



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LA TEMPERATURA, HUMEDAD Y RIEGO DE UN VIVERO UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA IOT

Trabajo de titulación

Tipo: Propuesta Tecnológica

Presentado para optar el grado académico de:

INGENIERO QUÍMICO

AUTOR: ANDRES PAUL VILLARREAL LEMA

DIRECTOR: Ing. DARIO FERNANDO GUAMAN LOZADA

Riobamba – Ecuador

2021

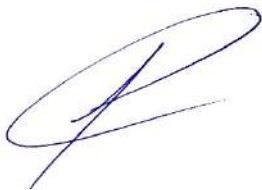
© 2021, Andrés Paul Villarreal Lema

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho del Autor.

Yo, Andrés Paul Villarreal Lema, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 15 de septiembre de 2021



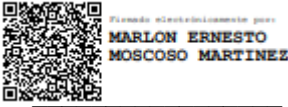


FIRMA
ANDRÉS PAUL VILLARREAL LEMA
CÉDULA 0604382101

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA QUÍMICA

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: propuesta tecnológica. **DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LA TEMPERATURA, HUMEDAD Y RIEGO DE UN VIVERO UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA IOT**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. /MSc. Marlon Ernesto Moscoso Martínez PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2021-09-15
Ing./ MSc. Darío Fernando Guamán Lozada DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN		2021-09-15
Ing. /MSc. Adrián Alejandro Rodríguez Pinos MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2021-09-15

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a Dios, mis abuelitos y padres, por darme la fortaleza para enfrentar los obstáculos, quienes a lo largo de toda mi vida me han brindado su amor, apoyo incondicional, e impartieron los valores principales con los que se rigen en mi vida. También por enseñarme y estar siempre conmigo en cualquier momento, siendo mi soporte principal para poder sobrellevar cualquier situación o adversidad que se ha atravesado a lo largo de mi vida. Viviendo con ellos momentos de felicidad como de tristeza. De igual manera a mis amigos y docentes que contribuyeron a lo largo de esta etapa de formación con sus enseñanzas y consejos ayudándome a alcanzar esta meta profesional.

Andrés Paul Villarreal Lema

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mis padres, hermana y abuelos, por su apoyo incondicional durante cada tramo de mi formación académica, ayudándome a desarrollar mi carácter y filosofía de vida basada en la responsabilidad, organización, perseverancia y respeto.

Agradezco a los docentes de la Escuela de Ingeniería Química, por impartir sus conocimientos y experiencias de vida, en un ambiente lleno de confianza, siempre buscando lo mejor para la formación, tanto como persona, como a su vez en el ámbito profesional

Agradezco a cada uno de mis amigos más cercanos, por cada uno de sus consejos, lealtad y más que toda hermandad con los cuales tuve experiencias inolvidables vividas a lo largo de mi formación académica.

Andrés Paul Villarreal Lema

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO.....	vii
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xiii
RESUMEN ..	xvii
SUMMARY	xviii

CAPÍTULO I

1	INTRODUCCIÓN	1
1.1	Antecedentes.....	1
1.2	Planteamiento del problema	2
1.3	Objetivos	2
1.3.1	<i>Objetivo General</i>	2
1.3.2	<i>Objetivos Específicos</i>	3
1.4	Justificación del proyecto	4
1.5	Alcance	5

CAPÍTULO II

2	MARCO TEÓRICO.....	6
2.1	Estado del arte.....	6
2.2	Bases Teóricas	7
2.2.1	<i>Agricultura inteligente con IoT</i>	7
2.2.1.1	<i>Agricultura inteligente</i>	7
2.2.1.2	<i>Aplicaciones de IoT en la agricultura</i>	7
2.2.2	<i>Requisitos para actividades agrícolas basadas en IoT</i>	8
2.2.3	<i>Tipos de sensores agrícolas</i>	8

2.2.4	<i>Teoría de control</i>	9
2.2.5	<i>Aplicabilidad de la teoría de control a las prácticas de riego</i>	10
2.2.6	<i>Sistemas de riego por nebulización</i>	11
2.2.7	<i>Temperatura</i>	11
2.2.8	<i>Humedad de suelo</i>	11
2.2.9	<i>Arduino</i>	12
2.2.10	<i>Sensor de humedad</i>	12
2.2.11	<i>Sensor de humedad del suelo</i>	13
2.2.12	<i>Modelos de control de líquido</i>	14
2.2.12.1	<i>Ecuaciones que rigen el modelado de un sistema de control de flujo</i>	14
2.2.13	<i>Caudal</i>	14
2.2.14	<i>Presión</i>	15
2.2.15	<i>Bomba</i>	15
2.2.15.1	<i>Potencia de la bomba</i>	16
2.2.16	<i>Cavitación</i>	17
2.2.17	<i>Principio de Bernoulli</i>	17
2.2.18	<i>Potencia hidráulica</i>	17
2.2.19	<i>Ecuación de Hazen-Williams</i>	18
2.2.20	<i>Alturas dinámicas</i>	18
2.2.20.1	<i>Altura Dinámica de Succión</i>	18
2.2.20.2	<i>Altura Dinámica de Descarga</i>	19
2.2.20.3	<i>Altura Dinámica Total</i>	19
2.2.21	<i>Diagrama P&ID</i>	20
2.2.22	<i>Designación de flujo del proceso</i>	21
2.2.23	<i>Formato de etiqueta de flujo de proceso</i>	21
2.2.24	<i>Código de designación de tuberías</i>	21
2.2.25	<i>Código de designación de equipo</i>	22
2.2.26	<i>Instrumentación</i>	22
2.2.27	<i>Símbolos de interconexión</i>	22
2.2.28	<i>Identificación funcional</i>	23
2.2.29	<i>Instrumentación válvulas</i>	24
2.2.30	<i>Simbolismo letras</i>	25

CAPÍTULO III

3	METODOLOGÍA.....	27
3.1	Localización del proyecto.....	28
3.2	Determinación de variables.....	28
3.3	Recolección de datos.....	29
3.4	Implementación del riego.....	29
3.5	Control Automático.....	30
3.6	Programación.....	31
3.7	Vincular los datos a un servidor IOT.....	33

CAPÍTULO IV

4	GESTIÓN DEL PROYECTO.....	34
4.1	Cronograma.....	34
4.2	Presupuesto.....	35
4.3	Recursos humanos y materiales.....	35
4.3.1	<i>Recursos Humanos</i>	35
4.4	Resultados.....	36
4.4.1	<i>Balance y Modelo matemático</i>	36
4.4.2	<i>Resultados en la implementación del riego</i>	46
4.4.3	<i>Recolección de datos</i>	46
4.4.4	<i>Resultados de la implementación del sistema de control automático de riego con la aplicación IOT</i>	48
4.4.5	<i>Validación del sistema de control automático</i>	50
4.4.6	<i>Diagrama P&ID del sistema</i>	52
4.4.7	<i>Aplicación del sistema automático de riego</i>	53
	CONCLUSIONES.....	54
	RECOMENDACIONES.....	55
	GLOSARIO	
	BIBLIOGRAFÍA	

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2:	Requisitos para actividades agrícolas basados en IOT	8
Tabla 2-2:	Tipos de sensores agrícolas.....	9
Tabla 3-2:	Abreviaturas de líneas de flujo secundarias.....	23
Tabla 4-2:	Letras de identificación de instrumentos	26
Tabla 1-3:	Características geográficas del vivero	28
Tabla 2-3:	Operacionalización de variables	29
Tabla 1-4:	Cronograma del proyecto.....	34
Tabla 2-4:	Presupuesto del proyecto	35
Tabla 3-4:	Recursos Humanos.....	35

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2:	Tipos de sistema de control.....	10
Figura 2-2:	Arduino	12
Figura 3-2:	Sensor DHT11	13
Figura 4-2:	Sensor DHT11	14
Figura 5-2:	Esquema de P&ID control de flujo.....	20
Figura 6-2:	Formato de etiqueta de flujo de proceso típico	21
Figura 7-2:	Símbolo de identificación de instrumento típico	22
Figura 8-2:	Símbolos para la interconexión de líneas de instrumentos	23
Figura 9-2:	Método para indicar el contenido de una línea	24
Figura 10-2:	Instrumentación general o función de símbolo	24
Figura 11-2:	Símbolos de válvulas y amortiguadores.....	25
Figura 1-3:	Metodología del trabajo	27
Figura 2-3:	Ubicación geográfica de la ciudad de Riobamba.....	28
Figura 3-3:	Diagrama de conexiones eléctricas	31
Figura 3-4:	Programación del arduino	33
Figura 3-5:	Datos del riego cuando se emplean vinculados a un servidor IOT	33
Figura1-4:	Diagrama para el Balance	36
Figura 2-4:	Diagrama P&ID del sistema de riego por nebulización implementado	52

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Datos obtenidos de la temperatura de las plantas	46
Gráfico 2-4: Datos obtenidos del pH de las plantas	47
Gráfico 3-4: Datos obtenidos del sensor de temperatura en el ambiente	48
Gráfico 4-4: Datos obtenidos del sensor de humedad en las plantas	49
Gráfico 4-4: Datos de las pruebas de validación del sistema de control automático	51

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A :CONSTRUCCIÓN DEL CONTROLADOR

ANEXO B :IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO

ANEXO C :PROGRAMACIÓN ELECTROVÁLVULAS

ANEXO D :PROGRAMACIÓN SENSORES

ANEXO E: IOT BLYNK

ANEXO F :MEDICIÓN TEMPERATURA Y PH DE LAS PLANTAS

ANEXO G: SISTEMA DE RIEGO

RESUMEN

Los sistemas de riego son utilizados actualmente, pero a su vez no aprovechan al 100% los recursos hídricos, estos se pueden mejorar con la ayuda del control y automatización, y de este modo evitar el desperdicio de agua. El proyecto desarrolla un sistema de control automático de temperatura, humedad y riego de un vivero utilizando la tecnología IOT, con el cual se busca facilitar la administración, control de variables y de dicha forma tener un riego mejor distribuido y mejorar la calidad de las plantas. Como parte de la implementación de este proyecto se controló 3 variables en específico: humedad, temperatura y riego de acuerdo a la programación en el controlador. El método de riego por nebulización con el uso de 4 electroválvulas que permiten el paso del fluido siendo un tipo de control on-off, la retroalimentación del sistema se consigue por intermedio de sensores de temperatura y humedad, distribuidos en puntos específicos a lo largo del vivero. Los datos obtenidos por cada uno de los sensores, son analizados por una tarjeta embebida de uso libre (Arduino), misma que funciona como el controlador, y es encargada de tomar acción de control sobre los diferentes actuadores del sistema, Además en la tarjeta se encuentra integrado un módulo de comunicación IOT ESP8266. El uso de la tecnología IOT dentro del control automático sirve como herramienta para el análisis de datos y optimizar los procesos manuales. En este caso reducir el uso desmedido del agua causado por sistemas convencionales de riego, adicionalmente el usuario puede manejar el sistema de manera manual, observando dentro del IOT los datos registrados de los sensores y activándolo de acuerdo a las necesidades requeridas de cada una de las plantas. Se recomienda utilizar el sistema de riego en diversas plantaciones

Palabras clave: < ARDUINO (SOFTWARE) >> HUMEDAD >> TEMPERATURA >> CONTROL AUTOMÁTICO >> SENSORES >> ELECTROVÁLVULAS >>INTERNET>

**LUIS ALBERTO
CAMINOS
VARGAS**

Firmado digitalmente por LUIS
ALBERTO CAMINOS VARGAS
Nombre de reconocimiento (DN):
c=EC, l=RIOBAMBA,
serialNumber=0602766974,
cn=LUIS ALBERTO CAMINOS
VARGAS
Fecha: 2021.03.31 08:29:03 -05'00'



0893-DBRAI-UTP-2021

SUMMARY

The objective of this study was to develop an automatic control system for temperature, humidity and irrigation of a nursery using IOT technology, to facilitate the administration, control of variables and in this way have better distributed irrigation and improve the quality of the plants. In the implementation of this project, 3 variables were controlled, which are humidity, temperature, and irrigation according to the programming in the controller. The method of irrigation by nebulization with the use of 4 solenoid valves that allow the passage of the fluid with on-off control, the feedback of the system is achieved through temperature and humidity sensors, distributed at specific points throughout the nursery. The data obtained by each of the sensors is analysed by a free-use embedded card (Arduino), which functions as the controller and is in charge of taking control action on the different actuators of the system. Also, an IOT ESP8266 communication module is integrated into the card. The use of IOT technology within automatic control serves as a tool for data analysis and to optimize manual processes. In this case, reduce the excessive use of water caused by conventional irrigation systems, additionally, the user can operate the system manually, observing the data recorded from the sensors within the IOT and activating it according to the required needs of each of the plants. It is recommended to use the irrigation system in various plantations

Keywords:<ARDUINO(SOFTWARE)><HUMIDITY><TEMPERATURE><AUTOMATIC CONTROL><SENSORS> <SOLENOID VALVES> <INTERNET

CAPÍTULO I

1 INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes

El calentamiento global y la creciente sequía están creando una tensión sin precedentes sobre la disponibilidad continua de recursos hídricos. También existe una amenaza para la seguridad alimentaria y la crisis del agua debido al aumento esperado de la población a 9.800 millones para 2050. Dado que el riego es un consumidor importante de agua dulce, el desperdicio de recursos en este sector podría tener consecuencias sustanciales en la seguridad alimentaria. En consecuencia, para mejorar la eficiencia del uso del agua a través del riego de precisión, se utiliza la integración de tecnología, en este caso la comunicación con otros dispositivos, a través del cual se permite conectar e intercambiar datos a través de Internet, o también conocido como internet de las cosas (IoT), para la gestión de riego, identificación y estrategias de control para la predicción y optimización tomando en cuenta las variabilidades en el medio ambiente y también para mejorar el sistema de riego de precisión (Abioye et al. 2020).

El sistema de riego de precisión desempeña un papel importante al proporcionar contribuciones significativas a la producción de alimentos y reducir el estrés experimentado por los agricultores. Por lo tanto, es necesario diseñar con precisión un sistema de riego que pueda predecir, adaptar y entregar la cantidad adecuada de agua a los cultivos donde y cuando se necesite en respuesta a la dinámica cambiante del suelo, el clima y la planta (Abioye 2020).

