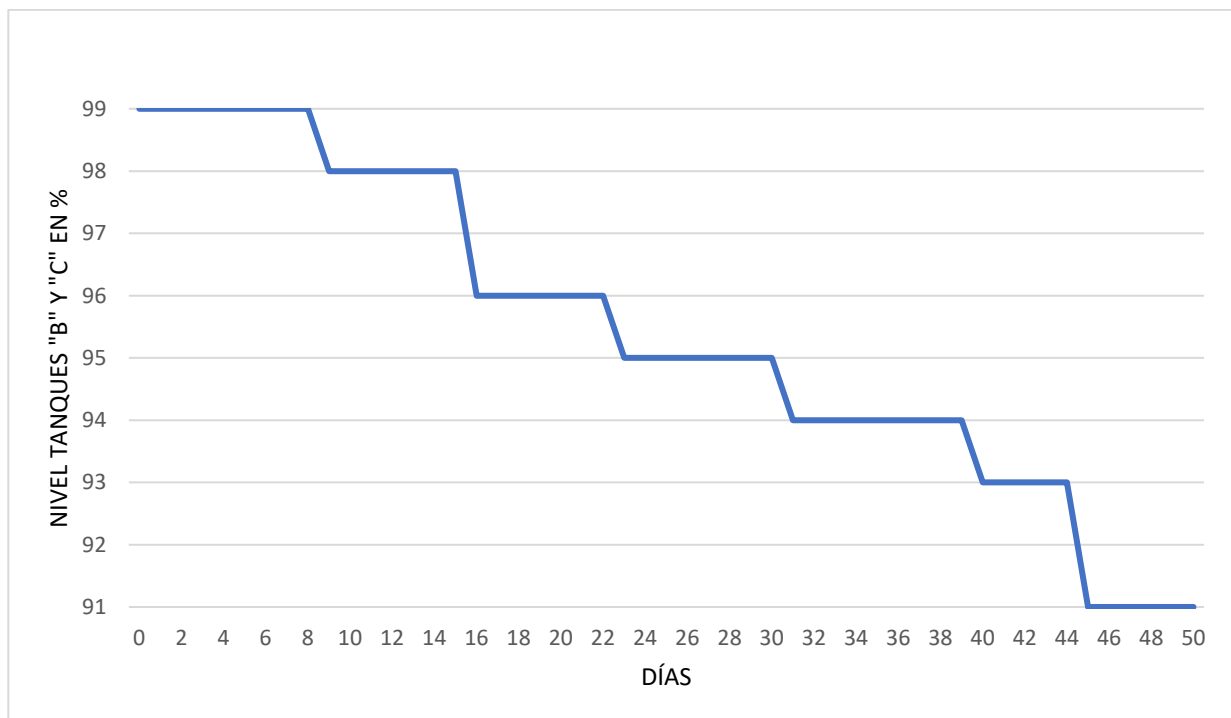
En la gráfica se pudo observar cómo desciende el nivel de macronutrientes en determinados días, al realizar la comparación con la gráfica de Conductividad Eléctrica se pudo conocer que en los días que el valor es 1, el valor del nivel del tanque “A” se reduce, debido a la automatización

programada. Por lo tanto, se confirmó que el proceso de medición de nivel en el tanque “A”, funciono eficazmente.

Nivel de Nutriente en los Tanque “B” y “C”.

Figura 42.

Gráfica de Evolución de Nivel de Nutrientes en el Tanque “B” y “C” durante el Periodo de Experimentación.



Nota. Reproducida de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

La gráfica es similar a la de del nivel del tanque “A”, con la diferencia de que hubo un menor consumo de micronutrientes en la solución nutritiva, esto de acuerdo a los procesos automatizados establecidos. De igual forma coinciden los días con la elevación y disminución de la conductividad eléctrica en el intervalo del experimento, por lo tanto, se pudo concluir que el proceso funciono eficazmente.

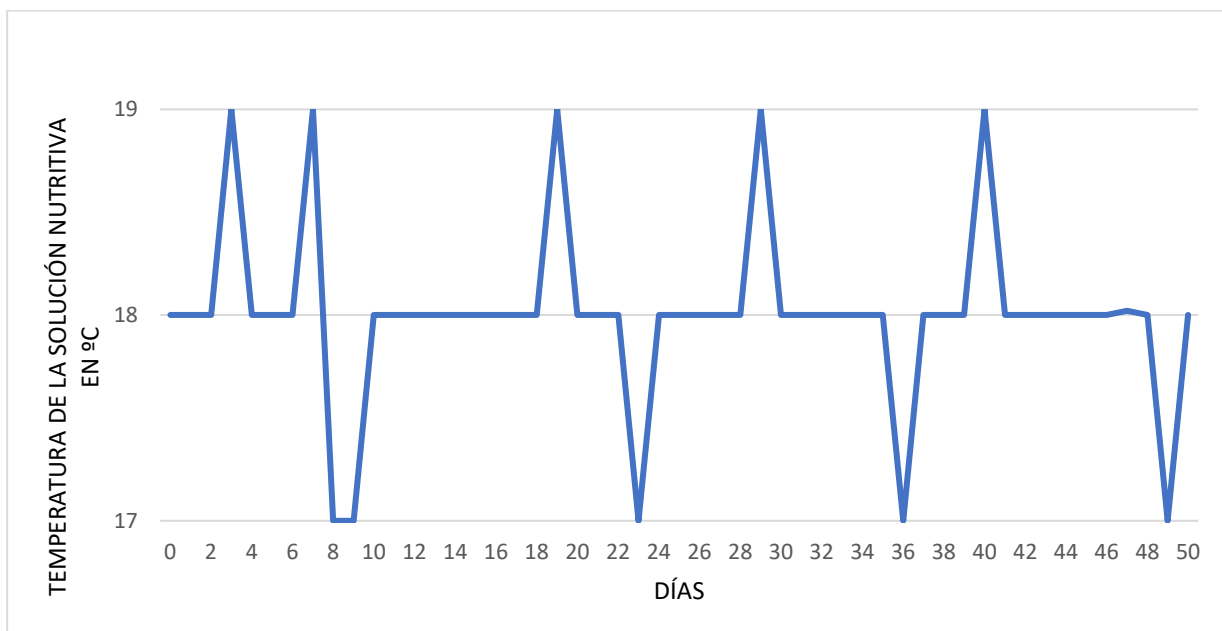
Evolución del Acondicionamiento

Las condiciones en el invernadero se obtuvieron por distintos sensores en la recepción de datos, mediante las gráficas se pudo conocer si presentan valores ideales para el crecimiento de lechugas hidropónicas.

Temperatura de la Solución Nutritiva.

Figura 43.

Gráfica de Evolución de la Temperatura de la Solución Nutritiva en el Periodo de Experimentación.



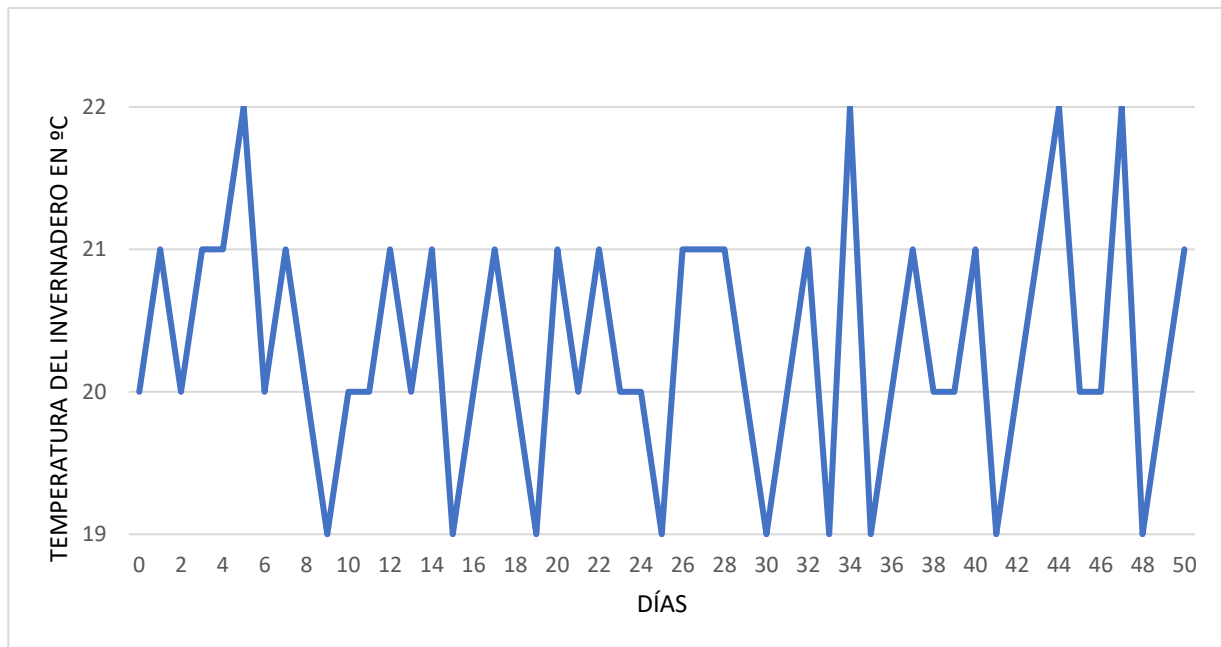
Nota. Reproducida de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

La gráfica presenta distintos picos de elevación y disminución en todo el intervalo, demostrando que hubo días con una mayor temperatura en la solución nutritiva, días que se mantuvo en un punto medio y días que disminuyó. Por lo tanto, Según la Tabla 1, referente a lo descrito por (Cajo, 2016), la temperatura óptima es de 22°C, y la temperatura promedio en el experimento fue de 18°C, deduciendo que no fue la ideal para el crecimiento de lechugas hidropónicas.

Temperatura del Invernadero.

Figura 44.

Gráfica de Evolución de la Temperatura del Invernadero en el Periodo de Experimentación



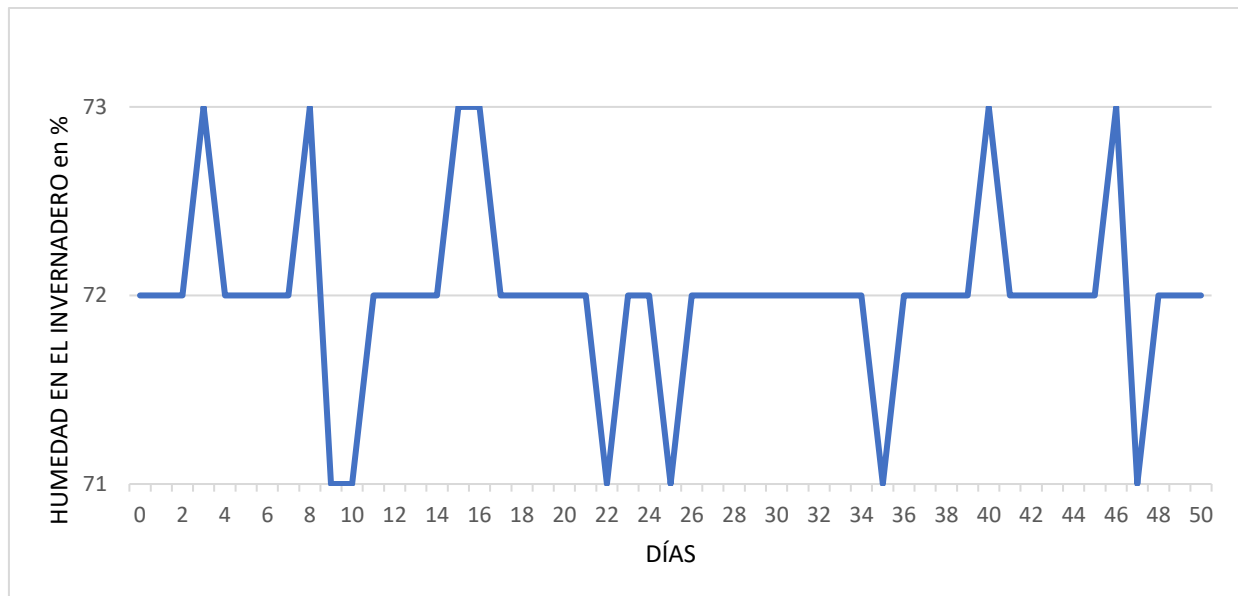
Nota. Reproducida de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

La gráfica presenta distintos picos de elevación y disminución en todo el intervalo, demostrando que hubo pocos días con una gran elevación de temperatura en el invernadero, días que se mantuvo en un punto medio entre 21 y 22 °C y una gran cantidad de días con una temperatura inferior al promedio. Por lo tanto, Según la Tabla 1, referente a lo descrito por (Cajo, 2016), la temperatura óptima en el invernadero es de 18 a 22°C, y la temperatura promedio en el experimento fue de 20°C, deduciendo que fue ideal para el crecimiento de lechugas hidropónicas.

Humedad en el Invernadero.

Figura 45.

Gráfica de Evolución de la Humedad del Invernadero en el Periodo de Experimentación.



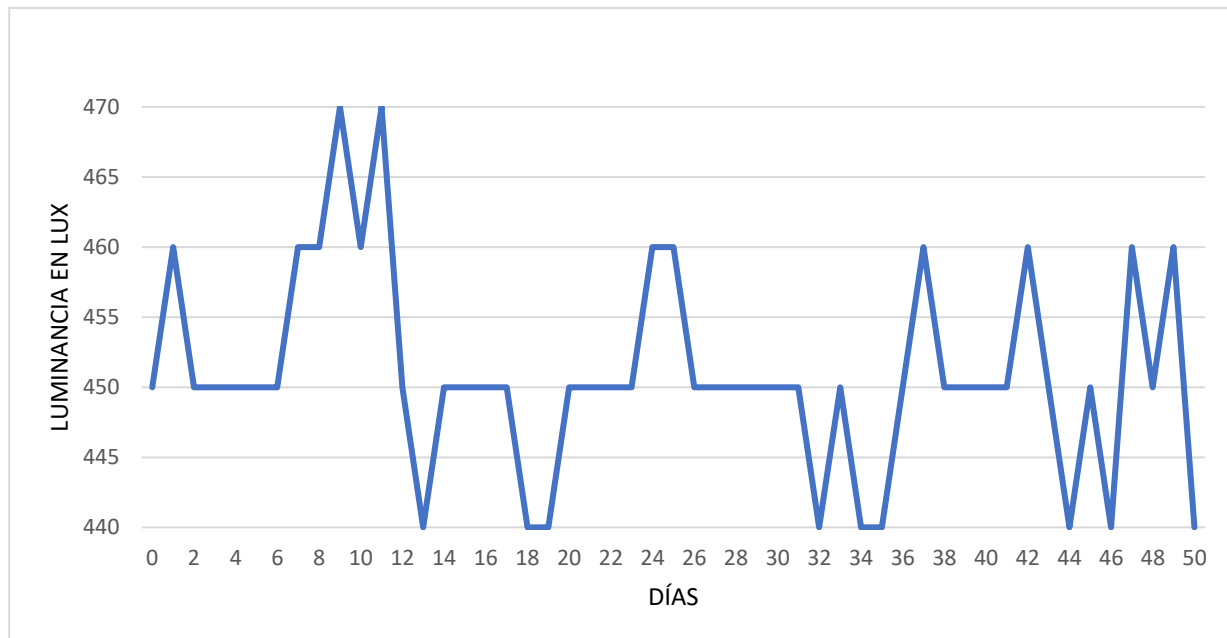
Nota. Reproducida de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

La gráfica presenta distintos picos de elevación y disminución en todo el intervalo, demostrando que hubo pocos días con una gran elevación de humedad en el invernadero, una gran cantidad de días que se mantuvo en un punto medio y pocos días con un valor inferior al promedio. Por lo tanto, Según la Tabla 1, referente a lo descrito por (Cajo, 2016), la humedad óptima en el invernadero es de 60 a 80%, y la humedad promedio en el experimento fue de 72%, deduciendo que fue ideal para el crecimiento de lechugas hidropónicas.

Luminancia en el Invernadero.

Figura 46.

Gráfica de Evolución de la Luminancia del Invernadero en el Periodo de Crecimiento



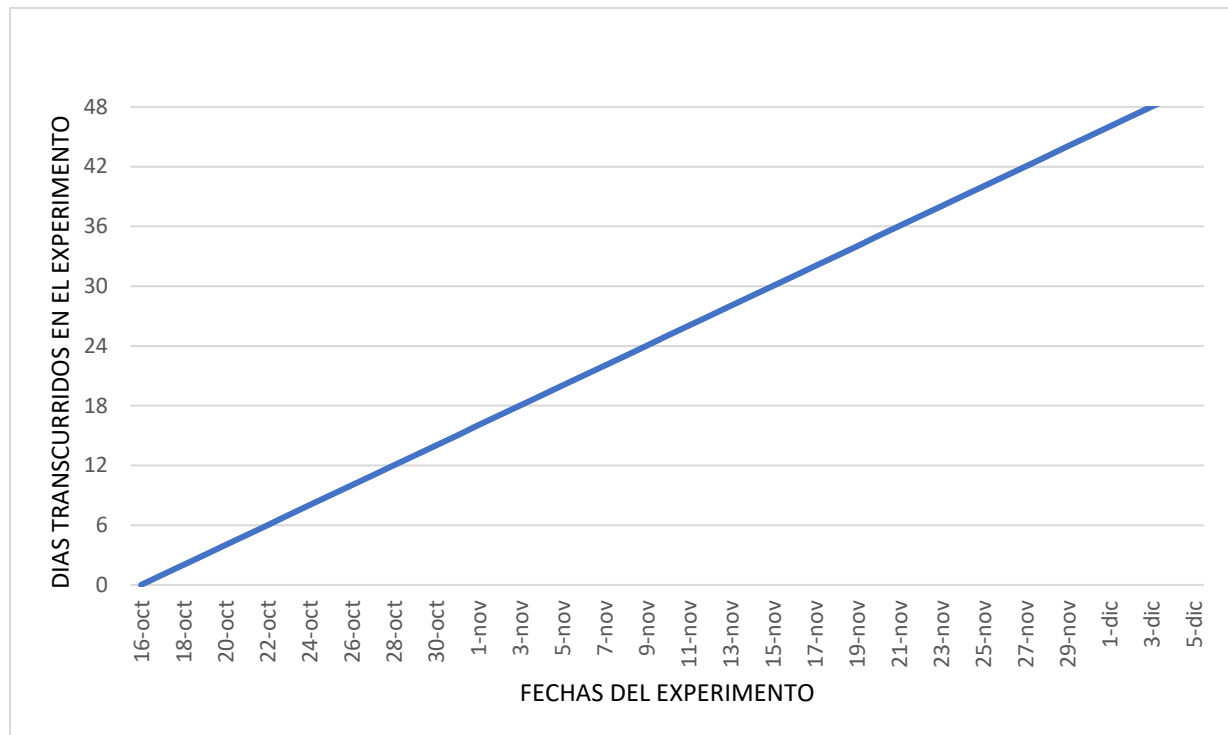
Nota. Reproducida de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

La gráfica presenta una gran variabilidad en la luminancia, teniendo valores elevados como 470 Lux, muy pocos valores medios e igualmente una gran cantidad de valores alrededor de 440 Lux. Por lo tanto Según la Tabla 1, referente a lo descrito por (Cajo, 2016), la luminancia ideal en el invernadero es de 1200 a 3000 Lux y la luminancia promedio en el experimento fue de 451 Lux, deduciendo que no fue ideal para el crecimiento de lechugas hidropónicas.

Días Transcurridos

Figura 47.

Gráfica de Evolución de los Días Transcurridos en el Periodo de Experimentación



Nota. Reproducida de la Interfaz Gráfica, de Ubidots, 2021

La gráfica presenta los días transcurridos en el experimento en donde se observa como avanza desde el día 0 hasta el día 50 donde culminó a través de las fechas establecidas. Por lo tanto que el contador en la programación de Arduino MEGA 2560 fue eficaz para este proceso y según la Tabla 1, referente a lo descrito por (Cajo, 2016), los días ideales de cosecha son de 38 a 47 Días y se realizó la cosecha de las lechugas en el día 48. Concluyendo que el periodo del experimento fue el adecuado.

Evolución De La Variable Dependiente

Una vez terminado el periodo de crecimiento se pudo observar que las lechugas *Lactuca Sativa* y *Batavia boinda di Parigi* por medio del proceso de automatización y monitoreo se encontraron en perfecto estado, sin ninguna contaminación, daños o falta de crecimiento, como

se observa en la Figura 44. A pesar de que se obtuvo variables independientes que no fueron ideales para el crecimiento.

Figura 48.

Lechuga Lactuca Sativa y Batavia boinda di Parigi



Discusión

La identificación del problema se basó en los errores que comete el ser humano a cargo de una determinada actividad en la hidroponía, un control y monitoreo constante es indispensable para que los cultivos crezcan adecuadamente. Por lo tanto, este trabajo de investigación tuvo la finalidad de mejorar o repotenciar un módulo de cultivo hidropónico convencional por medio de una arquitectura Lambda en un método que comprende la IoT pudiendo conocer el rendimiento de distintos procesos a través del tiempo proporcionando datos en línea y evitando la intervención humana. Derivando de las preguntas de investigación, el objetivo general y los objetivos específicos se planteó todo un proceso metodológico con un enfoque cuantitativo, con un nivel o alcance exploratorio debido al poco estudio de esta relación entre la hidroponía y la IoT, culminando con un diseño experimental entre las variables independientes y dependientes. El buscar un espacio adecuado para un módulo hidropónico, diseñarlo y construirlo genero la

oportunidad de automatizarlo al implementar sensórica y microcontroladores que puedan no solo gestionar acciones o programas, sino ser parte de una arquitectura en el desarrollo de la IoT, esta arquitectura Lambda y sus capas son la base de los resultados obtenidos. El comparar lo obtenido con una base científica en este caso la investigación de (Cajo, 2016), ayudo a conocer los límites y a donde se buscó llegar con resultados que cumplen con lo esperado y otros que no. La hipótesis planteada busco conocer si un módulo hidropónico mejorado o repotenciado mediante una arquitectura Lambda en un método que comprende la IoT puede controlar y monitorear los distintos sensores y procesos en un determinado tiempo del crecimiento de lechugas; Lactuca Sativa y Batavia boinda di Parigi, por lo tanto, mediante los resultados se pudo comprobar que nuestra hipótesis es verdadera. Por último, esta investigación ha generado un gran aporte al investigador para futuros proyectos y a la ciencia, principalmente a investigadores, productores y empresas que quieran evolucionar en la hidroponía o la IoT.

Conclusiones

Se reacondiciono un invernadero con un espacio de 15 m² y 3 m de altura, ubicado en la parroquia de Nayón, Quito-Ecuador para la construcción de un módulo hidropónico de lechugas, que cumplió con los parámetros de poseer servicio eléctrico, suministro de agua potable y conexión a internet.

Por medio del software Inventor se diseñó un modelado 3D del módulo hidropónico tomando en cuenta distintos puntos como el espacio y uso, movilidad, componentes y la arquitectura Lambda para obtener distintos planos de construcción.

El proceso de construcción involucro distintas fases, partiendo desde el ensamblaje de la estructura por medio de cortes y uniones soldadas, la colocación de las tuberías principales, de retorno y de inyección de solución nutritiva, continuando con la introducción de los distintos tanques a la estructura, por último, se realizó la colocación de la bomba de ½ hp.

Se implementaron 10 sensores, 4 de ellos compuestos por un emisor y receptor de ultrasonido, que midieron el nivel a la que se encontraba la solución nutritiva y los nutrientes, 1 sensor para medir la temperatura de la solución nutritiva, 1 sensor para medir el pH y 1 sensor para medir la conductividad eléctrica, estos sensores introducidos en el tanque y, por último, se añadió 1 sensor de temperatura del ambiente, 1 sensor de humedad del ambiente y 1 sensor de luminancia. Por otro lado, se introdujo 7 actuadores, 6 de ellos son electroválvulas de 110V y el otro es la bomba de agua de ½ hp. Los sensores y actuadores fueron controlados por la programación en el micro controlador del Arduino MEGA 2560 y el módulo de relés.

El registro de datos se basó en las distintas capas de la arquitectura Lambda, se centra principalmente en la Capa de Captura y Procesamiento, por medio de los sensores implementados en el módulo hidropónico, en donde almacenaron los datos recibidos en el micro controlador de Arduino MEGA 2560 y se los envió al internet por medio del módulo Ethernet. La Capa de Registro, recibe los datos en la plataforma IoT conocida como Ubidots donde creo un registro histórico de datos para controlar o consultar. Por último, la Capa de Consulta, es donde se estableció la interface para realizar el monitoreo y control de los datos obtenidos de nuestro modulo hidropónico.