El término internet se ha asociado a cosas y ahora se identifica como IoT, que implica la interconexión de dispositivos electrónicos a través de internet vía Wi, -Fi, dispositivo de identificación por radiofrecuencia (RFID), LoraWan, Zigbee, Bluetooth, evolución a largo plazo (LTE) y otras tecnologías de comunicación inalámbrica. En la década actual, IoT ha proporcionado un medio eficiente en el sistema de monitoreo, ya que el usuario puede monitorear y controlar el sistema en cualquier lugar y en cualquier momento. En agricultura, la aplicación de IoT tiene como objetivo principal conectar objetos físicos (cosas) como sensores, cámaras, medidores de flujo, actuadores y robots a Internet utilizando conectividad de red inalámbrica para medir variables como la humedad del suelo, temperatura, humedad, imágenes de plantas y otras condiciones climáticas (Tzounis et al. 2017).

1.2 Planteamiento del problema

En la actualidad, el avance tecnológico ha ido mejorando, donde el manejo de procesos a través del control automático se han vuelto parte fundamental de la ingeniería, los cuales se han ido corrigiendo y adaptando a nuevos modelos enfocados con mejor manejo y funcionamiento en los cada uno de los requerimientos, por lo cual se ve en la necesidad de que estos sean implementados en el bienestar del medio ambiente, por tal motivo el control automático de procesos y técnicas de control para la regulación de variables en el desarrollo de conocimientos es un tema a través del cual ciertos tipos de industrias no están al tanto, y de esta manera no conocen sus ventajas dentro del campo de ingeniería, esto a su vez podría ser incorporado en desarrollo de aspectos de la vida cotidiana y a su vez en industrias como: química, agrícola, alimentos, biotecnología, petróleo entre otras, donde este tipo de control generaría un notable desarrollo e innovación, de tal manera que se garantizaría la calidad y la producción en masa de los bienes. El análisis del problema actual radica en aprovechar correctamente el uso del agua mediante la ayuda de variables térmicas como la temperatura y humedad del sistema (vivero) lo que permitiría el manejo responsable del riego, debido a que en los viveros es uno de los principales participantes del uso de este recurso.

En el presente proyecto se incluye varias metodologías, por una parte, las metodologías tradicionales que permiten el abordaje de la fundamentación teórica basado en variables termodinámicas y de fluidos, mientras que por otra se toma en cuenta el uso de software con metodología ágil para el manejo integral del sistema el cual puede ser controlado a través de sensores, en base a los factores previamente establecido, esto permite que el control automático presente una mayor eficiencia en base a dichos espacios. El desarrollo del sistema se basa en principios y las necesidades para salvaguardar este recurso natural, ya que mediante la programación ejecutada en relación a la humedad y temperatura se permitirá la activación o desactivación del sistema y de esta forma, se puede aprovechar las condiciones del día más óptimas, para realizar el riego.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Desarrollar un sistema de control automático de la temperatura, humedad y riego de un vivero utilizando la tecnología IOT.

1.3.2 Objetivos Especificos

- Modelar matemáticamente el sistema (vivero) considerando todas variables y parámetros de mayor importancia
- Elaborar un diagrama P&ID del sistema
- Construir un prototipo de un vivero que incluya el desarrollo de un sistema IoT para el control del proceso.
- Evaluar el funcionamiento de los sistemas de control y sensores en diversas condiciones de operación.

1.4 Justificación del proyecto

La mayoría de viveros que se encuentran dentro de nuestro país no cuentan con un sistema de control automático en base a variables cotidianas con respecto a este tipo de terrenos, donde la humedad y la temperatura juegan un papel importante por lo cual se desea que a partir de la tecnología IOT se pueda controlar el sistema y a su vez tener la recolección de datos generados en base al riego, temperatura y humedad, para que el funcionamiento sea el correcto es necesario tener en cuenta varios principios relacionados a este tipo de sistemas, como son la mecánica de fluidos, termodinámica, entre otras para el desarrollo adecuado del mismo, teniendo en cuenta tales consideraciones en el presente proyecto se enfoca de cierta forma la manera de manejo del riego en nuestro país es de forma manual, por lo cual a través de la incorporación de nuevas tecnologías se busca como beneficio el aprovechamiento del tiempo y a su vez la escasez y el mal uso del agua, dichas razones plantean una creciente y seria amenaza para el medio ambiente. Los sistemas de control automático, se encuentra apoyando todos los campos del conocimiento, y de una manera especial al cuidado y preservación de los recursos. Los avances tecnológicos, han permitido optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales, logrando aumentar la producción dentro de distintas índoles. Por lo antes expuesto, se confirma conoce que no existe un buen manejo del agua, por lo cual es fundamental contar con sistemas de riego, que integren la tecnología moderna y de esta manera generar mayor eficiencia del recurso hidrológico. Por lo cual dentro de este sistema se busca una interfaz sencilla de operar, de bajo costo, relacionando el sistema con el desarrollo del funcionamiento de las variables (humedad, temperatura, riego) las cuales deben presentar una construcción sólida que resista a la exposición de las distintas condiciones que se puedan presentar durante su funcionamiento y por último que no necesite mucho mantenimiento. Teniendo a su vez como propósito el uso de sensores los cuales serán operados en base a los softwares de programación, el cual es un elemento primordial para los distintos análisis a realizar ya que intervendrán como eje fundamental en la mayor parte del proceso. De esta manera se integrarán los recursos humanos a los tecnológicos y las competencias intelectuales se hace necesario que este tipo de proyectos e instrumentación de faciliten los procesos en primera instancia y a su vez que mejor enfocarnos en la ayuda al medio ambiente y la preservación de sus recursos.

1.5 Alcance

Este trabajo pretende diseñar un sistema de control automático de la temperatura, humedad y riego de un vivero utilizando la tecnología IOT disminuyendo tiempos de operación del personal encargado de esta área.

CAPÍTULO II

2 MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del arte

De acuerdo a Goap et al. (2018). “Un sistema de gestión de riego inteligente basado en IoT que utiliza aprendizaje automático y tecnologías de código abierto” Este trabajo presenta un sistema inteligente basado en tecnología de código abierto para predecir los requisitos de riego de un campo utilizando la detección de parámetros del suelo como la humedad del suelo, la temperatura del suelo y las condiciones ambientales junto con los datos de pronóstico del tiempo de Internet. Los nodos de detección, involucrados en la detección del suelo y ambiental, consideran la humedad del suelo, la temperatura del suelo, la temperatura del aire, Radiación de luz ultravioleta (UV) y humedad relativa del campo de cultivo. La inteligencia del sistema propuesto se basa en un algoritmo inteligente, que considera los datos detectados junto con los parámetros de pronóstico del tiempo como precipitación, temperatura del aire, humedad y UV para el futuro cercano.

El trabajo de Severino et al. (2018) “El IoT como herramienta para combinar la programación del riego con la geo estadística de los suelos “cuyo enfoque es un marco de IoT para evaluar y controlar los riesgos ambientales asociados con el uso de agua (s) reciclada (s). Detallando la metodología desarrollada en este trabajo se dice que proviene del uso de pronósticos dinámicos en tiempo real de la cantidad y calidad del agua del suelo para guiar el riego de campo. Esta previsión será facilitada e informada por en el lugar mediciones obtenidas con sensores autónomos y automatizados distribuidos espacialmente a lo largo de un marco IoT.

Una actualización en sistemas de riego lo hizo Podder et al. (2021) con su trabajo “Sistema de agrotecnología inteligente basado en IoT para la verificación de parámetros de agricultura urbana”, propone un sistema Smart AgroTech basado en IoT en el contexto de la agricultura urbana que considera la humedad, la temperatura y la humedad del suelo como parámetros agrícolas necesarios. El sistema propuesto decide si la acción de riego debe comenzar o detenerse dependiendo de las condiciones de la tierra agrícola y proporciona la instalación de monitoreo y control remoto al propietario de la finca. La confiabilidad del sistema se verifica determinando el porcentaje de error entre los datos reales y los datos observados en diferentes observaciones. La tasa de error promedio para la humedad y la humedad del suelo es inferior al 3% y para la temperatura es inferior al 1,5%. El sistema determina un sistema Smart AgroTech factible que

proporciona ventajas a las actividades agrícolas en las ciudades del futuro que otros métodos convencionales.

En lo referente al área de automatización Domínguez, Manera & Jaume (2019).en su trabajo “Programación de riego diferencial mediante un algoritmo automatizado de balance hídrico ajustado por sensores de humedad del suelo de tipo capacitancia” Los objetivos de esta investigación fueron probar, en el contexto de huertos irrigados por goteo: (a) la idoneidad del método de balance hídrico de la FAO, ajustado localmente por sensores, como base para el algoritmo de programación, (b) la idoneidad de la capacitancia- sensores de humedad del suelo tipo, y un enfoque para su interpretación automatizada, para proporcionar retroalimentación al algoritmo de programación, y (c) el desempeño de estos enfoques combinados en la programación autónoma del riego en un huerto de manzanos con vigor heterogéneo. El ensayo consistió en aplicar durante dos años los enfoques propuestos utilizando una aplicación web experimental, IRRIX, que programó el riego de dos sectores de riego, que diferían en el tamaño de los árboles. El sistema automático se comparó con la programación manual mediante un balance hídrico clásico y con la evapotranspiración real determinada por un lisímetro de pesaje ubicado en el mismo huerto.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Agricultura inteligente con IoT

2.2.1.1 Agricultura inteligente

Es el desarrollo más nuevo y próximo en el sector de IoT. significa utilizar los datos recopilados para analizar con precisión los métodos correctos para varios procesos agrícolas. La agricultura inteligente permitirá a los agricultores usar sus tierras de manera eficiente, hacer que los procesos sean más rápidos y ágiles, usar fertilizantes y pesticidas en una cantidad controlada, obtener un rendimiento máximo, tener conocimientos, hacer predicciones y analizar riesgos para un uso posterior basado en datos anteriores, etc. La gama de productos habilitados para la agricultura inteligente y IoT están disponibles en el mercado que van desde sensores, drones, consolas, automáticos (Digiteum Team 2019).

2.2.1.2 Aplicaciones de IoT en la agricultura

Agricultura de precisión utilizando sensores: la parte más importante de la agricultura es conocer las capacidades del suelo, los nutrientes necesarios para el crecimiento de las plantas y la cantidad

de humedad necesaria en el suelo. Los sensores agrícolas están hechos para cumplir con estos requisitos. Su trabajo principal es recopilar datos desde la temporada de siembra hasta la cosecha. Hay un sensor para todos tipos de propósitos para contenido de CO₂, temperatura del aire, contenido de NPK, radiación solar, mapeo del suelo, etc. La combinación Honeywell y la información recopilada de todos estos sensores se utiliza para el análisis directo de qué tipo de cultivo cultivar en qué parte del campo, qué cantidad y tipo de fertilizante se requiere, cuál es el tipo de riego más adecuado y la cantidad correcta de agua requerida, detección temprana de enfermedades en el cultivo y mucho más. Los sensores se pueden instalar en drones, vehículos, directamente en el suelo o en un nivel superior según su finalidad (Aleksandrova 2018).

2.2.2 *Requisitos para actividades agrícolas basadas en IoT*

En Tabla 1-2 se resume los requisitos para las actividades agrícolas basadas en IOT

Tabla 1-2: Requisitos para actividades agrícolas basados en IOT

Requisitos	Actividades
Conectividad	Para que los sistemas de IoT funcionen de manera estable, la conectividad a internet es el requisito más importante y básico. La conexión debe ser confiable, soportar diversas condiciones climáticas y estar disponible en toda la zona
Sensores y hardware	Sensores correctos en los que se necesitan requisitos coincidentes. Estos sensores pueden comprarse comercialmente o fabricarse a medida. Es importante comprobar la calidad de los sensores antes de implementarlos para un uso prolongado y sostenido
Herramientas de análisis de datos	Junto con los sensores, se requieren herramientas para analizar los datos utilizando varios algoritmos y aprendizaje automático para obtener información predictiva. Este es el núcleo de cualquier práctica de agricultura de precisión

Fuente: (Ratnaparkhi et al. 2020).

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

2.2.3 *Tipos de sensores agrícolas*

En la Tabla 2-3 se detallan los tipos de sensores agrícolas y sus respectivas definiciones.

Tabla 2-2: Tipos de sensores agrícolas

Tipos de Sensores	Definición
Sensores ópticos	Como su nombre indica, los sensores ópticos utilizan la luz para medir las propiedades del suelo. Pueden determinar el contenido de humedad, materia orgánica y arcilla en el suelo. Este tipo de sensor se instala en drones, robots y satélites. Hay una serie de sensores ópticos disponibles comercialmente que varían ligeramente entre sí en términos de propiedades y construcción
Sensores electromagnéticos	Los circuitos eléctricos se utilizan en sensores electromagnéticos para registrar datos sobre varios componentes como la textura del suelo, drenaje de agua, salinidad, nivel de materia orgánica, capacidad de intercambio de cationes, pH del suelo, etc. Se utilizan circuitos eléctricos para que la capacidad de carga pase o se acumule en él se registra el suelo. Los sensores electromagnéticos se pueden implementar en el suelo directamente (contacto) o estar completamente fuera del suelo (sin contacto)
Sensores acústicos	Un sensor acústico detecta el sonido. Estos sensores se utilizan comúnmente para la detección de plagas en el campo. Tienen nodos que deben colocarse en ubicaciones apropiadas en el campo si una plaga pasa por sus alrededores, el sonido puede detectarse fácilmente y notificarse al dispositivo conectado junto con su ubicación. Las plagas son un obstáculo que daña los campos y trae enfermedades a las plantas

Fuente : (Ratnaparkhi et al. 2020), (Pinheiro & Gusmao 2013).

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

2.2.4 Teoría de control

La teoría del control es un campo interdisciplinario de la ciencia que se encarga de influir en el comportamiento de los sistemas dinámicos. En general, cuando una o más variables de salida de un sistema necesitan seguir una determinada referencia a lo largo del tiempo, un controlador actúa sobre las entradas del sistema para obtener el efecto deseado sobre las salidas.