Se pudo comprobar el funcionamiento correcto de la interface en la plataforma Ubidots, principalmente de las 10 variables independientes pre establecidas en el proceso de investigación. La interface dio las ventajas de usar gráficos dinámicos para el monitoreo y control además de una facilidad de búsqueda de los valores máximos, mínimos y promedios recibidos a lo largo del experimento.

Se evaluaron las distintas gráficas que proporciono Ubidots conforme la evolución de las variables independientes pre establecidas, se pudo conocer como avanzaron los datos a través de los 50 días del experimento y como su gráfica demostró su comportamiento en los distintos sistemas y procesos de automatización considerando si fueron o no eficaces.

Por medio de las gráficas obtenidas se realizó una comparación de las variables independientes con la tabla de crecimiento de lechugas hidropónicas establecidas por la investigación de (Cajo, 2016), en donde se encontró que el pH obtenido no era el adecuado, la conductividad eléctrica si se encontraba en los parámetros, los días transcurridos igual se encontraban en los parámetros, la temperatura de la solución nutritiva no era la ideal, la temperatura y humedad del invernadero si se encontraban en los parámetros requeridos, la luminancia fue muy baja y por último el caudal sobrepaso el límite establecido.

La variable dependiente en el experimento fueron las lechugas *Lactuca Sativa* y *Batavia Boinda Di Parigi* las cuales, por medio del proceso de automatización y monitoreo, se encontraron en perfecto estado sin ninguna contaminación, daños o falta de crecimiento, esto a pesar de que se obtuvieron variables independientes que no fueron ideales para el crecimiento según la investigación de (Cajo, 2016).

Recomendaciones

Se considera que la programación del micro controlador del Arduino Mega 2560 registre los datos diarios de los sensores en su memoria, para evitar la pérdida de información si la plataforma Ubidots tuviese algún problema o la conexión a internet sea inestable.

Se recomienda realizar un análisis de los gastos del consumo de electricidad, agua potable e internet para conocer los valores que se requieren mensualmente al mantener un módulo hidropónico activo.

Es recomendable realizar la investigación con la máxima capacidad de lechugas en el módulo hidropónico, para poder evaluar cómo se desarrollan las variables independientes establecidas.

Es recomendable realizar un análisis profundo de la variable dependiente del módulo hidropónico, como son las lechugas *Lactuca Sativa* y *Batavia boinda di Parigi*, para poder evaluar si cumplen con el tamaño ideal, color, aroma, sabor y propiedades nutritivas.

Es considerable conocer el costo de la construcción del módulo hidropónico para dimensionar la replicación en experimentos similares o mantener una base económica para construcciones a mayor escala.

Bibliografía

- Amaya, A., & L. Cruz. (2016). *Diseño e implmentación de un control de pH, conductividad y monitoreo del nivel de agua para el cuidado de cultivos hidropónicos de uso doméstico [Tesis de Grado, Universidad Distrital Francisco José de Caldas]*. Colombia.
- Arduino. (2021). *Arduino Mega 2560*. Recuperado el 10 de Octubre de 2021, de Arduino Docs: <https://docs.arduino.cc/hardware/mega-2560>
- Autodesk. (2021). *Inventor*. Recuperado el 2021 de Octubre de 10, de Inventor Student: <https://www.autodesk.com/products/inventor/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>
- Barrios, N. (2004). *Evaluación del Cultivo de la Lechuga, Lactuta Sativa L, Bajo Condiciones Bajo Condiciones Hidroponicas en Pachalí, San Juan Sacatepequez, Guatemala. [Tesis de grado, Universidad de San Carlos de Guatemala]*. Guatemala.
- Barroso, M., & López, F. (2012). *Agricultura y Medio Ambiente*.
- Beltrano, J., & Gimenez, D. (2020). *Culitvo en Hidroponía*. Edulp.
- Cajo, A. (2016). *Producción Hidroponica de Tres Variedades de Lechuga, Bajo Sistema NFT con Tres Soluciones Nutritivas [Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato]*. Cevallos - Ecuador.
- Carsten, R. M. (2017). *Automatización De Un Cultivo Hidropónico NFT Para El Control De Temperatura, Riego y Mezcla De La Solución Nutritiva, Ubicada En La Zona Urbana De Quito [Tesis de Grado]*. Quito - Ecuador.

- Castaños, A., & Ballesté, J. (2012). *Diseño y Control De Un Invernadero De Cultivo Hidropónico Autosuficiente [Tesis de Grado]*. Universidad Politécnica de Cataluña, Zamora - España.
- Cervantes, W. R., & Santana, L. (2016). Arduino En La Automatización De Los Sistemas De Riego. *Revista Colombiana de Computación*.
- Delgado, E. (2016). *Evaluación de tres variedades de lechuga (Lactuca scariola L.) con tres dosis de fitohormonas y quelatos inorgánicos y orgánicos cultivadas en condiciones de hidroponía [Tesis de Grado]*. Universidad de Guayaquil, Ecuador.
- Edison, Q. (2019). *Implementación De Un Prototipo Para Extracción De Agua De Un Pozo Mediante La Medición De Caudal Y Nivel Del Agua Utilizando La Plataforma Arduino Y Aplicación Móvil Android [Tesis de Grado]*. Escuela Politécnica Nacional, Quito - Ecuador.
- Garzón, S. (2006). *Evaluación Del Rendimiento De Tres Variedades De Lechuga Bajo El Sistema NFT (Nutrient Film Technique) De Hidroponía Con Dos Soluciones De Nutrientes [Tesis de Grado]*. Zamorano, Honduras.
- Geovanni, F., Montejó, P., & Polanco, A. (2019). Sistema Automático para Cultivos Hidropónicos Domésticos, a través de la Medición de Iones Inorgánicos. *Ciencia Digital*.
- Gokhale, P., Bhat, O., & Bhat, S. (2018). Introduction to IOT. *International Advanced Research Journal in Science, Engineering and Technology*.
- Guillermo, W., Urquijo, R., & Marinelli, M. (2019). Monitoreo En Tiempo Real De Conductividad Eléctrica en Cultivos Hidropónicos. *Congreso Argentino de Agroinformática - CAI*.
- Haruka, N., Nagata, A., Matsuo, Y., & Matsuo, R. (2014). *Producción acuapónica de alimentos a pequeña escala Cultivo integrado de peces y plantas*. FAO.

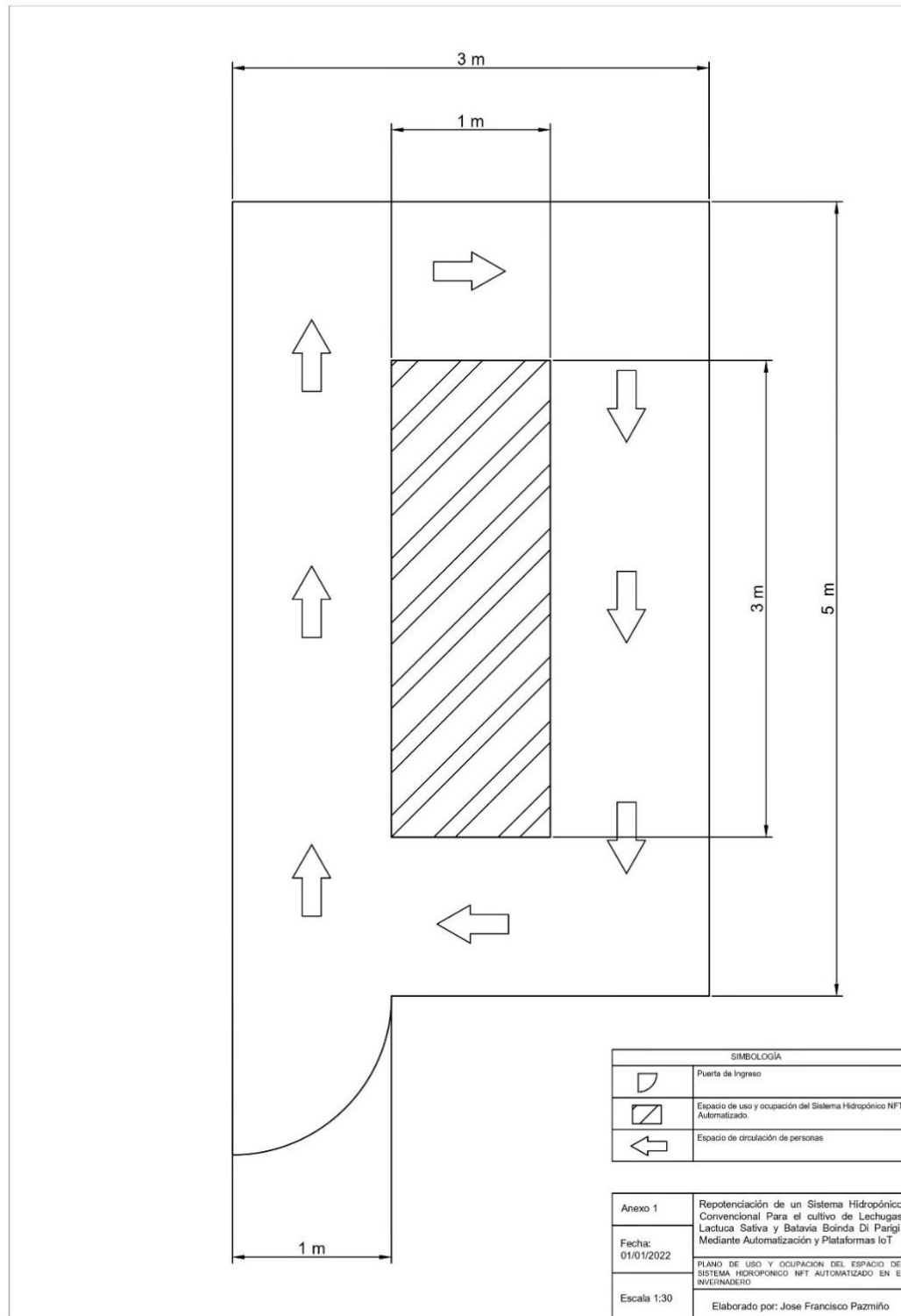
- Inca, S. (2013). *Automatizacion y Control del NFT para Cultivos Hidropónicos [Tesis para optar el titulo de Ingeniero Electrónico, Universidad Ricardo Palma]*. Lima - Perú.
- José, L. (2016). *Análisis, Diseño y Construcción De Un Sistema Hidropónico Automatizado Para Autoconsumo De Vegetales y Plantas Ornamentales [Tesis de Grado]*. Universidad de Chile, Santiago de Chile.
- Loli Déguez. (2020). *Kolwidi*. Recuperado el 2021 de Octubre de 10, de 9 Magnificas Plataformas IoT Para Arduino: <https://kolwidi.com/blogs/blog-kolwidi/9-plataformas-iot-para-arduino-y-proyectos-de-iot>
- Matías, A., & Moctezuma, L. (2008). *Diseño De Red Para Un Sistema Hidropónico [Tesis de Grado]*. Instituto Politécnico Nacional, Mexico D.F.
- Microsoft. (2021). *Medición de la Calidad del Agua Para Entender el Impacto Humano*. Recuperado el 2 de octubre de 2021, de Microsoft Educator Centre: <https://education.microsoft.com/es-es/hackingstem>
- Neill, D. A., & Cortez , L. (2013). *Procesos y Fundamentos de la Investigacion Cientifica*. Utmach.
- Nicomedes, T. (2018). Tipos de Investigación. *CORE*.
- Pertierra, R., & Quisoe, J. (2020). Análisis Económico De Lechugas Hidropónicas Bajo Sistemas Raíz Flotante En Clima Semiaárido . *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*.
- Quiroga, E., Jaramillo , S., Campo, W., & Chanci, G. (2016). Propuesta de una Arquitectura para Agricultura de Precisión Soportada en IoT. *Revista Ibérica de Sistemas y Tecnologías de Información*.
- Rojas, O., & Vaca, J. (2017). *Diseño E implmentación De Un Sistema Automatizado Para Invernadero Hidropónico*. Universidad Nacional Abierta y a Distancia, Maeiquita - Colombia.