Una forma primitiva de implementar el control es el llamado control de lazo abierto, en el que no se utilizan medidas de las salidas del sistema para modificar las entradas; es decir, no se utiliza retroalimentación. En esta clase de controladores, las decisiones se toman a priori en base a heurística, conocimiento experto o modelo del sistema. Un caso particular de bucle abierto es la

estrategia de alimentación hacia adelante, en el que los controladores utilizan valores conocidos o estimados de perturbaciones futuras para compensar sus efectos de antemano. El principal inconveniente de openloop controladores es que no son capaces de reaccionar a los cambios en perturbaciones reales o en el sistema (Romero et al. 2012). En la

Figura 1-2 se resumen los tipos de sistemas de control.

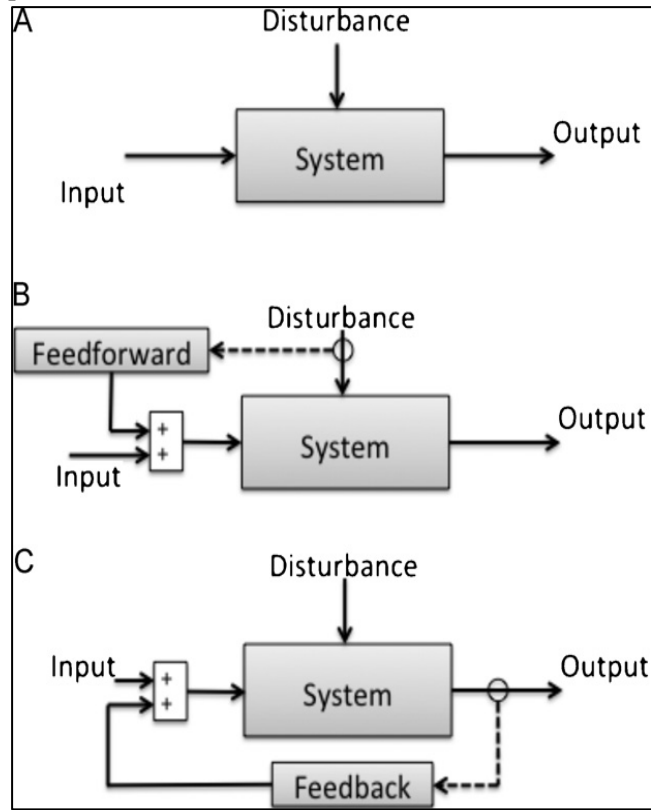


Figura 1-2: Tipos de sistema de control

Fuente:(Romero et al. 2012)

Los sistemas de control deben evaluarse para determinar su eficiencia en la consecución del objetivo, pero, en general, las leyes de control pueden mejorarse potencialmente al incluir un buen modelo del sistema, las llamadas estrategias basadas en modelos (Pannocchia, Laachi & Rawlings 2005).

2.2.5 Aplicabilidad de la teoría de control a las prácticas de riego

En general, el control automático se ha utilizado pocas veces en el riego. Las soluciones comerciales disponibles en el mercado requieren que la dosis de riego la proporcione el usuario. Solo entonces, pueden encender / apagar la bomba de riego y abrir o cerrar las válvulas para aplicar las dosis de riego a todos los sectores del huerto. Una técnica de riego popular para calcular la dosis de riego se basa en una estrategia feed-forward, que consiste en aplicar riego para reponer el agua utilizada por las plantas el día anterior, utilizando la evapotranspiración potencial del cultivo (ETc) o cambios en el contenido de agua del suelo. Este método es de hecho un controlador

de circuito abierto y, por lo tanto, presenta algunas limitaciones que pueden superarse mediante el uso de retroalimentación, modelos matemáticos e información adicional proporcionada por las mediciones de planta. Hay varios controladores automáticos comerciales (Acclima, Watermark, Rainbird, WaterWatcher) que regulan el contenido de agua del suelo (SWC) en función de las mediciones del sensor y, por lo tanto, funcionan como controladores de circuito cerrado. Estos controladores aplican riego cuando los sensores detectan que las medidas están por debajo de un cierto umbral predefinido hasta que se supera otro umbral predefinido (control on-off). Esta referencia se establece en general como un valor constante (es decir, 80% de la capacidad de campo, o una proporción relativa del agua fácilmente disponible). Estos sistemas comerciales han sido comparados por concluyendo que, cuando se define un umbral adecuado, todos estos sistemas tienen potencial de ahorrar agua en comparación con un tratamiento de riego tradicional basado en el tiempo. Los autores también demostraron que, incluso en condiciones de clima seco, la incorporación de sensores de lluvia como retroalimentación puede ahorrar cantidades sustanciales de agua de riego. La aplicación de una estrategia PID, aún no se ha considerado ampliamente en los controladores comerciales y podría aplicarse no solo para seguir un valor de contenido de agua del suelo de referencia constante como se mencionó anteriormente, sino también para seguir una trayectoria óptima de contenido de agua del suelo relacionada con las necesidades de agua de la planta. En general, puede ser difícil encontrar una trayectoria de SWC para maximizar los objetivos estándar (rendimiento, eficiencia del uso del agua, beneficio agrícola). (Romero et al. 2012).

2.2.6 Sistemas de riego por nebulización

Es un sistema de riego en el cual se encarga de expulsar agua en forma de neblina, a través de nebulizadores los cuales se encuentran colocados en la parte superior de los cultivos, contribuye a disminuir temperatura y mantener los niveles de humedad relativa. Además, proporciona un riego uniforme y el tamaño de la gota de agua no ocasiona ningún daño a los cultivos y no compacta el sustrato. Este sistema de riego es ideal para diferentes tipos de plantas. (Solis 2005)

2.2.7 Temperatura

Se define desde el área termodinámica como la unidad de medida del “calor” y el “frio”, aunque no es tan fácil exponer una definición exacta que logre abarcar todas las áreas donde esta tiene presencia, por ello se ajustara según el área que lo requiera para poder definirla de mejor manera y así poder tener un mejor entendimiento (Cengel & Boles 2012,p.17).

2.2.8 Humedad de suelo

La humedad del suelo es una variable ambiental importante que afecta los procesos hidrológicos relevantes para la agricultura y los estudios relacionados con el clima. Es uno de los principales impulsores de la productividad agrícola y sirve como indicador del estrés hídrico de los cultivos, lo cual es valioso para el monitoreo de sequías (Carranza et al. 2021).

2.2.9 *Arduino*

Es una familia de plataformas de micro computación, se considera un hardware de código abierto pronominal. Arduino se basa en un hardware fácil de usar (incluido el microcontrolador Atmel AVR y una interfaz de E / S simple) y un entorno de desarrollo de software, parcialmente destinado a usuarios no técnicos como artistas y diseñadores.

Cada detalle de la arquitectura del hardware está expuesto y su licencia es gratuita (publicada bajo GPL (Licencia Pública General Gnu) basada en el principio de copyleft). Varias versiones enviadas de Arduino están disponibles a un costo relativamente bajo. Algunos de los cuales se denominan hardware oficial y cuentan con la serie Atmel megaAVR como procesador central.

Notablemente, todos pueden crear su propio Arduino a voluntad; esto da como resultado varios clones a varios niveles de compatibilidad (Ishikawa & Maruta 2009).

En la figura 2-2 se puede apreciar el modelo de un arduino.

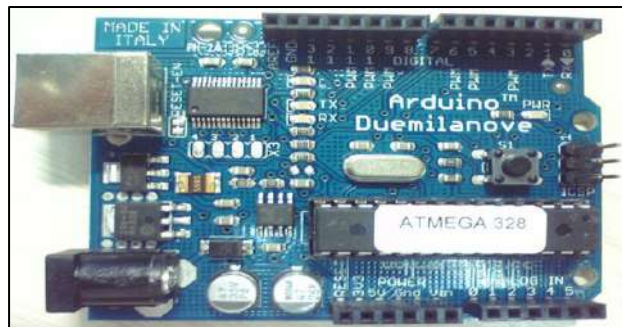


Figura 2-2: Arduino

Fuente: (Ishikawa & Maruta 2009)

2.2.10 *Sensor de humedad*

El sensor de temperatura y humedad DHT11 es un periférico económico fabricado por D-Robotics UK. Es capaz de medir la humedad relativa entre el 20 y el 90% de HR dentro del rango de temperatura de funcionamiento de 0 a 50 ° C con una precisión de $\pm 5\%$ de HR. La temperatura también se mide en el rango de 0 a 50 ° C con una precisión de ± 2 ° C. Ambos valores se devuelven con una resolución de 8 bits. Entre las características principales de este sensor se encuentran las siguientes:

- Se encuentra calibrado desde calibrado.
- Presenta una tensión de 3.5v-5.5v DC
- La humedad relativa que puede medir se encuentra entre 20%-95%.
- Presenta un margen de error 5%.
- La temperatura a la cual se registran los datos se encuentra entre 0 y 50 °C
- Presenta un margen de del error 2%.
- Resolución de temperatura y humedad en rangos de 1

(Andrade 2017)

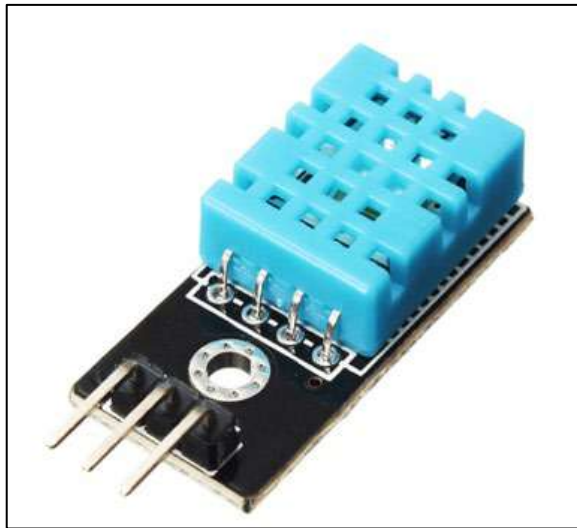


Figura 3-2: Sensor DHT11

Fuente:(Andrade 2017)

2.2.11 Sensor de humedad del suelo

Este tipo de sensor de humedad se encarga de registrar cada uno de los datos con respecto cantidad de humedad que se encuentra en suelo que lo rodea. Es un sensor es de baja tecnología, pero es funcional para el control de humedad en plantas.

El FC-28 es un sensor sencillo el cual se encarga de analizar la humedad del suelo por la variación de su conductividad. Las características presentes en este dispositivo son los siguientes:

- Sensibilidad ajustable ajustando el potenciómetro digital.
- Su Voltaje de operación se encuentra entre 3.3V ~ 5V
- Modo de salida dual, salida digital y salida analógica más precisa.

(Usuga & Pauwels 2008)

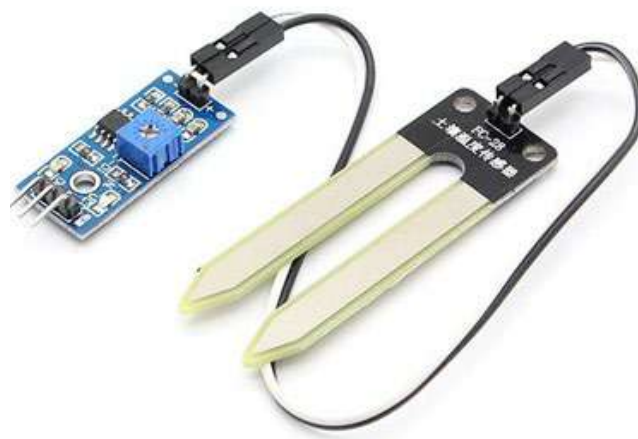


Figura 4-2: Sensor DHT11

Fuente:(Usuga & Pauwels 2008)

2.2.12 Modelos de control de líquido

Controlar el flujo de un líquido requiere de una serie de subsistemas, mismos que recién y entregan señales que representan las variables de proceso, señales que son suministradas por sensores.

2.2.12.1 Ecuaciones que rigen el modelado de un sistema de control de flujo

- **Válvula de entrada**

$$C_i(t) = K_1 \times P_e(t)$$

(Ec.1-2)

Donde:

$C_i(t)$ =Caudal de entrada

K_1 = constante que representa el caudal que pasa por la válvula

$P_e(t)$ =recorrido en grados de la válvula de entrada

- **Depósito de líquido**

$$C_i(t) - C_s(t) = A \times \frac{dH(t)}{dt}$$

(Ec.2-2)

Donde:

A =Representa el área del depósito de agua

$\frac{dH(t)}{dt}$ =Variación de la altura con respecto al tiempo

Con fundamento en estas ecuaciones se desarrolla un balance de flujos para un sistema de riego y poder establecer un sistema de control(Rodríguez 2013).

2.2.13 Caudal

Se define como flujo volumétrico a la cantidad de un fluido en unidades de volumen que transita en una sección por unidad de tiempo. A continuación, se muestran la ecuación que corrobora la definición de caudal volumétrico o flujo volumétrico(Mott 2006).

$$Q = A \times v$$

(Ec.3-2)

Donde:

A = área de la sección (m^2)

v = velocidad promedio de flujo (m^3/s)

2.2.14 Presión

Dentro de términos teóricos se define a la presión como la cantidad de fuerza que se ejerce sobre una determinada área de una sustancia, esta viene denotada por la siguiente ecuación misma que fue planteada por Blas Pascal científico francés(Mott 2006).

$$P = \frac{F}{A}$$

(Ec.4-2)

Donde:

F = Fuerza (N)

A = Área (m^2)

2.2.15 Bomba

El concepto de bombas es muy amplio, pero uno que mejor se ajusta es que este tipo de equipos se utilizan para impulsar líquidos a través de sistemas de tuberías, es así que para seleccionar un tipo de bomba de trabajo se debe realizar las siguientes consideraciones (Mott 2006).