- Ross, N. (2016). *Hidroponía: La Guía Completa De La Hidroponía Para Principiantes*. Babelcube, Inc.
- Sánchez, E. L. (2012). *Diseño De Un Sistema De Control Domótico Basado En La Plataforma Arduino [Tesis de Grado]*. Universidad Politécnica de Valencia, Valencia - España.
- Serrano, C. (2018). *Sistema Automatizado De Control De Un Invernadero Usando La Técnica De Hidroponia Para El Cultivo de Huertos [Tesis de Grado]*. Mexico D.F. - Mexico.
- Terceros, M. J., & Villacorta, W. (2019). Establecimiento de un Sistema Hidropónico con la Técnica de Película Nutritiva (NFT) en el Cultivo de Lechugas (*Lactuca sativa* L.) en la Estación Experimental Patacamaya, La Paz. *Revista de la Carrera de Ingeniería Agronómica - UMSA*.
- Ubidots. (2021). *Dispositivos*. Recuperado el 10 de Octubre de 2021, de Modulo Ethernet: <https://ubidots.com/>
- Zuñiga, M. (2007). *Evaluacion de 18 Variedades de Lechuga Del Segmento Salanova, Diagnóstico y Servicios, De La Casa Comercial RIJK ZWAAN SEEDS EXPORT B.V (Holanda), Chimaltenango, Guatemala, C.A.* Universidad de San Carlos de Guatemala , Guatemala.

Anexos

Anexo A.

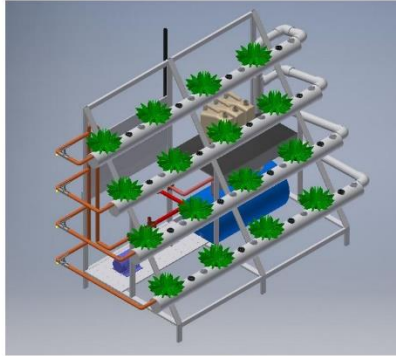
Plano de Uso y Ocupación del Espacio del Módulo Hidropónico.



Anexo B.

Vistas del Modelado 3D y Reales del Módulo Hidropónico

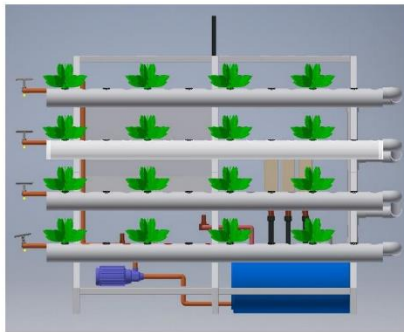
VISTA ISOMETRICA DELANTERA MODELADO 3D



VISTA REAL ISOMETRICA DELANTERA



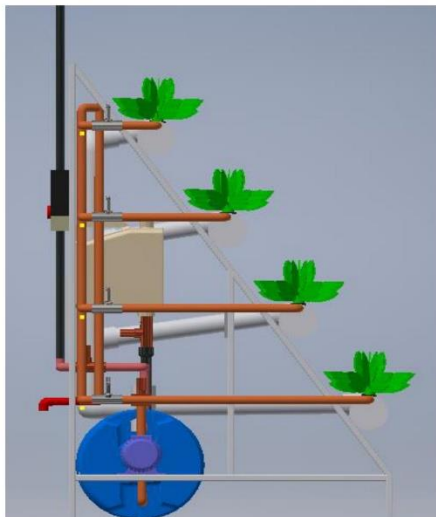
VISTA FRONTAL MODELADO 3D



VISTA REAL FRONTAL



VISTA LATERAL IZQUIERDA MODELADO 3D

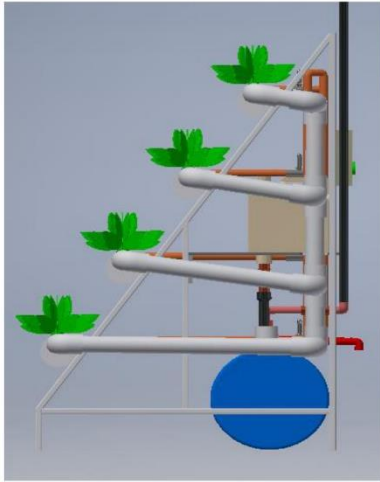


VISTA REAL LATERAL IZQUIERDA



VISTA

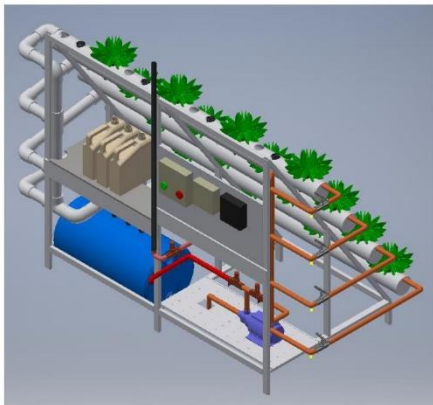
VISTALATERAL DERECHA MODELADO 3D



VISTA REAL LATERAL DERECHA



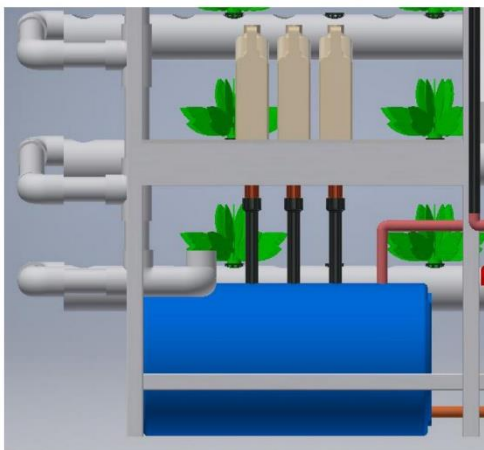
VISTA ISOMETRICA TRASERA MODELADO 3D



VISTA REAL ISOMETRICA TRASERA



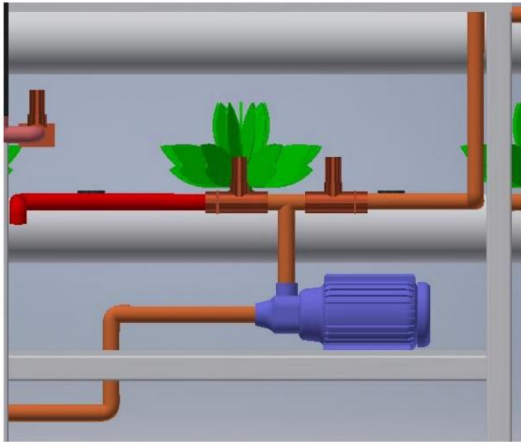
VISTA POSTERIOR DETALLE DE TANQUE Y NUTRIENTES
MODELADO 3D



VISTA REAL POSTERIOR DETALLE DE TANQUE Y
NUTRIENTES



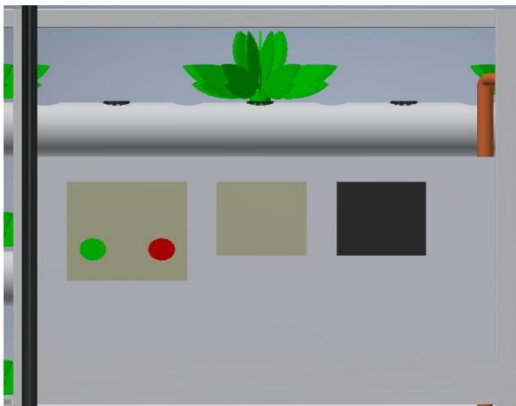
VISTA POSTERIOR DETALLE DE BOMBA HIDRAULICA
MODELADO 3D



VISTA REAL POSTERIOR DETALLE DE BOMBA HIDRAULICA



VISTA POSTERIOR DETALLE DE TABLERO DE CONTROL
MODELADO 3D

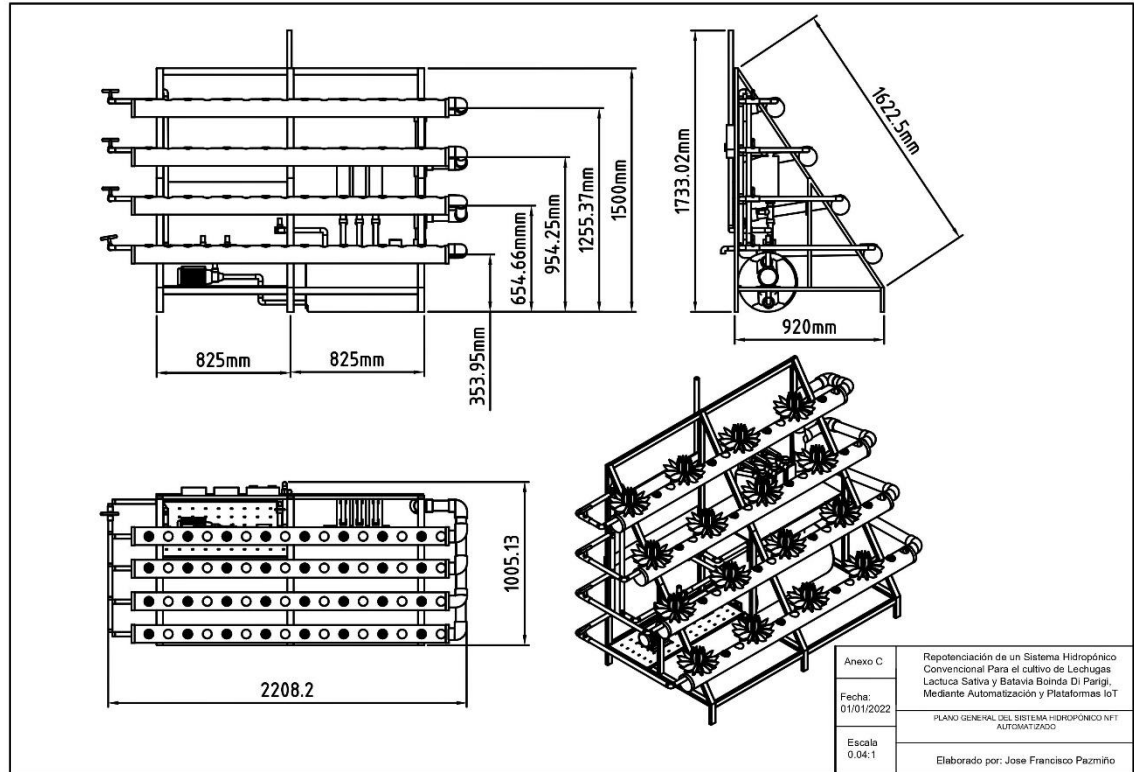


VISTA REALPOSTERIOR DETALLE DE TABLERO DE



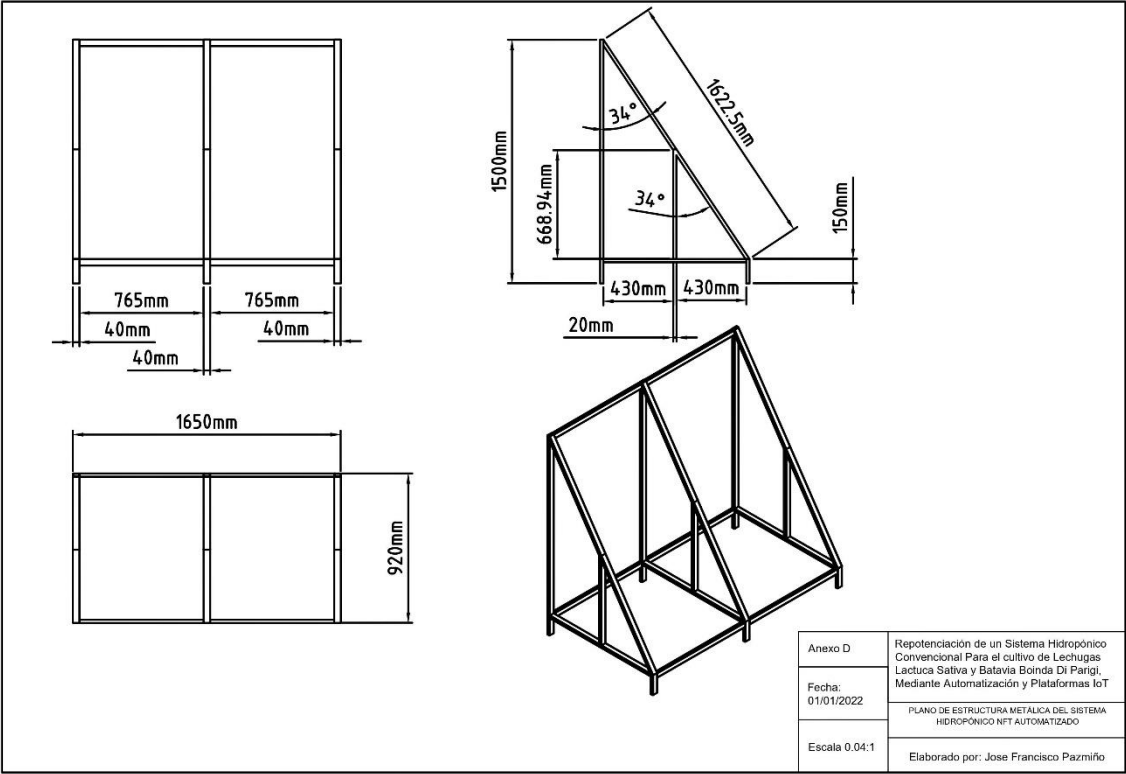
Anexo C.