- Naturaleza del líquido por bombear
- Capacidad requerida
- Condiciones del lado de succión de la bomba
- Condiciones del lado de descarga de la bomba
- Carga total sobre la bomba
- Tipo de sistema donde la bomba impulsa al fluido
- Tipo de fuente de potencia
- Limitaciones de espacio, peso y posición

- Condiciones ambientales
- Costo de adquisición e instalación de la bomba
- Códigos y estándares gubernamentales

2.2.15.1 Potencia de la bomba

Una vez determinado el punto de instalación, para calcular la potencia que debe comunicarse al fluido, se aplica un diferente balance entre cada uno de los puntos. La ecuación puede escribirse de la siguiente manera:

$$\frac{V_2^2}{2 \alpha_2} - \frac{V_1^2}{2 \alpha_1} + g(z_2 - z_1) + \frac{P_2 - P_1}{\rho} + \sum f = W$$

(Ec.5-2)

de donde se deduce el valor de W: energía por unidad de masa (J/kg) que precisa el líquido. La potencia que debe suministrar la bomba al fluido se calcula mediante la siguiente ecuación

$$P = mW(W)$$

(Ec.6-2)

Sin embargo, la potencia real que consume la bomba siempre será mayor porque al notificar esta energía al fluido en las partes móviles de la bomba se pierde cierta energía; también hay una pérdida al comunicar el motor eléctrico energía a las partes móviles y asimismo el motor no aprovecha toda la energía que consume de la red. De aquí que el consumo real de energía es bastante superior al que se ha deducido de la ecuación anterior (al que se denomina "teórico"). Para calcular la potencia real que se va a consumir es necesario conocer el rendimiento total de la bomba y el del motor eléctrico que la impulsa. (I. Martín, R. Salcedo 2011)

$$Pot_{real} = \frac{Pot_{teorica}}{n_t}$$

(Ec.7-2)

Sin embargo, es común que el fabricante de bombas proporcione únicamente el rendimiento de la bomba, ya que no suministra la misma con un motor dado, y se les puede acoplar distintos motores. Lo que no es frecuente es que el fabricante proporcione separadamente el rendimiento mecánico y el rendimiento hidráulico. (I. Martín, R. Salcedo 2011)

2.2.16 Cavitación

Es un fenómeno debido al mal funcionamiento de una bomba esto se ocasiona por la disminución de presión y algunas veces se puede generar vacío dentro de la misma, produciéndose vapor a partir del líquido que está fluyendo, con lo cual se perderá cierta eficiencia y por tal motivo se puede generar un daño en la bomba. Para que una bomba no Cavite tiene que ser siempre positivo, además que la altura dinámica de succión (h_s) debe ser mayor que la carga de presión (P_v) presente en esta línea, cuando h_s se acerca a la P_v tiende a cavitarse la bomba

$$CNPA = Z_s + \left[\frac{(P_s - P_v)}{\rho * g} \right] - h_{fs}$$

(Ec.8-2)

2.2.17 Principio de Bernoulli

Define una forma de energía que posee un fluido por unidad de peso del fluido que se mueve en el sistema. Es así que la ecuación toma en cuenta los cambios en la carga de elevación, carga de presión y carga de velocidad entre dos puntos de un determinado sistema de flujo, dentro de este contexto es necesario puntualizar que la ecuación de Bernoulli es válida solo para fluidos incompresibles, porque supone que el peso específico del fluido es el mismo en las dos secciones de interés (Mott 2006).

$$\frac{P_1}{\gamma} + z_1 + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{P_2}{\gamma} + z_2 + \frac{v_2^2}{2g} + \sum h_f, h_m$$

(Ec.9-2)

2.2.18 Potencia hidráulica

Se define en términos generales como la relación entre la energía de flujo que proporciona la bomba y el tiempo que la misma ha estado en operatividad para transmitir dicha energía (Mott 2006). Se suele denotar la potencia hidráulica como:

$$P_h = P \times Q$$

(Ec.10-2)

Donde:

P = Presión del fluido (Pa)

$Q = \text{Caudal (m}^3/\text{s)}$

- Régimen laminar: Es un tipo de fluido en el cual predominan los esfuerzos correspondientes a la viscosidad medidos por el número de Reynolds.
- Transición: Influye de manera simultánea el número de Reynolds y la rugosidad.
- Turbulento: Cuando los esfuerzos debidos a la viscosidad son despreciables frente a las fuerzas de inercia, el movimiento del fluido es errático y desordenado.

(Mec & Fluidos [sin fecha])

2.2.19 Ecuación de Hazen-Williams

La ecuación de Hazen-Williams, es una fórmula empírica, por tal motivo se puede decir, que es una correlación experimental, que se utiliza para el cálculo de la pérdida de carga en una tubería. Como se puede apreciar, esta ecuación es muy sencilla, sin embargo, sólo es aplicable bajo condiciones muy especiales del flujo bajo condiciones de flujo turbulento, y únicamente para el agua (Mec & Fluidos [sin fecha])

$$h_f = 1.21 * 10^{10} * L * \left(\frac{Q}{C}\right)^{1.852} * d^{-4.287}$$

(Ec.11-2)

Donde:

- h_f =Pérdida por carga de rozamiento
- $C = \text{Factor de fricción}$
- L = Longitud de tuberías
- d =Diámetro interior
- Q = Caudal

2.2.20 Alturas dinámicas

Esta se da en base al líquido que se encuentra presente en una tubería siempre y cuando exista dentro de su interior movimiento (Garrido 2016), entre estas tenemos:

2.2.20.1 Altura Dinámica de Succión

Esta altura se la puede definir como la sumatoria de la altura estática de succión más la carga de presión, menos la carga de pérdidas por fricción que se encuentre dentro de la línea de analisis (Garrido 2016), es decir

$$h_s = Z_s + \left[\frac{P_s}{p * g}\right] - h_{fs}$$

(Ec.12-2)

Donde:

- h_s = Altura dinámica de succión
- Z_s = Altura estática de succión
- P_s = Presión presente en la succión
- ρ = Densidad del líquido
- g = Gravedad
- h_{fs} = Pérdidas por fricción de succión

2.2.20.2 Altura Dinámica de Descarga

Se la define como la sumatoria de la altura estática de descarga más la carga de presión, más la carga de pérdidas por fricción que se encuentre en esta línea (Garrido 2016), es decir

$$h_d = Z_d + \left[\frac{P_d}{\rho \cdot g} \right] - h_{fd}$$

(Ec.13-2)

Donde:

- h_d = Altura dinámica de descarga
- Z_d = Altura estática de descarga
- P_d = Presión presente en la descarga
- ρ = Densidad del líquido
- g = Gravedad
- h_{fd} = Pérdidas por fricción de descarga

2.2.20.3 Altura Dinámica Total

Es la diferencia entre la altura dinámica de descarga y la altura dinámica de succión y es la carga necesaria que se debe proporcionar al fluido para que este se mueva de un punto a otro (Garrido 2016). Así tenemos:

$$h_T = h_d - h_s$$

(Ec.14-2)

$$h_T = Z_d + \left[\frac{P_d}{\rho \cdot g} \right] - h_{fd} - Z_s + \left[\frac{P_s}{\rho \cdot g} \right] - h_{fs}$$

(Ec.14-2)

$$hT = [Zd - Zs] + \left[\frac{(Pd - Ps)}{\rho \cdot g} \right] + [hfd + hfs]$$

(Ec.15-2)

2.2.21 Diagrama P&ID

Un P&ID muestra información sobre tuberías, accesorios, equipo, instrumentación y planta de proceso en una disposición representativa y secuencial sobre la base de trayectorias de flujo de producto. El diseño de P&ID no necesariamente reflejan arreglos físicos. Un P&ID no se dibuja a escala. Cuando las elevaciones hidráulicas y los niveles del equipo son importantes para el proceso, esta información. Cuando se requieran múltiples P & ID, el diseño será lógico y secuencial en todos los dibujos y la ruptura entre los dibujos u hojas se basará en las áreas de planta o proceso (SA 2015)

Por tal motivo se lo define como el conjunto de figuras y diagramas que sirven para mostrar la interconexión de equipos de proceso e instrumentos utilizados para el control de un determinado proceso, para optimizar tiempos de operación (Corripio 2014).

En la Figura 3-2 se puede observar un esquema P&ID.

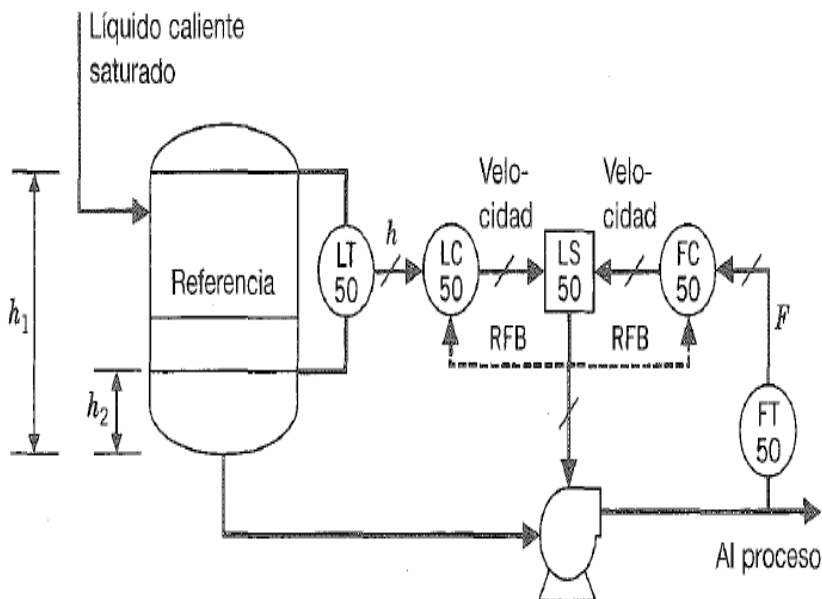


Figura 5-2: Esquema de P&ID control de flujo

Fuente:(Corripio 2014)

Todo el proceso del sistema se presenta al ingeniero con los símbolos, el proceso y los detalles de las tuberías. Todos los equipos principales tienen su disposición relativa en el proceso con monitoreo y control de parámetros importantes con las redundancias requeridas basadas en la criticidad.

2.2.22 Designación de flujo del proceso

La dirección del flujo de las principales corrientes de proceso será, cuando sea posible, de izquierda a derecha. Los flujos deben tener P & ID a los lados, no en la parte superior o inferior. Los flujos de proceso, tuberías o equipos existentes se mostrarán en un peso ligero, roto o línea punteada. Además, los P & ID deben mostrar las corrientes de proceso primarias, las tuberías o el equipo en un sólido y pesado. tipo de línea ponderada: identifica claramente el proceso principal. Los flujos de proceso que salen o ingresan a dibujos u hojas deben tener una "etiqueta de flujo de proceso" al costado del dibujo que indica la dirección del flujo, así como el texto que describe la fuente y / o el destino del arroyo (SA 2015)

2.2.23 Formato de etiqueta de flujo de proceso

Las etiquetas de flujo de proceso deben contener la siguiente información según corresponda:

- Código de fluido o descripción con origen o destino
- Nombre y número del equipo
- Número del dibujo de origen o destino

(SA 2015)

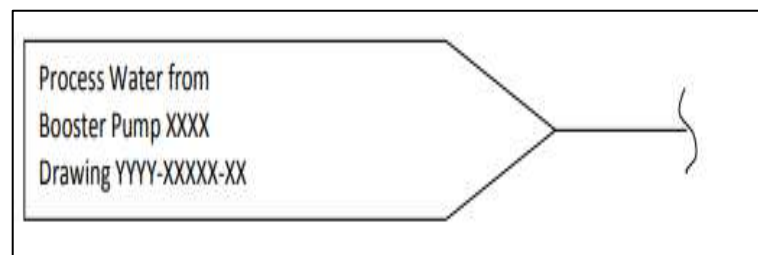


Figura 6-2: Formato de etiqueta de flujo de proceso típico para el flujo de proceso entrante

Fuente:(SA 2015)

2.2.24 Código de designación de tuberías

La designación de la tubería debe tener la forma: DIAM-FLU-MATL-XXX

Dónde:

- DIAM es el tamaño de la tubería, ya sea nominal o real
- FLU es el código de fluido para el fluido contenido según el dibujo estándar 4003-00001-02
- MATL es el código de material de la tubería según el dibujo estándar 4003-00001-02
- XXX es el número de línea

(SA 2015)

2.2.25 Código de designación de equipo

La designación del equipo tendrá la forma: EQPT-LOCN-XXX

dónde:

- EQPT es la abreviatura del título del equipo o de la válvula que a menudo incluye el identificador de fluido y puede ser específico del proyecto
- LOCN es el código de ubicación (letras o números): se refiere a la ubicación del equipo dentro de una planta de tratamiento, por ejemplo, no en una ubicación geográfica / municipio, y es opcional dependiendo del tamaño y complejidad de la planta
- XXX es el número de equipo
(SA 2015)

2.2.26 Instrumentación

Los nombres y símbolos de los instrumentos deben estar de acuerdo con el dibujo estándar 4003-00001-01. Los instrumentos se pueden designar y numerar con respecto a la ubicación según corresponda. Los instrumentos agregados a una ubicación particular se incrementarán numéricamente a partir de los instrumentos existentes en esa ubicación.

La numeración de los instrumentos tendrá la forma: INST-LOCN-XXX

dónde:

- INST es la abreviatura del título del instrumento
- LOCN es el código de ubicación
- XXX es el número de instrumento
(SA 2015)

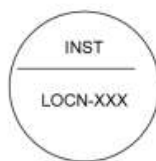


Figura 7-2: Símbolo de identificación de instrumento típico

Fuente:(SA 2015)

2.2.27 Símbolos de interconexión

La norma sobre interconexiones especifica el tipo de símbolos que se utilizarán para representar los distintos tipos de conexiones en una planta de procesamiento. La lista de símbolos asignados para las conexiones de la línea de instrumentos se muestra en la Figura 8.2. Las líneas de interconexión pueden ser líneas sólidas en negrita, que se utilizan para representar las líneas primarias utilizadas para el proceso. flujo de producto y líneas estrechas y sólidas, que se utilizan

para representar flujos secundarios, como vapor para calefacción o suministros eléctricos. Un símbolo de línea de señal no está definido, y se puede asignar a discreción del usuario para una conexión especial no cubierta por cualquiera de los símbolos de interconexión asignados. Las líneas de señal binaria se pueden utilizar para señales digitales o señales de pulso. Las líneas de señal neumática pueden representar cualquier gas utilizado para la transmisión de señales, y el gas puede especificarse junto a la línea. Las líneas electromagnéticas pueden ser cualquier onda electromagnética, como la luz, la nuclear o las frecuencias de radio (Dunn 1998)

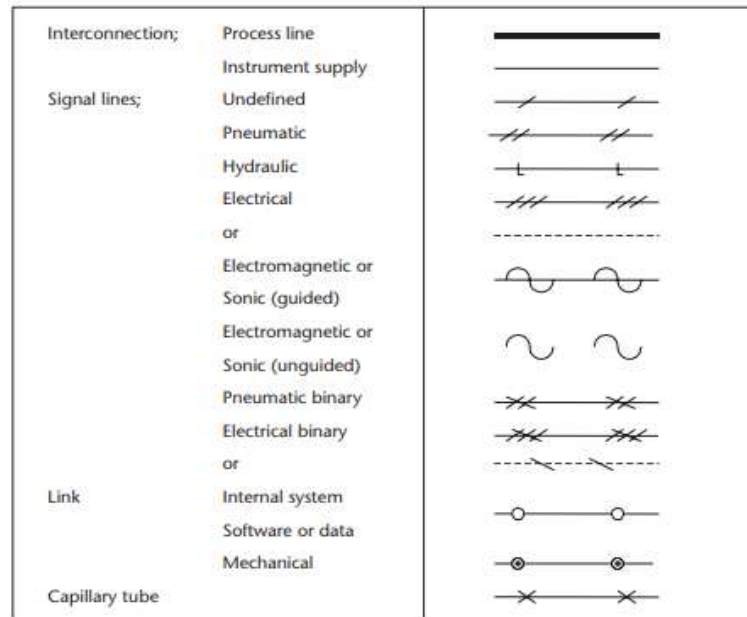


Figura 8-2: Símbolos para la interconexión de líneas de instrumentos

Fuente:(Dunn 1998)

2.2.28 Identificación funcional

Todos los instrumentos y elementos se identificarán según su función, y contienen los números de bucle. Las letras son una forma abreviada de indicar el tipo de instrumento y su función en el sistema. Normalmente, se utilizan dos o tres letras. La primera letra identifica la variable medida o iniciadora, la segunda letra es una modificadora, y las letras restantes identifican la función. La tabla 3.2 define algunos de los significados de las letras del instrumento asignadas.

Tabla 3-2: Abreviaturas de líneas de flujo secundarias

Abreviaturas de líneas de flujo secundarias	
AS Air Supply	HS Hydraulic Supply
IA Instrument Air	NS Nitrogen Supply
PA Plant Air	SS Steam Supply
ES Electric Supply	WS Water Supply
GS Gas Supply	

Fuente :(Dunn 1998).

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

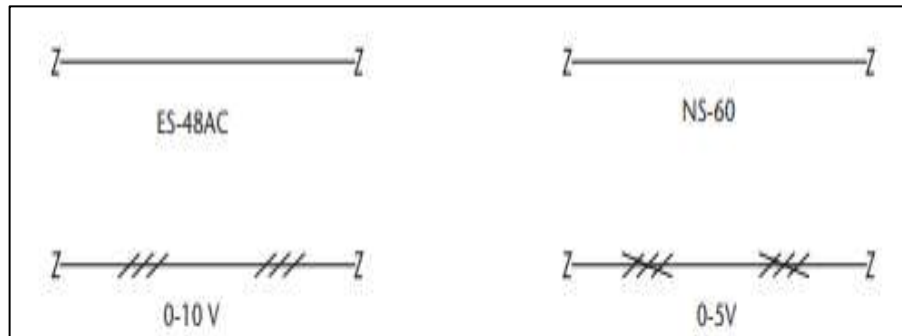


Figura 9-2: Método para indicar el contenido de una línea

Fuente :(Dunn 1998)

En los dibujos de la figura 10-2, se utiliza un círculo para indicar un discreto función de instrumentación o control solo se puede acceder mediante funciones de control o cálculo en el sistema de control y por lo tanto no se mostraría en la documentación como directamente accedido por el operador. Sin embargo, el control o cálculo asociado La función a la que accede el operador incluiría una línea horizontal (Blevins & Nixon 2010)

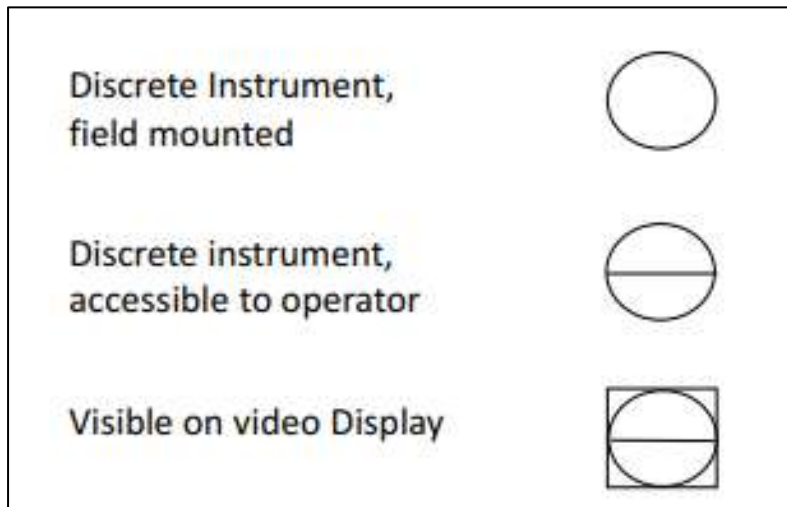


Figura 10-2: Instrumentación general o función de símbolo

Fuente :(Blevins & Nixon 2010)

2.2.29 Instrumentación válvulas

Dibujar el cuerpo de la válvula, así como el actuador de la válvula y la función del posicionado en la documentación del sistema de control. La mayoría de tipos de válvulas se tratan en esta norma. Sin embargo, la empresa de ingeniería que está diseñando una planta de proceso puede haber adoptado alguna variación de lo que es mostrado en ISA-5.1. En tales casos, es una práctica común para los ingenieros firma para proporcionar un dibujo que explique las funciones de

símbolo incluidas en su documentación. Además, en algunos casos, una representación general de la válvula es utilizado en lugar de diferentes representaciones para una válvula rotativa o deslizante válvula de vástago. Generalmente, se mostrará un amortiguador del símbolo de válvula para indicar la regulación del flujo de aire o gas a una caldera o un proceso similar como un horno o calentador. Un símbolo de actuador especial está definido por el estándar para actuadores motorizados. Los actuadores motorizados se utilizan en algunos segmentos de la industria porque en caso de pérdida de potencia, se mantiene la última posición de la válvula. Además, se puede lograr una mejor resolución utilizando un actuador motorizado para una aplicación específica, como la válvula de peso base que se usa para regular el material grueso. En la figura 11-2 se muestran la representación de las válvulas (Blevins & Nixon 2010)

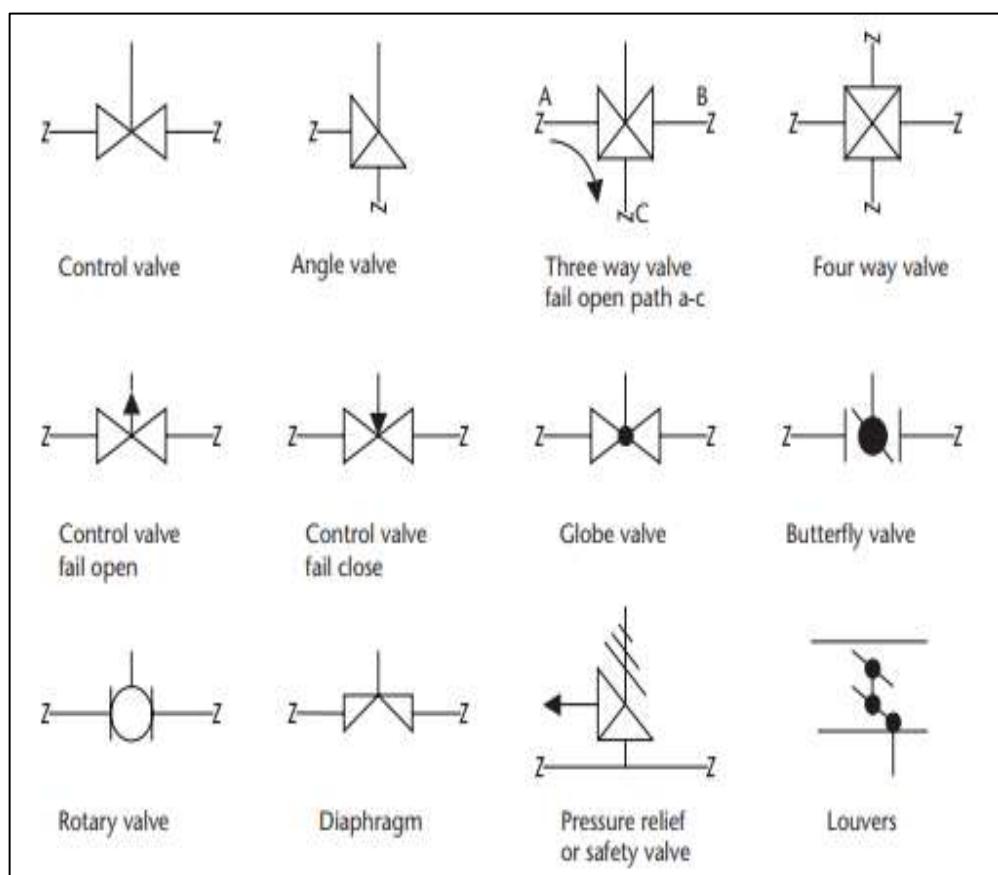


Figura 11-2: Símbolos de válvulas y amortiguadores

Fuente:(Dunn 1998)

2.2.30 *Simbolismo letras*

El sufijo se considera cuando se tienen varios instrumentos del mismo tipo, dentro del mismo lazo. Para la identificación de estos simbolismos existen tablas donde se indica la letra correspondiente para cada instrumento de control. Cabe destacar que cada una de estas letras estará en base al sistema de representación por parte de la Ingeniería, esto dependerá mucho del proceso a analizar dentro de una industria

A continuación, se presenta la tabla 4-2 para la determinación de la primera y segunda letra (Dunn 1998)

Tabla 4-2: Letras de identificación de instrumentos

	Tabla 1		Letras de Identificación		
	Primera Letra		Letras sucesivas		
	Medida o variable inicial	Modificador	Lectura o función pasiva	Función de salida	Modificador
A	Análisis		Alarma	Opción usuario	Opción usuario
B	Arder, Combustion		Opción usuario		
C	Opción usuario				
D	Opción usuario	Diferencial			
E	Voltaje		Sensor elemento primario		
F	Razón de flujo	Razón fracción	Vidrio, dispositivo		
G	Opción Usuario				
H	Manual				High
I	Corriente		Indicador		
J	Potencia	Scan		Estación control	
K	Tiempo				
L	Nivel		Luz		Low
M	Opción Usuario	Momentáneo		Opción usuario	
N	Opción Usuario		Opción de usuario		
O	Opción Usuario		Orificio, restricción		
P	Presión, vacación		Punto		
Q	Cantidad, Caudal	Integrador, totalizador			
R	Radiación		Registro		
S	Velocidad, Frecuencia	Seguridad		Switch	
T	Temperatura			Transmisor	
U	Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V	Vibración, análisis mecánico			Valvula damper	
W	Peso, fuerza			No clasificado	
X	No clasificada	Eje x	No clasificado		No clasificado
Y	Evento, estado, presencia, posición, dimensión	Eje y		Rele, computador, convertidor	
Z		Eje z		Actuador	

Fuente : (Dunn 1998).

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

CAPÍTULO III

3 METODOLOGÍA

El presente trabajo de integración curricular tiene como fin la implementación un sistema de control automático de temperatura, humedad y riego de un vivero utilizando la tecnología IOT. En la Fig 1-3 se especifican los pasos a seguir para la ejecución del mismo.

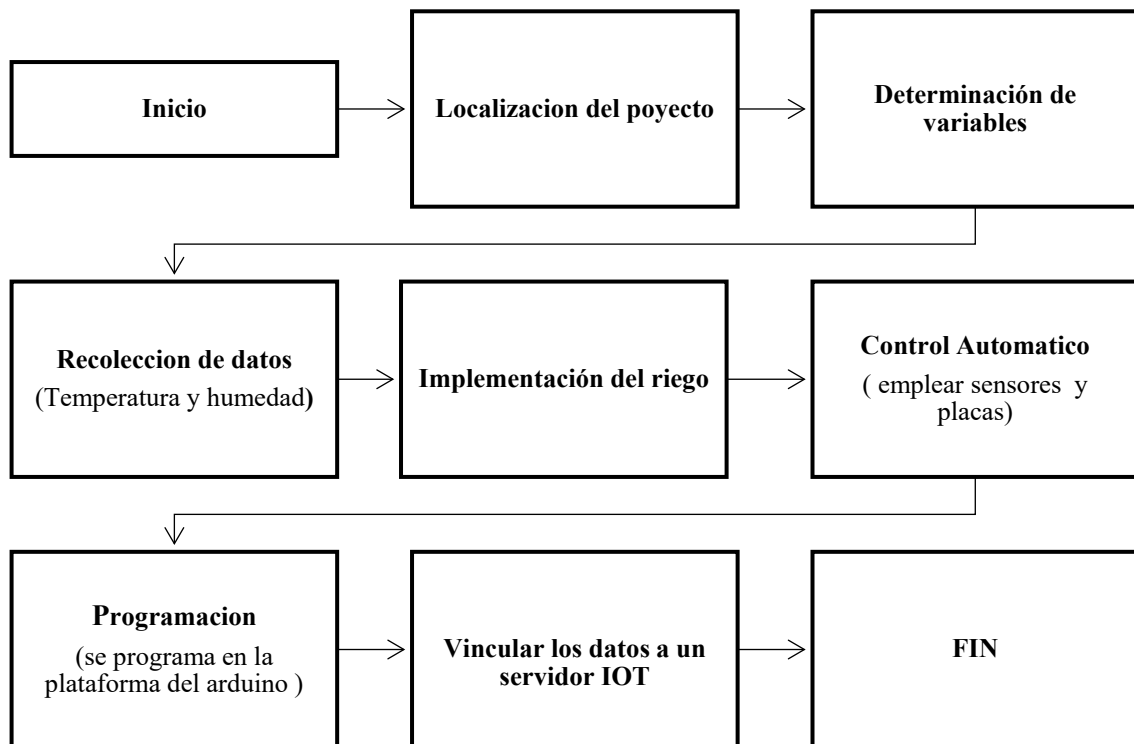


Figura 1-3: Metodología del trabajo

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

3.1 Localización del proyecto

El Trabajo de Integración Curricular pretende ser implementado en un vivero de la ciudad de Riobamba, cuyas características geográficas se muestran en la Tabla 1-3.