Plano General del Sistema Hidropónico NFT Automatizado



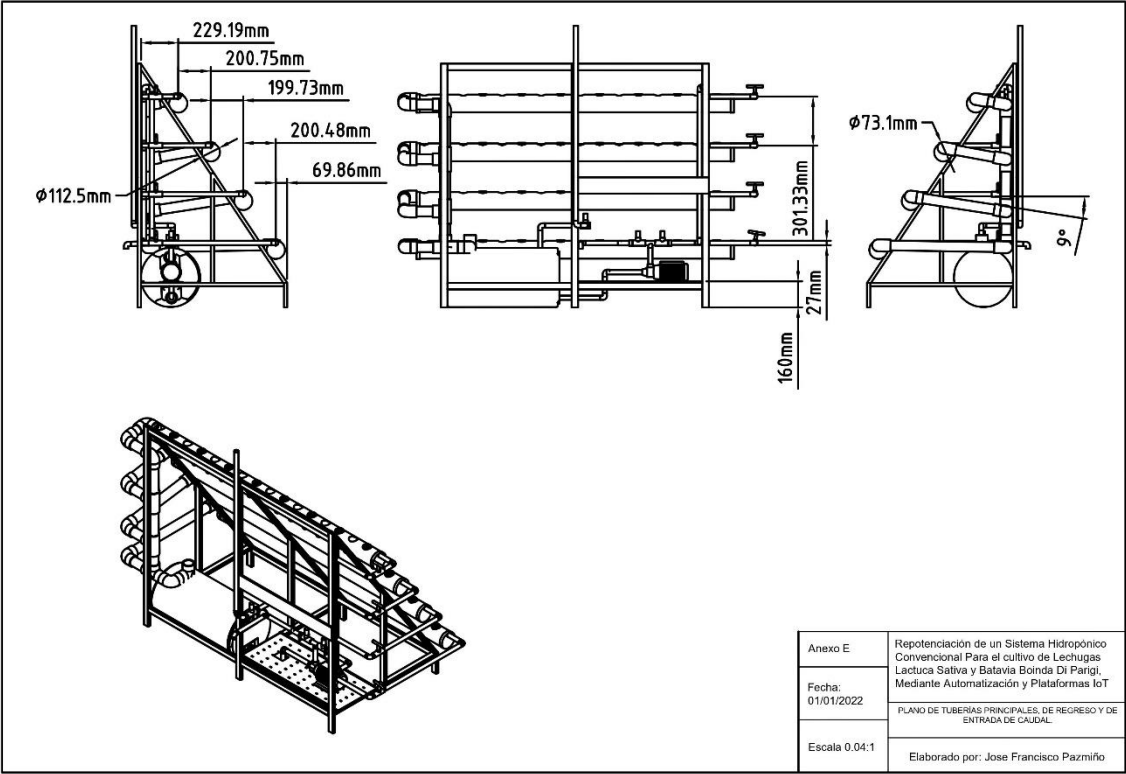
Anexo D.

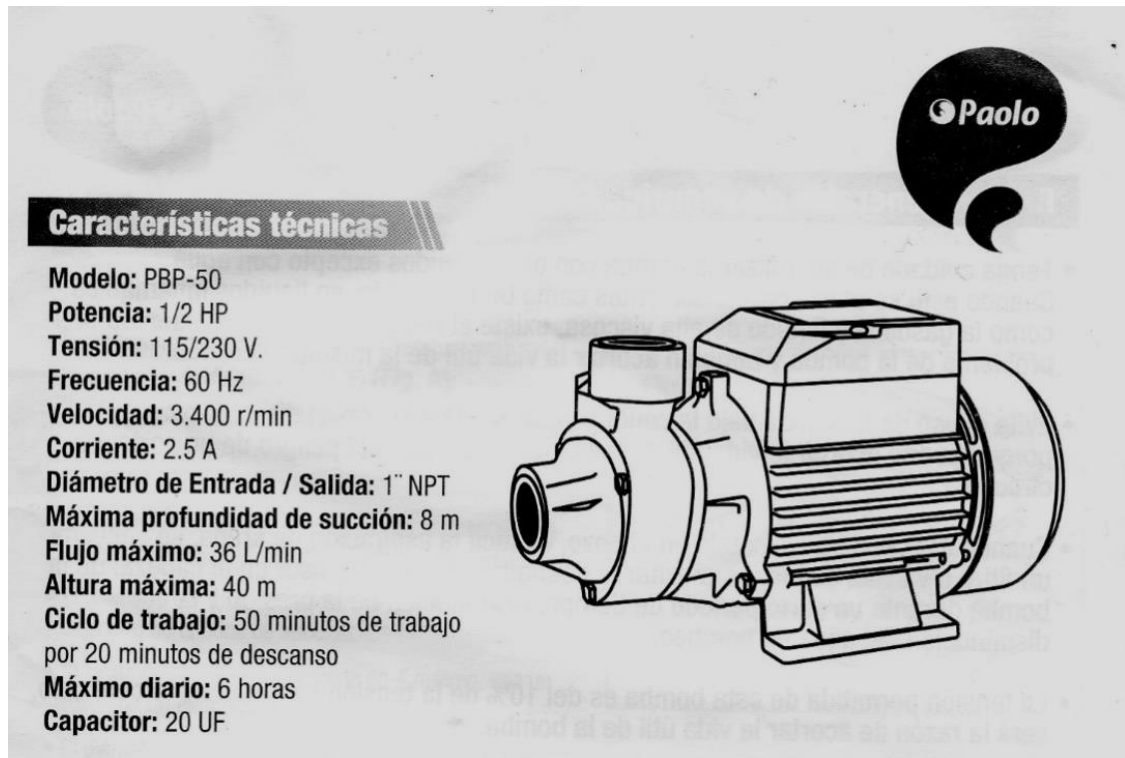
Plano de la Estructura Metálica del Sistema Hidropónico NFT Automatizado



Anexo E.

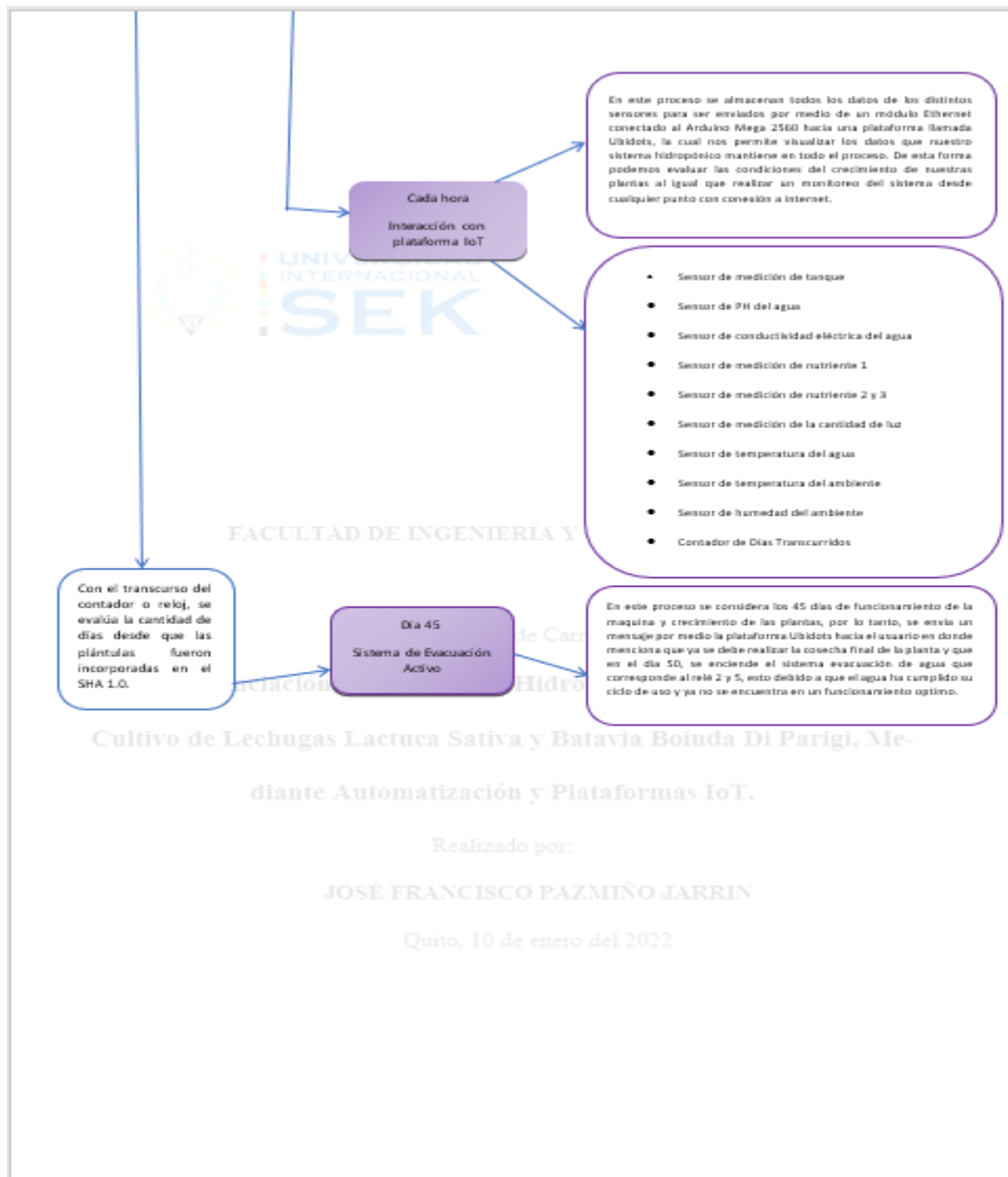
Plano de Tuberías Principales, de Retorno e Inyección de Solución Nutritiva



Anexo F.*Datos técnicos de Bomba de agua 1/2 HP*

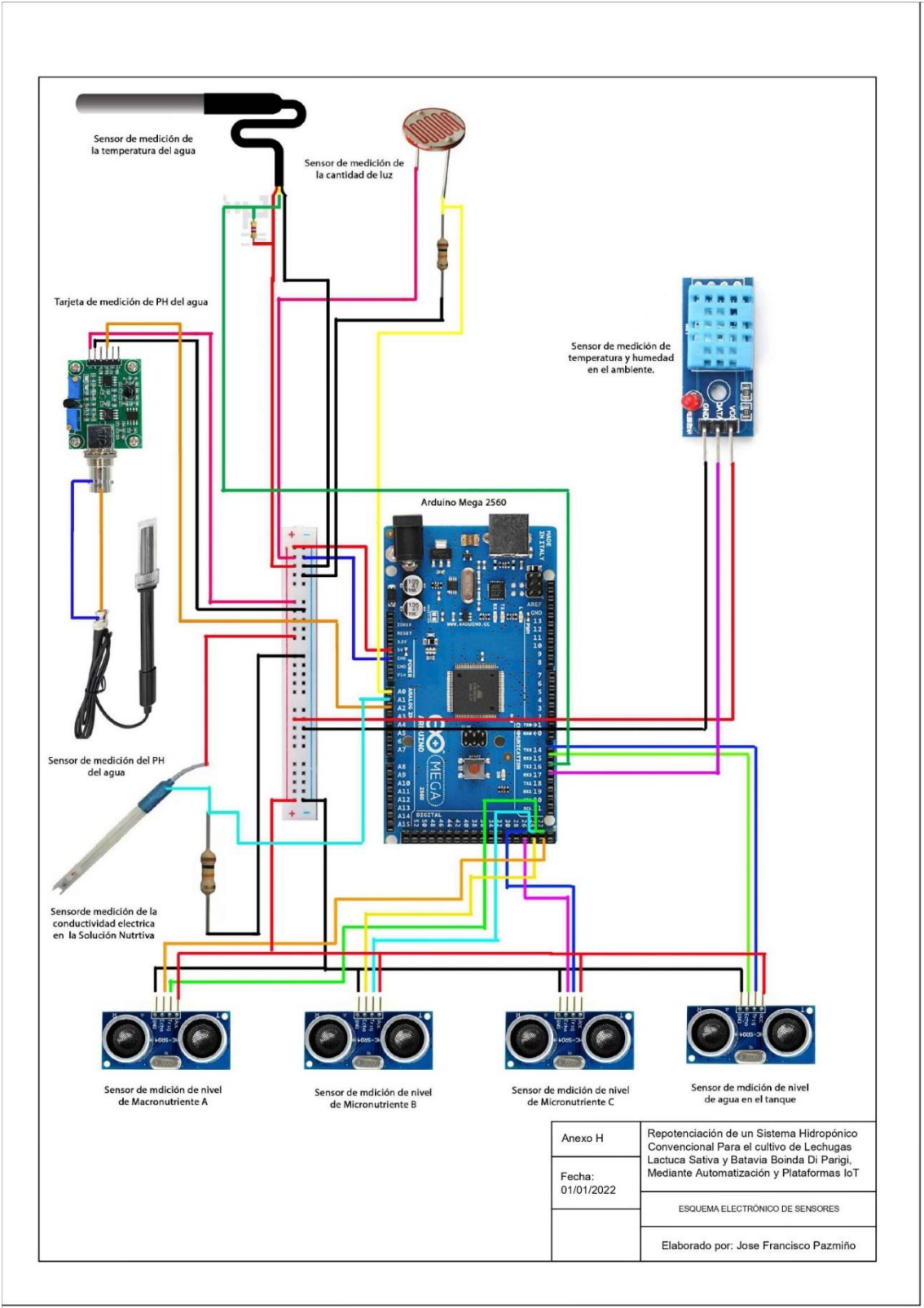
Esquema de Funcionamiento de los Procesos de Automatización.





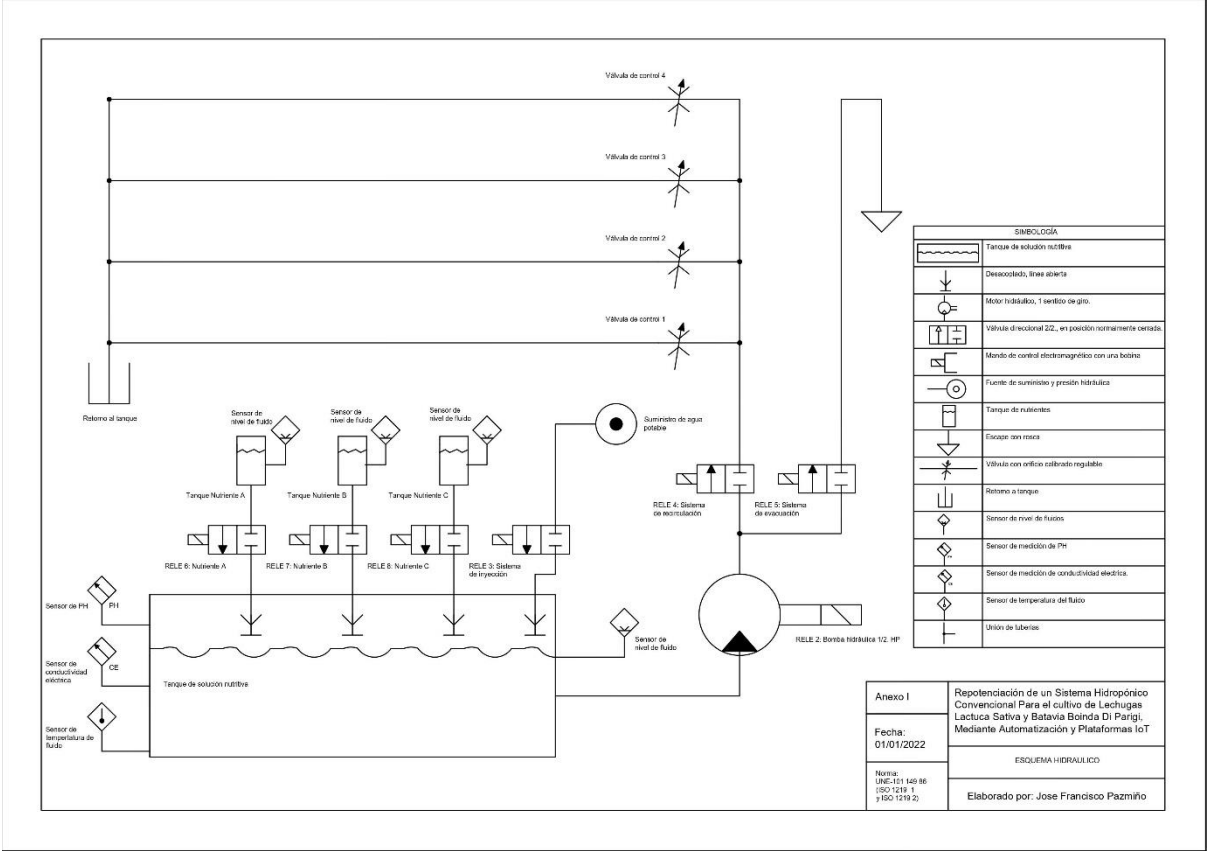
Anexo H.

Esquema Electrónico de Sensores.



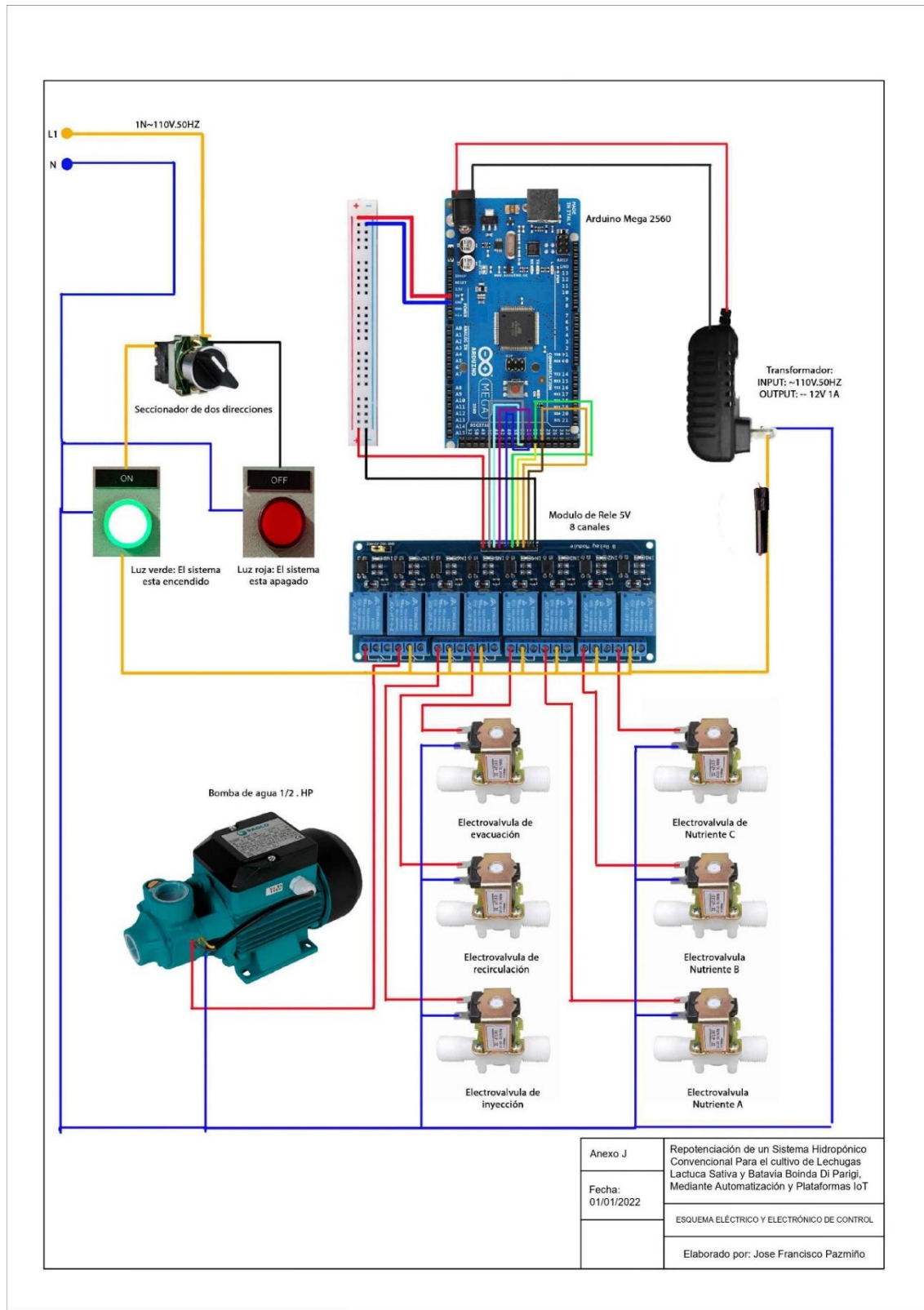
Anexo I.

Esquema Hidráulico.



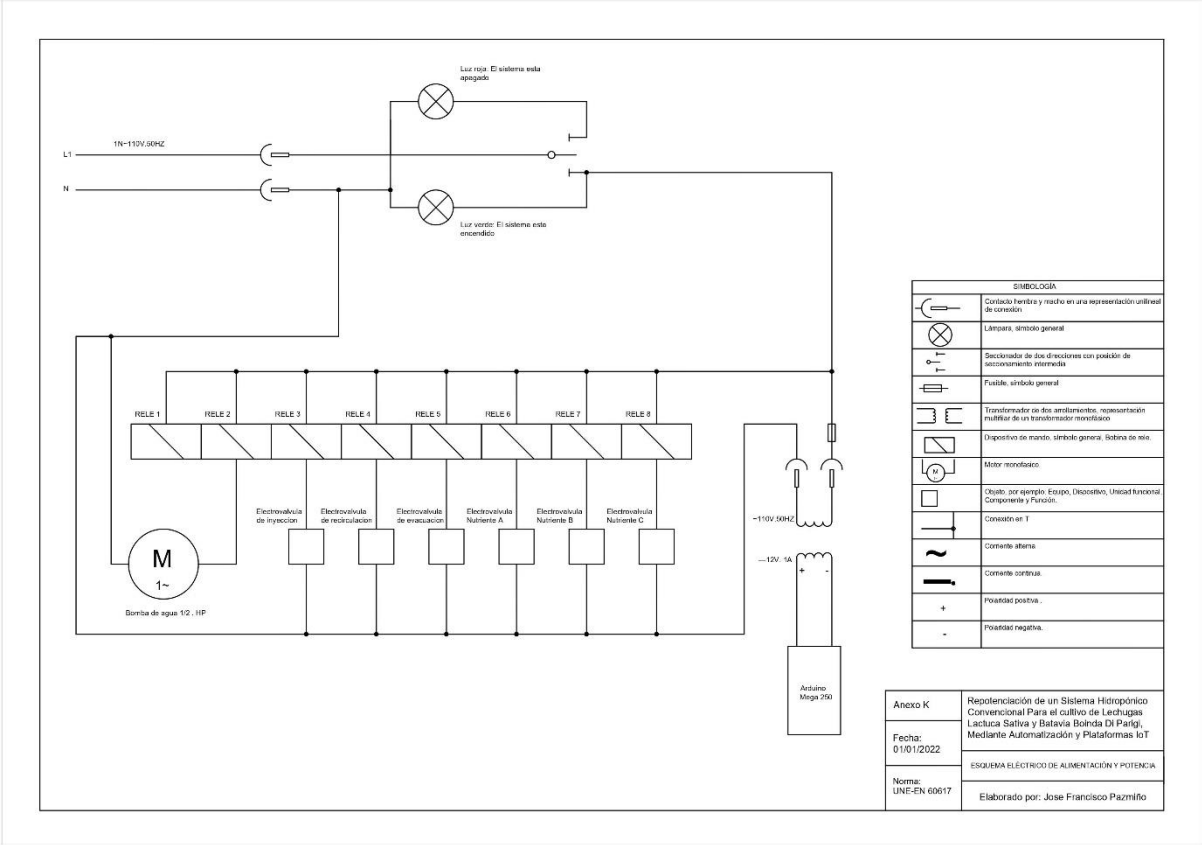
Anexo J.