Tabla 1-3: Características geográficas del vivero

UBICACIÓN	Febres Cordero entre tarqui y 5 de junio, Riobamba
LATITUD	-1.669727133978881
LONGITUD	-78.64435278543282
ALTITUD	2850 m. s. n. m.
CLIMA	Temperatura: 17°C-23°C
	Humedad: 68%

Fuente: Google maps

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

En la Figura 2-3 se encuentra la ubicación geográfica de la ciudad de Riobamba provincia de Chimborazo.

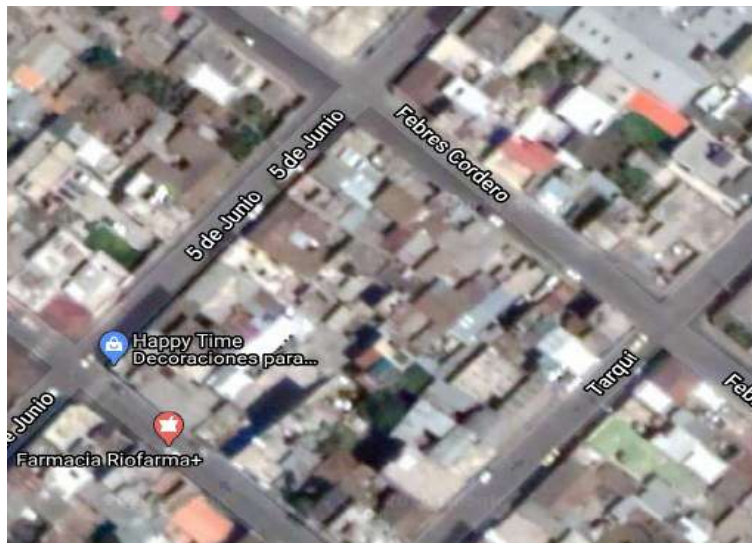


Figura 2-3: Ubicación geográfica de la ciudad de Riobamba

Fuente: Adaptado de Google Earth (2021)

3.2 Determinación de variables

Para la realización del proyecto de integración curricular que tiene como fin la implementación un sistema de control automático se tomaron en cuenta tres variables:

- Humedad
- Temperatura
- pH

Tabla 2-3: Operacionalización de variables

Variables	Tipo de variable	Definición conceptual	Indicadores	Instrumentos
Humedad	Dependiente	La humedad del suelo de es una variable ambiental importante que afecta los procesos hidrológicos.	Se encarga de registrar la humedad del ambiente como la de cada una de las plantas	<ul style="list-style-type: none">• Soil survey instrument• Sensor FC-28 higrómetro
pH	Dependiente	El pH es una unidad de medida que describe el grado de acidez o alcalinidad de un solución	Se encarga de registrar la cantidad de pH registrado en cada una de las plantas	<ul style="list-style-type: none">• Soil survey instrument
Temperatura	Dependiente	Se define desde el área termodinámica como la unidad de medida del “calor” y el “frio”,	Se encarga de registrar la temperatura del ambiente del vivero como cada una de las plantas	<ul style="list-style-type: none">• Soil survey instrument• Sensor DHT11

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021

3.3 Recolección de datos

Para recolectar los datos de temperatura y humedad de las plantas se utilizó un soil survey instrument, el cual posee una sonda sensible de 200mm, a su vez sensores de luz los cuales proporcionan 5 unidades de resultados. La temperatura se puede medir tanto en °F como en °C, mientras que en la medición del pH del suelo se puede proporcionar hasta 12 niveles y en la medición de humedad se puede registrar datos hasta de 5 niveles. Estos datos fueron recolectados como un análisis previo para establecer las condiciones en las cuales se ejecutará la programación para el control automático. Los factores como el pH y la temperatura del suelo intervienen de manera esencial en el crecimiento de las plantas

3.4 Implementación del riego

Para La implementación del riego es necesario desarrollar esta serie de pasos:

a) Estudio del terreno

De acuerdo al estudio del terreno que se realizó tenía las siguientes medidas: 9 m de largo y 4 m de ancho.

b) Distribución

De acuerdo al tamaño del terreno se procede a la distribución de tuberías dentro del vivero, empleando elementos como codos, T, y a su vez dos electroválvulas, las cuales fueron seleccionadas de acuerdo la presión, el caudal la temperatura y el voltaje.

c) Implementación

Una vez que se tome en cuenta cada uno de estos factores se procedió a implementar un riego con 15 nebulizadores, utilizando un tipo de riego localizado en distintas zonas del vivero para una mejor distribución del riego, evitando la pérdida de grandes cantidades de agua.

3.5 Control Automático

El control automático se desarrolla de la siguiente manera:

- Se utilizó la placa Esp32 y la una nodemecu8266, estas placas ya vienen soldadas a un arduino, pero a su vez incorporan la tecnología IOT. La ESp32 es la placa principal se encarga de leer los sensores tanto de temperatura como humedad, tiene habilitado 8 entradas analógicas y se usan 4 para conectar la plataforma IOT y al arduino, envía dobles datos, uno va a la aplicación y el otro a la misma tarjeta, a su vez posee una entrada digital que controla el de la temperatura. También maneja el display, este se maneja por una placa intermediadora llamada Esp2, lo que hace esta placa es que a partir de la placa principal permite manejar los 4 pines.
- Mientras que la tarjeta nodemecu8266 se encarga de recoger los datos de la Esp32 y procesa todos los datos, se conecta a las electroválvulas. Todo el circuito está alimentado por la placa de voltaje, tiene 35v como máximo y mínimo 3,3 está regulado para que vote 5v, esto alimenta todo el sistema tiene una toma de 110v que va a una toma corriente y de este se distribuye en los dos circuitos y las electroválvulas.
- Para el cableado de los sensores de humedad en el suelo se tomó en cuenta la caída de voltaje, corriente y longitud. usando el cable utp, y para la instalación eléctrica que permita el contacto del sistema de control automático en todo el vivero se utilizó cable gemelo #18.

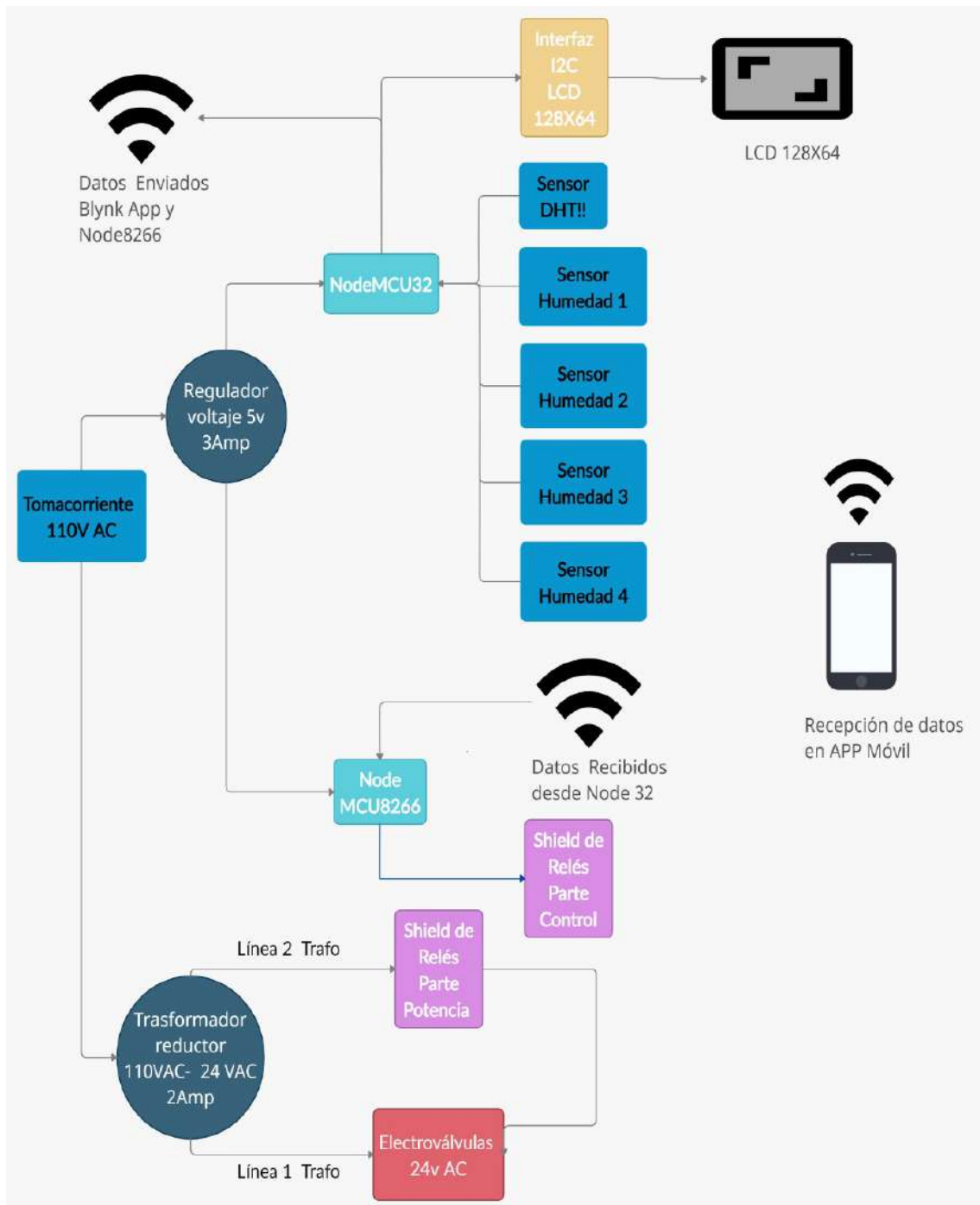


Figura 3-3: Diagrama de conexiones eléctricas

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021

3.6 Programación

Para la parte de la programación en la plataforma de arduino se utilizó un lenguaje de programación tipo C, estableciendo las condiciones de operación del proceso. Se realizaron dos programaciones una para las electroválvulas y otra para los sensores, donde se en cuenta la intervención de ciertas librerías en el programa, dentro de las cuales se tiene las siguientes:

- Librerías utilizadas para la programación de electroválvulas

- ESP8266WiFi.h: Esta librería se encarga de la comunicación IOT, es necesario a su vez vincular la programación con la red wifi presente en el lugar, para lo cual se utilizó un router amplificador de señal, ingresando de esta forma al arduino char ssid[] = "Roberto Villarreal" siendo esta la red wifi y char pass[] = "Rv1400091615*"; siendo esta la contraseña de la red
- BlynkSimpleEsp8266.h librería encargada de la vinculación de datos IOT con la aplicación blynk, para la vinculación es necesario tener en cuenta el código que se genera en la app, el cual es el siguiente p6mAzhFUZY9P3_0XLelEqjd24sb7yxfc

Para el encendido de las electroválvulas se analizó los valores registrados por parte de los sensores donde, por ejemplo

```
value1 = param.asInt(); // pinData variable will store value that came via Bridge

if (modo == 1)

if (value1 < 60)
```

Esto significa que, si el valor de humedad es menor que 60 esta se activa, esto dependerá de los parámetros tomados en cada planta.

- Librerías utilizadas para la programación de los sensores
 - WiFiClient.h, esta librería se encarga de vincular los datos registrados con relación a la red wifi del cliente, es necesario para en esta parte vincula la red de la misma manera que se hizo en la otra programación teniendo así char ssid[] = "Roberto Villarreal" siendo esta la red wifi y char pass[] = "Rv1400091615*"; siendo esta la contraseña de la red
 - BlynkSimpleEsp32.h, librería encargada de la comunicación IOT, de los datos registrados de la humedad y temperatura en la aplicación Blynk, donde es necesario receptor el código generado en la app el cual es el siguiente UiWaTGvAQ-MYalL-BLvy826XN1-3XUh7
 - DHT.h, esta librería es la encargada para la lectura de los sensores, para lo cual es necesario posteriormente definir cada variable de acuerdo al sensor
 - Wire.h, esta librería permite comunicarse con varios dispositivos en este caso las placas.
Teniendo así una comunicación I2C
 - LiquidCrystal_I2C.h, esta librería es la que permite la visualización de los datos en el display, facilitando de esta forma la programación.

En esta parte se consideró a su vez los valores que se registren en base a la temperatura ambiente

En la figura 3 se puede observar la programación del arduino.



Figura 3-4: Programación del arduino

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

3.7 Vincular los datos a un servidor IOT

Una vez que el arduino haya sido programado se vincula a un servidor IOT, en el cual se recopila los datos del riego cada vez que este sea empleado. En la Figura 3- se puede apreciar los datos del riego.

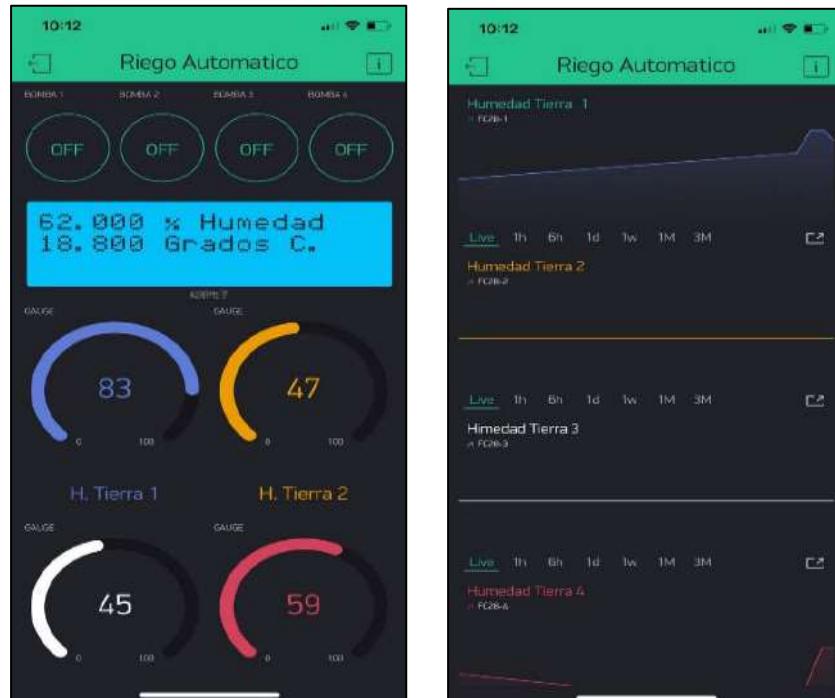


Figura 3-5: Datos del riego cuando se emplean vinculados a un servidor IOT

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

CAPÍTULO IV

4 GESTIÓN DEL PROYECTO

4.1 Cronograma

En la Tabla 1-4 se describe el cronograma de actividades.

Tabla 1-4: Cronograma del proyecto

ACTIVIDAD	MESES																											
	Noviembre				Diciembre				Enero				Febrero				Marzo				Abril							
	SEMANAS																											
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4				
Revisión Bibliográfica	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Elaboración del anteproyecto			■	■	■	■	■	■																				
Determinación de variables							■	■	■	■	■	■																
Diseño del sistema de control automático											■	■	■	■	■	■												
Desarrollo del sistema de riego y programación													■	■	■	■												
Modelado matemático del sistema															■	■	■	■	■	■								
Elaboración del diagrama P&ID															■	■	■	■	■	■								
Estudio técnico y económico									■	■	■	■	■	■	■	■												
Redacción del trabajo final			■	■	■	■	■	■							■	■	■	■	■	■								
Revisión del documento					■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■	■								
Auditoría Académica																			■	■	■	■	■	■				
Defensa de resultados																									■	■		

Realizado por: Villarreal, Andrés., 2021

4.2 Presupuesto

En la Tabla 2-4 se describen los costos del proyecto.

Tabla 2-4: Presupuesto del proyecto

PRESUPUESTO			
ACTIVIDAD	MONT O	FUENTE DE FINANCIAMIENTO	
		INTERN A	EXTERNA
Instalación de sistema de riego	\$60	X	
Electroválvulas	\$150	X	
Arduino	\$45	X	
Sensores	\$25	X	
Equipos electrónicos	\$50	X	
Módulo IOT	\$10	X	
Otros instrumentos	\$35	X	
Servicio de agua potable	\$40		X
Internet	\$120		X
Impresión del documento final	\$40	X	
Copias e impresiones adicionales	\$10	X	
Empastados	\$40	X	
Imprevistos	\$30	X	
TOTAL	\$645		

Realizado por: Villarreal, Andrés., 2021

4.3 Recursos humanos y materiales

4.3.1 Recursos Humanos

En la Tabla 3-4 se detallan al autor y docentes que participaron en la realización del proyecto de integración curricular.

Tabla 3-4: Recursos Humanos

Talento humano	Descripción
Andrés Villarreal	Estudiante que desarrolla el proyecto titulado “Diseño de un sistema de control automático de la temperatura, humedad y riego de un vivero utilizando tecnología IOT”
Ing. Darío Guamán Ing. Adrián Rodríguez	Docentes de apoyo en la revisión y corrección del proyecto

Realizado por: Villarreal, Andrés., 2021

4.4 Resultados

4.4.1 Balance y Modelo matemático

En la figura 1-4 se puede observar el diagrama para el balance, el cual posee una bomba, la válvula de compuerta a partir de esto se tiene un caudal Q_1 , el cual se distribuye a lo largo de las 4 tuberías. En cada una de estas tuberías se encuentran accesorios como son las electroválvulas, nebulizadores. Teniendo como resultado una salida de caudal en cada uno de los puntos. Para un mejor análisis dentro del balance se dibujó la siguiente figura.

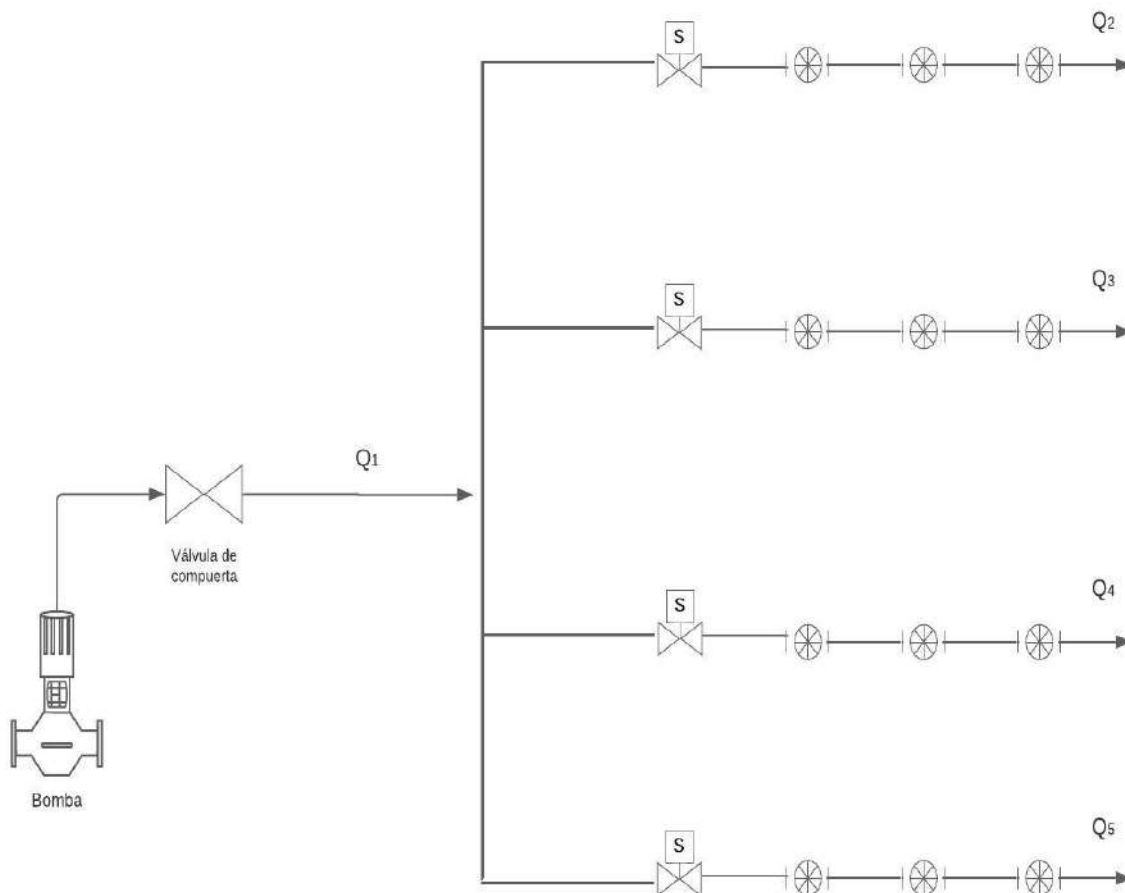


Figura1-4: Diagrama para el Balance

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021

BALANCE GLOBAL DEL SISTEMA DE TUBERÍA

$$Q_{\text{entrada}} = Q_{1\text{salida}} + Q_{2\text{salida}} + Q_{3\text{salida}} + Q_{4\text{salida}}$$

Para ampliar el balance se considera la densidad del fluido, es así que la densidad del agua es constante en todas las líneas del sistema

$$\rho Q_{\text{entrada}} = \rho Q_{1\text{salida}} + \rho Q_{2\text{salida}} + \rho Q_{3\text{salida}} + \rho Q_{4\text{salida}}$$

$$\rho Q_{\text{entrada}} = \rho(Q_{1\text{salida}} + Q_{2\text{salida}} + Q_{3\text{salida}} + Q_{4\text{salida}})$$

Donde se define al flujo másico como:

$$\dot{m} = \rho * Q$$

ρ = densidad (Kg/m³)

Q =caudal(m³/s)

\dot{m} =Flujo másico (Kg/s)

De esta manera la ecuación queda expresada en función del flujo másico

$$\dot{m}_{\text{entrada}} = \dot{m}_{1\text{salida}} + \dot{m}_{2\text{salida}} + \dot{m}_{3\text{salida}} + \dot{m}_{4\text{salida}}$$

Análisis para la línea 1

Perdida de carga por fricción en la línea 1

Para el desarrollo de cálculos de pérdidas por fricción y por accesorios en el sistema de riego se hace uso de la

$$H_L = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 1}$$

$$\text{la } H_{Lm} = K * \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2}$$

El diámetro de las tuberías del sistema de riego, se tomar en base a la tubería principal la cual se encontraba previamente incorporada, esta tubería tiene ¼ de pulgada. Los accesorios presentes en el sistema de riego son los mismo en cada uno de los puntos. Teniendo así los siguientes

- Nebulizadores k=0.4
- Válvula compuerta k=0.14
- Tubería PVC k=0.008
- Electroválvula k=0.7

$$H_L = f * \frac{L}{D} * \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 1}$$

f para PVC=0.008

$$H_{L1} = 0.008 * \frac{(6 + 5 + 10 + 6)}{(0.00635)} * \frac{V^2}{2(9.8)}$$

$$H_L = 1.735 V^2$$

$$V = \sqrt{0.5763H_{L1}}$$

El cálculo de las pérdidas por fricción se realiza en cada uno de los puntos o ramales del sistema de riego, esta variable se define en función del factor de fricción de la tubería en este caso del PVC, se define el tramo o línea de estudio para la determinación de su longitud y diámetro de tubería el que será constante en toda la red de riego. Por el desconocimiento de la velocidad del fluido en esta línea se lo deja planteado para su posterior desarrollo con la ecuación de Bernoulli.

Perdidas por accesorios

$$H_{Lm} = K * \frac{V^2}{2g} \quad \text{Ecuación 2}$$

$$H_{Lm} = (0.10 + 0.10 + 0.90 + 0.7 + 3(0.4)) * \frac{V^2}{2(9.8)}$$

$$H_{Lm1} = 0.1530V^2$$

$$V = \sqrt{6.5359H_{Lm1}}$$

El análisis de pérdidas secundarias se lo llevo a cabo considerando cada una de las constantes de perdida de los accesorios que componen la línea de estudio.

$$Q = \frac{D^2 * \pi * V}{4}$$

$$Q_{1salida} = \frac{(0.00635)^2 * \pi * \sqrt{0.5763H_{L1}}}{4} + \frac{(0.00635)^2 * \pi * \sqrt{6.5359H_{Lm1}}}{4}$$

$$Q_{1salida} = 0.0000316(\sqrt{0.5763H_{L1}} + \sqrt{6.5359H_{Lm1}})$$

Luego de haber desarrollado las dos ecuaciones de pérdidas tanto primarias como secundarias, se expresa en función del caudal después de un desarrollo algebraico simple

Análisis para la línea 2

$$H_{L2} = 0.008 * \frac{(6 + 5 + 6)}{(0.00635)} * \frac{V^2}{2(9.8)}$$

$$H_{L2} = 1.092V^2$$

$$V = \sqrt{0.915H_{L2}}$$

$$H_{Lm2} = (0.14 + 0.10 + 0.10 + 0.7 + 3(0.4)) * \frac{V^2}{2(9.8)}$$

$$H_{Lm2} = 0.114V^2$$

$$V = \sqrt{8.771H_{Lm2}}$$

$$Q_{2salida} = 0.0000316(\sqrt{0.915H_{L2}} + \sqrt{8.771H_{Lm2}})$$

Análisis para la línea 3

$$H_{L3} = 0.008 * \frac{(6 + 5 + 6)}{(0.00635)} * \frac{V^2}{2(9.8)}$$

$$H_{L3} = 1.092V^2$$

$$V = \sqrt{0.915H_{L3}}$$

$$H_{Lm3} = (0.14 + 0.10 + 0.10 + 0.7 + 3(0.4)) * \frac{V^2}{2(9.8)}$$

$$H_{Lm3} = 0.114V^2$$

$$V = \sqrt{8.771H_{Lm3}}$$

$$Q_{3salida} = 0.0000316(\sqrt{0.915H_{L3}} + \sqrt{8.771H_{Lm3}})$$

Análisis para la línea 4

$$H_{L4} = 0.008 * \frac{(6 + 5 + 10 + 6)}{(0.00635)} * \frac{V^2}{2(9.8)}$$

$$H_{L4} = 1.735 V^2$$

$$V = \sqrt{0.5763H_{L4}}$$

$$H_{Lm4} = K * \frac{V^2}{2g}$$

$$H_{Lm4} = (0.10 + 0.10 + 0.90 + 0.7 + 3(0.4)) * \frac{V^2}{2(9.8)}$$

$$H_{Lm4} = 0.1530V^2$$

$$V = \sqrt{6.5359H_{Lm4}}$$

$$Q = \frac{D^2 * \pi * V}{4}$$

$$Q_{4salida} = \frac{(0.00635)^2 * \pi * \sqrt{0.5763H_{L1}}}{4} + \frac{(0.00635)^2 * \pi * \sqrt{6.5359H_{Lm1}}}{4}$$

$$Q_{4salida} = 0.0000316(\sqrt{0.5763H_{L4}} + \sqrt{6.5359H_{Lm4}})$$

El cálculo es repetitivo para cada una de las líneas donde las variables de cambio son longitud de la línea y constantes de accesorios, las demás variables permanecen constantes.