Esquema Eléctrico y Electrónico de Control



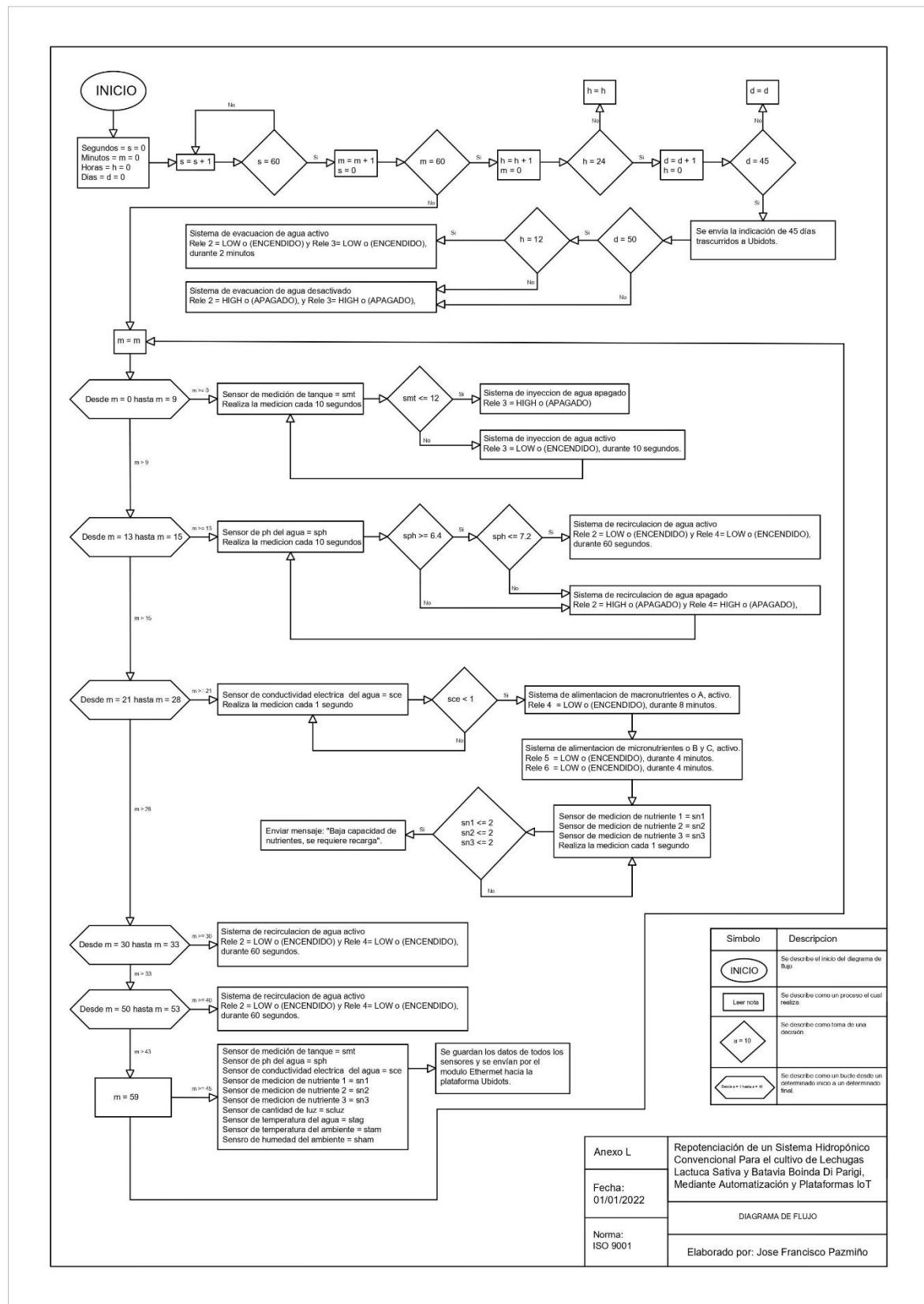
Anexo K.

Esquema Eléctrico



Anexo L.

Diagrama de Flujo



Anexo M.

Nutrientes



Anexo N.*Algoritmo de Programación.*

```

//PLATAFORMA UBIDOTS//

#include <Ethernet.h>

#include <SPI.h>

#include <UbidotsEthernet.h>

#include "DHT.h"

#define DHTPIN 2    // Pin digital al cual vamos a conectar el sensor de temperatura

// Tipo de sensor que vamos a usar

#define DHTTYPE DHT11 // DHT 11

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);

// Parámetros para el servidor de Ubidots.*/

char const * TOKEN = "BBFF-zT3oDTi8zVZ5bTFLa5lphDAhflZmus"; // Token asignado por Ubidots

char const * VARIABLE_LABEL_1 = "temperatura_dht"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los datos

char const * VARIABLE_LABEL_2 = "humedad_dht"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los datos de
la humedad

//char const * VARIABLE_LABEL_3 = "minutos_reloj"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los datos de
la humedad

//char const * VARIABLE_LABEL_4 = "horas_reloj"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los datos de la
humedad

char const * VARIABLE_LABEL_5 = "dias_reloj"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los datos de la
humedad

char const * VARIABLE_LABEL_6 = "tanque_agua"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los datos de la
humedad

char const * VARIABLE_LABEL_7 = "ph_tanque"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los datos de la
humedad

char const * VARIABLE_LABEL_8 = "ce_tanque"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los datos de la
humedad

char const * VARIABLE_LABEL_9 = "nutrientes_uno"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los datos de
la humedad

char const * VARIABLE_LABEL_10 = "nutrientes_dos"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los datos
de la humedad

//char const * VARIABLE_LABEL_11 = "nutrientes_tres"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los datos
de la humedad

char const * VARIABLE_LABEL_12 = "temperatura_agua"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los
datos de la humedad

```

char const * VARIABLE_LABEL_13 = "cantidad_luz"; // Asigna una etiqueta de variable única para enviar los datos de la humedad

```

int temperatura = 0;

int humedad = 0;

int minutos_reloj_ubidots=0;

int dias_reloj_ubidots=0;

//int horas_reloj_ubidots=0;

int tanque_agua_ubidots=0;

int ph_tanque_ubidots=0;

int ce_tanque_ubidots=0;

int nutrientes_uno_ubidots=0;

int nutrientes_dos_ubidots=0;

//int nutrientes_tres_ubidots=0;

int temperatura_agua=0;

int cantidad_luz=0;

/* Dirección MAC para el módulo ethernet */

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

Ubidots client(TOKEN);

//RELOG PRINCIPAL//

int periodo = 1000;

unsigned long tiempoAnteriorReloj = 0;

int segundos = 0;

int minutos = 0;

int hora = 0;

int dias = 0;

String d;

String h;

String m;

String s;

void conversionString(){

d = String(dias);

h = String(hora);

m = String(minutos);

s = String(segundos);}

String mensaje;

//CONEXIONES HACIA RELES//

int RELE1=30;

int RELE2=31;

```

```
int RELE3=32;

int RELE4=33;

int RELE5=34;

int RELE6=35;

int RELE7=36;

int RELE8=38;

// MEDICION DE NIVEL DE AGUA EN EL TANQUE//

int TRIG_TANQUE = 14;

int ECO_TANQUE = 15;

int DURACION_TANQUE;

int DISTANCIA_TANQUE;

int NIVEL_AGUA;

//INTERVALO DE MEDICION DEL SENSOR 10 SEGUNDOS//

unsigned long evento_de_inyeccion;

const unsigned long INTERVALO_DE_INYECCION = 10000;

//INTERVALO DE ACTIVACION DE INYECCION DE AGUA 10 SEGUNDOS//

boolean INYECCION = false;

int TIEMPO_INYECCION = 10000;

unsigned long tiempoAnteriorInyeccion = 0;

//MEDIDOR DE PH//

const byte PHPIN = A2;

float PO;

//INTERVALO DE MEDICION DEL SENSOR 10 SEGUNDOS//

unsigned long evento_de_ph;

const unsigned long INTERVALO_DE_PH = 10000;

//INTERVALO DE ACTIVACION DE INYECCION DE AGUA 60 SEGUNDOS//

boolean RECIRCULACIONPH = false;

int TIEMPO_RECIRCULACIONPH = 60000;

unsigned long tiempoAnteriorRecirculacionPH = 0;

//CONDUCTIVIDAD ELETRICA//

float CE;

//INTERVALO DE MEDICION DEL SENSOR 10 SEGUNDOS//

unsigned long evento_conductividad_electrica;

const unsigned long INTERVALO_DE_CONDUCTIVIDAD_ELECTRICA = 10000;

// NIVEL DE NUTRIENTES EN EL TANQUE UNO//

int TRIG_NUTRIENTE_UNO = 26;

int ECO_NUTRIENTE_UNO = 27;

int DURACION_NUTRIENTE_UNO;
```

```
int DISTANCIA_NUTRIENTE_UNO;

// NIVEL DE NUTRIENTES EN EL TANQUE DOS//

int TRIG_NUTRIENTE_DOS = 24;

int ECO_NUTRIENTE_DOS = 25;

int DURACION_NUTRIENTE_DOS;

int DISTANCIA_NUTRIENTE_DOS;

// NIVEL DE NUTRIENTES EN EL TANQUE TRES//

int TRIG_NUTRIENTE_TRES = 22;

int ECO_NUTRIENTE_TRES = 23;

int DURACION_NUTRIENTE_TRES;

int DISTANCIA_NUTRIENTE_TRES;

void setup() {

//ENLACE UBIDOTS//

    Ethernet.begin(mac);

//INICIA LA COMUNICACION SERIAL

    Serial.begin(9600);

    segundos = 0;

//RELOG PRINCIPAL//

    minutos = 0;

    hora = 0;

    dias = 0;

//CONEXIONES HACIA RELES//

    pinMode(RELE8,OUTPUT);

    pinMode(RELE7,OUTPUT);

    pinMode(RELE6,OUTPUT);

    pinMode(RELE5,OUTPUT);

    pinMode(RELE4,OUTPUT);

    pinMode(RELE3,OUTPUT);

    pinMode(RELE2,OUTPUT);

    digitalWrite(RELE8, HIGH);

    digitalWrite(RELE7, HIGH);

    digitalWrite(RELE6, HIGH);

    digitalWrite(RELE5, HIGH);

    digitalWrite(RELE4, HIGH);

    digitalWrite(RELE3, HIGH);

    digitalWrite(RELE2, HIGH);

// MEDICION DE NIVEL DE AGUA EN EL TANQUE//

    pinMode(TRIG_TANQUE, OUTPUT);
```

```

    pinMode(ECO_TANQUE, INPUT);

//MEDIDOR DE TEMPERATURA Y HUMEDAD DEL AMBIENTE//

    dht.begin();

// NIVEL DE NUTRIENTES EN EL TANQUE UNO

    pinMode(TRIG_NUTRIENTE_UNO, OUTPUT);
    pinMode(ECO_NUTRIENTE_UNO, INPUT);

// NIVEL DE NUTRIENTES EN EL TANQUE DOS

    pinMode(TRIG_NUTRIENTE_DOS, OUTPUT);
    pinMode(ECO_NUTRIENTE_DOS, INPUT);

// NIVEL DE NUTRIENTES EN EL TANQUE TRES

    pinMode(TRIG_NUTRIENTE_TRES, OUTPUT);
    pinMode(ECO_NUTRIENTE_TRES, INPUT);
}

void loop() {

//RELOG PRINCIPAL//

    RELOJ();

// 0 ENLACE UBIDOTS TIEMPO DE RELOJ//

    if (minutos==0){

        if (segundos==29 || segundos==59){

            ENLACE_UBIDOTS_TIEMPO_RELOJ ();

        }

//1 AL 10 SISTEMA DE INYECCION DE AGUA//

        if(minutos==1 || minutos==2 || minutos==3 || minutos==4 || minutos==5 || minutos==6 || minutos==7 || minutos==8 ||
minutos==9 || minutos==10){

            SISTEMA_DE_INYECCION ();

            if(segundos==15){

                ENLACE_UBIDOTS_NIVEL_AGUA ();

            }

        }else{digitalWrite(RELE8, HIGH);

        }

//13 AL 14 MEDICION DE PH Y RECIRCULACION//

        if(minutos==13 || minutos==14){

            MEDICION_PH ();

            if (segundos==15){

                ENLACE_UBIDOTS_PH_AGUA ();

            }

        }else{digitalWrite(RELE7, HIGH);

```

```

        digitalWrite(RELE2, HIGH);
    }

    //21 AL 28 ALIMENTACION DE NUTRIENTES AL TANQUE//

    if (minutos==21 || minutos==22 || minutos==23 || minutos==24 || minutos==25 || minutos==26 || minutos==27 ||
minutos==28){

        ALIMENTACION_NUTRIENTES ();

        if (segundos==15){

            ENLACE_UBIDOTS_CE_AGUA ();

        }

        if (minutos==24 && segundos==4){

            digitalWrite(RELE4, HIGH);

            RELE4=40;

        }else{

            digitalWrite(RELE3, HIGH);

            digitalWrite(RELE4, HIGH);

            digitalWrite(RELE5, HIGH);

            RELE4=33;

        }

    }

    //30 MEDIDAS DE NIVEL DE NUTRIENTES//

    if (minutos==30){

        NIVEL_NUTRIENTE_UNO ();

        NIVEL_NUTRIENTE_DOS ();

        NIVEL_NUTRIENTE_TRES ();

        if (segundos==15){

            ENLACE_UBIDOTS_NUTRIENTES ();

        }

    }

}

//

//ENLACE UBIDOTS TIEMPO DE RELOJ//

void ENLACE_UBIDOTS_TIEMPO_RELOJ () {

    int reloj_minutos = minutos;

    //int reloj_horas = hora;

    int reloj_dias = dias;

    minutos_reloj_ubidots = reloj_minutos;

    //horas_reloj_ubidots = reloj_horas;

    dias_reloj_ubidots = reloj_dias;

    //client.add(VARIABLE_LABEL_3, reloj_minutos);

```



```
//client.add(VARIABLE_LABEL_4, reloj_horas);

client.add(VARIABLE_LABEL_5, reloj_dias);

client.sendAll();

}

//ENLACE UBIDOTS NIVEL DE AGUA//

void ENLACE_UBIDOTS_NIVEL_AGUA () {

Ethernet.maintain();

int reloj_minutos = minutos;

int tanque_agua = NIVEL_AGUA;

minutos_reloj_ubidots = reloj_minutos;

tanque_agua_ubidots = tanque_agua;

/* Enviando datos a Ubidots*/

//client.add(VARIABLE_LABEL_3, reloj_minutos);

client.add(VARIABLE_LABEL_6, tanque_agua);

client.sendAll();

}

//ENLACE UBIDOTS PH DE AGUA//

void ENLACE_UBIDOTS_PH_AGUA () {

Ethernet.maintain();

int reloj_minutos = minutos;

int ph_tanque = PO;

minutos_reloj_ubidots = reloj_minutos;

ph_tanque_ubidots = ph_tanque;

/* Enviando datos a Ubidots*/

//client.add(VARIABLE_LABEL_3, reloj_minutos);

client.add(VARIABLE_LABEL_7, ph_tanque);

client.sendAll();

}

//ENLACE UBIDOTS CE DE AGUA//

void ENLACE_UBIDOTS_CE_AGUA () {

Ethernet.maintain();

int reloj_minutos = minutos;

int ce_tanque = CE;

minutos_reloj_ubidots = reloj_minutos;

ce_tanque_ubidots = ce_tanque;

/* Enviando datos a Ubidots*/

//client.add(VARIABLE_LABEL_3, reloj_minutos);

client.add(VARIABLE_LABEL_8, ce_tanque);
```

```

    client.sendAll();

}

//ENLACE UBIDOTS NUTRIENTES//

void ENLACE_UBIDOTS_NUTRIENTES () {

Ethernet.maintain();

int nutrientes_uno= DISTANCIA_NUTRIENTE_UNO;
int nutrientes_dos= DISTANCIA_NUTRIENTE_DOS;

//int nutrientes_tres= DISTANCIA_NUTRIENTE_TRES;

nutrientes_uno_ubidots = nutrientes_uno;
nutrientes_dos_ubidots = nutrientes_dos;

//nutrientes_tres_ubidots = nutrientes_tres;

/* Enviando datos a Ubidots*/

client.add(VARIABLE_LABEL_9, nutrientes_uno);
client.add(VARIABLE_LABEL_10, nutrientes_dos);

//client.add(VARIABLE_LABEL_11, nutrientes_tres);

client.sendAll();

}

//RELOG PRINCIPAL//

void RELOJ() {

conversionString();

mensaje = String((d)+("----")+ (h)+("---")+ (m)+("---")+ (s));

Serial.println(mensaje);

if(millis()-tiempoAnteriorReloj>=periodo){ //un segundo

    tiempoAnteriorReloj=millis();

    segundos = segundos+1;

    if(segundos == 60){

        minutos = minutos + 1;

        segundos = 0;}

    if(minutos == 60){

        minutos = 0;

        hora = hora + 1;}

    if(hora == 24){

        hora = 0;

        dias = dias + 1;}

    if(dias == 7){

        dias = 1;

        hora = 0;

        minutos = 0;

```

```

    segundos = 0;
  }}}
// MEDICION DE NIVEL DE AGUA EN EL TANQUE//
void NIVEL_TANQUE() {
  digitalWrite(TRIG_TANQUE, HIGH);
  digitalWrite(TRIG_TANQUE, LOW);
  DURACION_TANQUE = pulseIn(ECO_TANQUE, HIGH);
  DISTANCIA_TANQUE = DURACION_TANQUE/ 58.2 ;
  if (DISTANCIA_TANQUE <= 10){
    NIVEL_AGUA = 5;}
  if (DISTANCIA_TANQUE >= 12 && DISTANCIA_TANQUE <= 15.9){
    NIVEL_AGUA = 100;}
  if (DISTANCIA_TANQUE >= 16 && DISTANCIA_TANQUE <= 19.9){
    NIVEL_AGUA = 80;}
  if (DISTANCIA_TANQUE >= 20 && DISTANCIA_TANQUE <= 23.9){
    NIVEL_AGUA = 60;}
  if (DISTANCIA_TANQUE >= 24 && DISTANCIA_TANQUE <= 27.9){
    NIVEL_AGUA = 40;}
  if (DISTANCIA_TANQUE >= 28 && DISTANCIA_TANQUE <= 29.9){
    NIVEL_AGUA = 20;}
  if (DISTANCIA_TANQUE >= 30){
    NIVEL_AGUA = 0;}

  //Serial.print("Distancia del tanque: ");
  //Serial.print(DISTANCIA_TANQUE);
  //Serial.println(" Comunicacion serial");
}

//PROCESO DE INYECCION SISTEMA DE INYECCION DE AGUA//
void SISTEMA_DE_INYECCION (){
  unsigned long actual = millis();
  if(actual > evento_de_inyeccion) {
    NIVEL_TANQUE();
    evento_de_inyeccion += INTERVALO_DE_INYECCION;}
  if (DISTANCIA_TANQUE>=12 && DISTANCIA_TANQUE<=28){
    digitalWrite(RELE8, LOW);
    INYECCION = true;
  }
  if ((millis()-tiempoAnteriorInyeccion >= TIEMPO_INYECCION) && (INYECCION == true)){

```

```

    digitalWrite(RELE8, HIGH);

    tiempoAnteriorInyeccion = millis();
}

/*

//ENLACE UBIDOTS//
void ENLACE_UBIDOTS () {
Ethernet.maintain();

float valor_temperatura = 15;// Leemos la temperatura en grados celsius

float valor_humedad = 15;//Leemos la humedad

int reloj_minutos = minutos;

int reloj_horas = hora;

int reloj_dias = dias;

int tanque_agua = DISTANCIA_TANQUE;

temperatura = valor_temperatura;

humedad = valor_humedad;

minutos_reloj_ubidots = reloj_minutos;

horas_reloj_ubidots = reloj_horas;

dias_reloj_ubidots = reloj_dias;

tanque_agua_ubidots = tanque_agua;

// Enviando datos a Ubidots//

client.add(VARIABLE_LABEL_1, valor_temperatura);
client.add(VARIABLE_LABEL_2, valor_humedad);
client.add(VARIABLE_LABEL_3, reloj_minutos);
client.add(VARIABLE_LABEL_4, reloj_horas);
client.add(VARIABLE_LABEL_5, reloj_dias);
client.add(VARIABLE_LABEL_6, tanque_agua);

client.sendAll();

}

*/

//MEDICION DE PH//
void MEDICION_PH () {
unsigned long actual1 = millis();

if(actual1 > evento_de_ph) {

    PH_DEL_TANQUE ();

    evento_de_ph += INTERVALO_DE_PH;}

if (PO>=6.2 && PO<=7.3){

    digitalWrite(RELE7, LOW);

```

```

    digitalWrite(RELE2, LOW);

    RECIRCULACIONPH = true;

}

//TIEMPO DE RECIRCULACIONPH//

if ((millis()-tiempoAnteriorRecirculacionPH >= TIEMPO_RECIRCULACIONPH) && (RECIRCULACIONPH == true)){

    digitalWrite(RELE7, HIGH);

    digitalWrite(RELE2, HIGH);

    tiempoAnteriorRecirculacionPH = millis();

}

//MEDIDOR DE PH//

void PH_DEL_TANQUE (){

    PO = (1023 - analogRead(PHPIN))/73.97;

    //Serial.print("PH DEL TANQUE: ");

    //Serial.print(PO, 2);

    //Serial.println(" Comunicacion serial");

}

//ALIMENTACION DE NUTRIENTES//

void ALIMENTACION_NUTRIENTES (){

    unsigned long actual2 = millis();

    if(actual2 > evento_conductividad_electrica) {

        CONDUCTIVIDAD_ELECTRICA_TANQUE ();

        evento_conductividad_electrica += INTERVALO_DE_CONDUCTIVIDAD_ELECTRICA;}

    if (CE>=0 && CE<=1){

        digitalWrite(RELE3, LOW);

        digitalWrite(RELE4, LOW);

        digitalWrite(RELE5, LOW);

    }

}

//MEDIDOR DE PPM Y CONDUCTIVIDAD ELECTRICA

void PPM_DEL_TANQUE () {

    float m= analogRead(A1);

    float volt= m*5/1024;

    float mV = volt/1000;

    float PPM = mV*10000;

    //Serial.print("PPM DEL TANQUE: ");

    //Serial.println(PPM, 4);

```

```

}

void CONDUCTIVIDAD_ELECTRICA_TANQUE () {

    float m= analogRead(A1);

    float volt= m*5/1024;

    float mV = volt/1000;

    float PPM = mV*10000;

    float Scm = PPM * 0.0000015;

    float mScm = Scm * 1000;

    CE = mScm;

    //Serial.print("CONDUCTIVIDAD ELECTRICA DEL TANQUE: ");

    //Serial.println(CE, 4);

}

// NIVEL DE NUTRIENTES EN EL TANQUE UNO//

void NIVEL_NUTRIENTE_UNO () {

    digitalWrite(TRIG_NUTRIENTE_UNO, HIGH);

    digitalWrite(TRIG_NUTRIENTE_UNO, LOW);

    DURACION_NUTRIENTE_UNO = pulseIn(ECO_NUTRIENTE_UNO, HIGH);

    DISTANCIA_NUTRIENTE_UNO = 20;

    //Serial.println("DIST. NUTR. 1: ");

    //Serial.println(DISTANCIA_NUTRIENTE_UNO);

}

// NIVEL DE NUTRIENTES EN EL TANQUE DOS//

void NIVEL_NUTRIENTE_DOS () {

    digitalWrite(TRIG_NUTRIENTE_DOS, HIGH);

    digitalWrite(TRIG_NUTRIENTE_DOS, LOW);

    DURACION_NUTRIENTE_DOS = pulseIn(ECO_NUTRIENTE_DOS, HIGH);

    DISTANCIA_NUTRIENTE_DOS = 25;

    //Serial.print("DIST. NUTR. 2: ");

    //Serial.println(DISTANCIA_NUTRIENTE_DOS);

}

// NIVEL DE NUTRIENTES EN EL TANQUE TRES//

void NIVEL_NUTRIENTE_TRES () {

    digitalWrite(TRIG_NUTRIENTE_TRES, HIGH);

    digitalWrite(TRIG_NUTRIENTE_TRES, LOW);

    DURACION_NUTRIENTE_TRES = pulseIn(ECO_NUTRIENTE_TRES, HIGH);

    DISTANCIA_NUTRIENTE_TRES = 5;

    //Serial.print("DIST. NUTR. 3: ");

    //Serial.println(DISTANCIA_NUTRIENTE_TRES);

```

}