$$Q_{entrada} = 0.0000316(\sqrt{0.5763H_{L1}} + \sqrt{6.5359H_{Lm1}}) + 0.0000316(\sqrt{0.915H_{L2}} + \sqrt{8.771H_{Lm2}}) + 0.0000316(\sqrt{0.915H_{L3}} + \sqrt{8.771H_{Lm3}}) + 0.0000316(\sqrt{0.5763H_{L4}} + \sqrt{6.5359H_{Lm4}})$$

$$Q_{entrada} = 0.0000316(\sqrt{0.5763H_{L1}} + \sqrt{6.5359H_{Lm1}} + \sqrt{0.915H_{L2}} + \sqrt{8.771H_{Lm2}} + \sqrt{0.915H_{L3}} + \sqrt{8.771H_{Lm3}} + \sqrt{0.5763H_{L4}} + \sqrt{6.5359H_{Lm4}})$$

El desarrollo de la ecuación global del caudal se plantea en función de la sumatoria de las pérdidas del sistema

Potencia de la bomba

$$Hp = (Z_2 - Z_1) + \left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma}\right) + \frac{V^2}{2g} + \sum H_L, H_{Lm} \quad \text{Ecuación 3}$$

La potencia de la bomba con la que trabaja el sistema de riego es de 0.5 Hp

$(Z_2 - Z_1) =$ Se anulan por esta al mismo nivel

$\left(\frac{P_2 - P_1}{\gamma}\right) =$ se anulan porque tienen la misma presión

Se considera velocidad constante en todos los puntos y ramificaciones del sistema

Se procede a reemplazar los valores del sistema de riego en la Ecuación 3, tomando en cuenta cada una de las líneas

$$0.5 = \frac{V^2}{2(9.8)} + (1.735 V^2 + 0.1530V^2)_{linea 1} + (1.092V^2 + 0.114V^2)_{linea 2} + (1.735 V^2 + 0.1530V^2)_{linea 3} + (1.092V^2 + 0.114V^2)_{linea 3}$$

$$0.5 = \frac{V^2}{2(9.8)} + 6.188V^2$$

$$0.5 = V^2\left(\frac{1}{19.6} + 6.188\right)$$

$$0.5 = V^2 6.239$$

$$V^2 = 0.080 \text{ m}^2/\text{s}^2$$

$$V = \sqrt{0.080 \text{ m}^2/\text{s}^2}$$

$$V = 0.282 \text{ m/s}$$

Pérdidas totales del sistema

Calculo perdida línea 1

$$H_L = 1.735 * V^2$$

$$H_L = 1.735 * \left(\frac{0.282 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2$$

$$H_L = 0.13797414$$

$$H_{Lm1} = 0.1530V^2$$

$$H_{Lm1} = 0.1530 * \left(\frac{0.282 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2$$

$$H_{Lm1} = 0.012167172 \text{ m}$$

El cálculo de las pérdidas se lo realiza en función del cálculo de la velocidad, realizado con la ecuación global de Bernoulli.

Calculo perdida línea 2

$$H_{L2} = 1.092V^2$$

$$H_{L2} = 1.092 * \left(\frac{0.282 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2$$

$$H_{L2} = 0.086840208$$

$$H_{Lm2} = 0.114V^2$$

$$H_{Lm2} = 0.114 * \left(\frac{0.282 \text{ m}}{\text{s}}\right)^2$$

$$H_{Lm2} = 9.06536 * 10^{-3}m$$

Calculo perdida línea 3

$$H_{L3} = 1.092V^2$$

$$H_{L3} = 1.092V^2 * \left(\frac{0.282m}{s}\right)^2$$

$$H_{L3} = 0.086840208$$

$$H_{Lm3} = 0.114V^2$$

$$H_{Lm3} = 0.114 * \left(\frac{0.282m}{s}\right)^2$$

$$H_{Lm3} = 9.06536 * 10^{-3}m$$

$$H_{L4} = 1.735 V^2$$

$$H_{L4} = 1.735 * \left(\frac{0.282m}{s}\right)^2$$

$$H_{L4} = 0.13797414m$$

Calculo perdida línea 4

$$H_{Lm4} = 0.1530V^2$$

$$H_{Lm4} = 0.1530 * \left(\frac{0.282m}{s}\right)^2$$

$$H_{Lm4} = 0.012167172m$$

Calculo Total

$$H_{Ltotal} = H_L + H_{Lm1} + H_{L2} + H_{Lm2} + H_{L3} + H_{Lm3} + H_{L4} + H_{Lm4}$$

$$H_{Ltotal} = 0.492095632m$$

Calculo de caudal total de la salida sistema

Calculo caudal 1

$$Q_{2salida} = 0.0000316(\sqrt{0.915H_{L1}} + \sqrt{8.771H_{Lm1}})$$

$$Q_{1salida} = 0.0000316(\sqrt{0.5763 * 0.13797414} + \sqrt{6.5359 * 0.012167172})$$

$$Q_{1salida} = 1.78218 * 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

Calculo caudal 2

$$Q_{2salida} = 0.0000316(\sqrt{0.915H_{L2}} + \sqrt{8.771H_{Lm2}})$$

$$Q_{2salida} = 0.0000316(\sqrt{0.915 * 0.086840208} + \sqrt{8.771 * 9.06536 * 10^{-3}})$$

$$Q_{2salida} = 1.78181 * 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

Calculo caudal 3

$$Q_{3salida} = 0.0000316(\sqrt{0.915H_{L3}} + \sqrt{8.771H_{Lm3}})$$

$$Q_{3salida} = 0.0000316(\sqrt{0.915 * 0.086840208} + \sqrt{8.771 * 9.06536 * 10^{-3}})$$

$$Q_{3salida} = 1.78181 * 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

Calculo caudal 4

$$Q_{4salida} = 0.0000316(\sqrt{0.5763H_{L4}} + \sqrt{6.5359H_{Lm4}})$$

$$Q_{4salida} = 0.0000316(\sqrt{0.5763 * 0.13797414} + \sqrt{6.5359 * 0.012167172})$$

$$Q_{4salida} = 1.78218 * 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

Calculo total salida

$$Q_{total} = Q_{1salida} + Q_{2salida} + Q_{3salida} + Q_{4salida}$$

$$Q_{total} = 1.78218 * 10^{-5} + 1.78181 * 10^{-5} + 1.78181 * 10^{-5} + 1.78218 * 10^{-5}$$

$$Q_{total} = 7.127618 * 10^{-5} \frac{m^3}{s}$$

Es notorio que el caudal de agua en todas las líneas es el mismo, esto se debe a que la velocidad de flujo permanece constante y el volumen de agua se redistribuye en cantidades iguales con respecto al tiempo de riego.

Calculo total entrada

$$Q_{\text{entrada}} = 0.0000316(\sqrt{0.5763H_{L1}} + \sqrt{6.5359H_{Lm1}} + \sqrt{0.915H_{L2}} + \sqrt{8.771H_{Lm2}} + \sqrt{0.915H_{L3}} + \sqrt{8.771H_{Lm3}} + \sqrt{0.5763H_{L4}} + \sqrt{6.5359H_{Lm4}})$$

$$Q_{\text{entrada}} = 0.0000316(\sqrt{0.5763 * 0.13797414} + \sqrt{6.5359 * 0.012167172} + \sqrt{0.915 * 0.086840208} + \sqrt{8.771 * 9.06536 * 10^{-3}} + \sqrt{0.915 * 0.086840208} + \sqrt{8.771 * 9.06536 * 10^{-3}} + \sqrt{0.5763 * 0.13797414} + \sqrt{6.5359 * 0.012167172})$$

$$Q_{\text{entrada}} = 7.13 * 10^{-5}$$

El caudal de entrada es igual al caudal total del sistema, debido a que se encuentra en serie y dividido en ramales hidráulicos.

Balance de energía

$$\Delta H + \Delta Ec + \Delta Ep = Q + WS \text{ Ecuación 4}$$

$$\cancel{\Delta H} + \Delta Ec + \cancel{\Delta Ep} = Q + WS$$

$$\Delta Ec = Q - WS$$

$$\frac{1}{2}mv^2 = Q - WS$$

Se considera la Ecuación 4 para el planteamiento del balance de energía del sistema de riego, porque considera las diferentes formas de energía que pueden presentarse en un sistema. Para el desarrollo del balance se considera entalpia nula debido a que el fluido se encuentra a una temperatura constante dando lo siguiente $H_2 - H_1 = 0$, otra de las consideraciones para el desarrollo del modelo es considerar la energía potencial como nula o inexistente (Cengel & Boles 2012).

Calculo energía Cinética

Datos

$$\rho_{\text{agua}} = 997 \text{ g/m}^3$$

$$Q = 7.13 * 10^{-5}$$

$$m = \rho_{\text{agua}} * V$$

$$m = \frac{997Kg}{m^3} * 0.018673m^3$$

$$m = 18.616981Kg$$

$$\frac{1}{2}mv^2$$

$$\frac{1}{2} * 18.616981Kg * (0.282 m/s)^2$$

$$0.7402 Kg * m^2/s^2$$

$$Ec = 0.7402 J$$

Se considera la energía cinética del sistema, donde el flujo es constante junto a la velocidad. Para lo cual es necesario tomar en cuenta la densidad del agua, como el volumen,

Calculo trabajo de la bomba

$$WS = P * t$$

Datos

0.5 HP

t= 10 min

$$0.5HP \left(\frac{745.1W}{1HP} \right) = 372.85W$$

$$10min \left(\frac{60s}{1min} \right) = 600s$$

$$WS = P * t$$

$$WS = 372.85W * 600s$$

$$WS = 372.85 \frac{J}{s} * 600s$$

$$WS = 223.710J$$

Para el cálculo del trabajo de la bomba, se toma en cuenta que la bomba sistema de riego tiene una potencia de 0.5 Hp, es necesario transformar de Hp a W, y a su vez convertir el tiempo en segundos, donde el resultado es expresado en Julios

4.4.2 Resultados en la implementación del riego

Por la parte del sistema de riego se destaca que para una mejor distribución del recurso hidrológico y con mayor eficiencia dentro de un vivero es necesario el uso del método de riego por nebulización, ya que beneficia a la humedad manteniéndose esta en el sustrato después del riego, mientras que otros tipos de riego como por aspersión pueden ser demasiado fuertes para este tipo de plantas, generando en este caso el desarrollo de hongos y podredumbre (Neissi, Albaji & Boroomand Nasab 2020)

Una vez analizado cada uno de estos aspectos se menciona que el método ejecutado se realizó en base a la selección del sistema de riego y la facilidad de manejo del equipo del sistema automático. Generando de esta manera un desempeño óptimo del control.

4.4.3 Recolección de datos

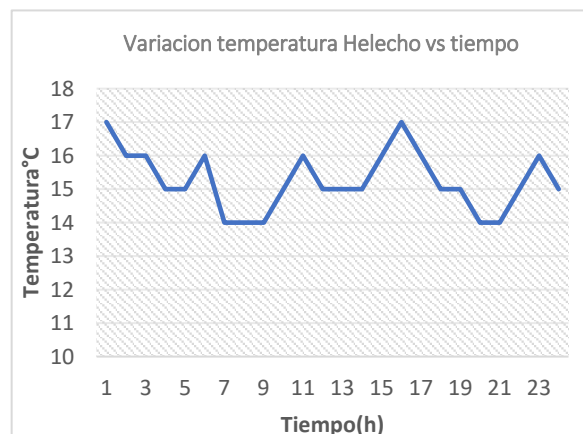
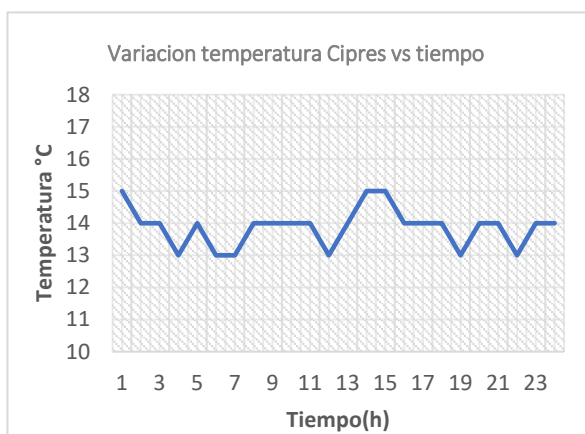
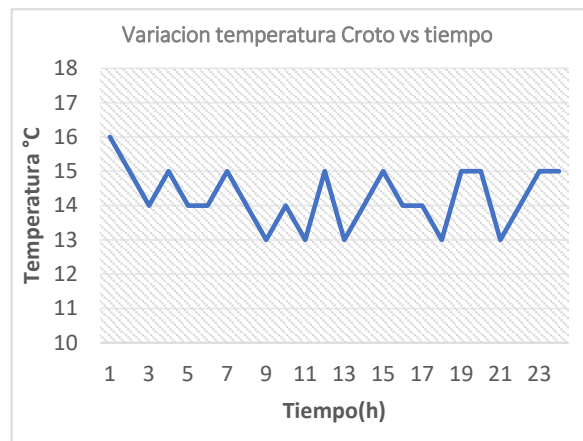
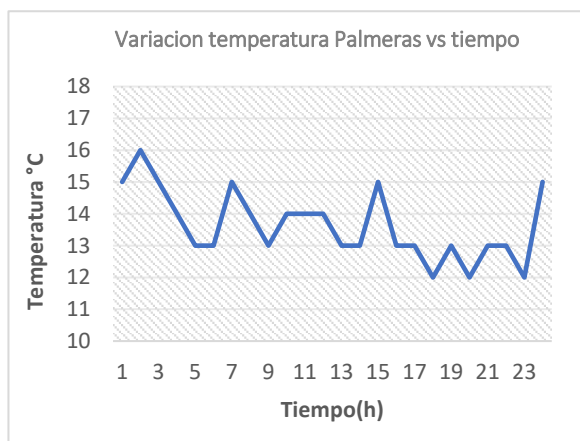


Gráfico 2-4: Datos obtenidos de la temperatura de las plantas

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

La grafica 1-3 se puede observar las temperaturas registrados por el Soil survey Instrument, donde se puede notar que la temperatura de cada una de las plantas varia. Pero a su vez presentando una condición adecuada para su desarrollo. Estos datos analizados son antes de la implementación del sistema automático de riego, fueron tomados de manera manual, en cada una de los especímenes de las plantas (Yepes & Silveira 2011)

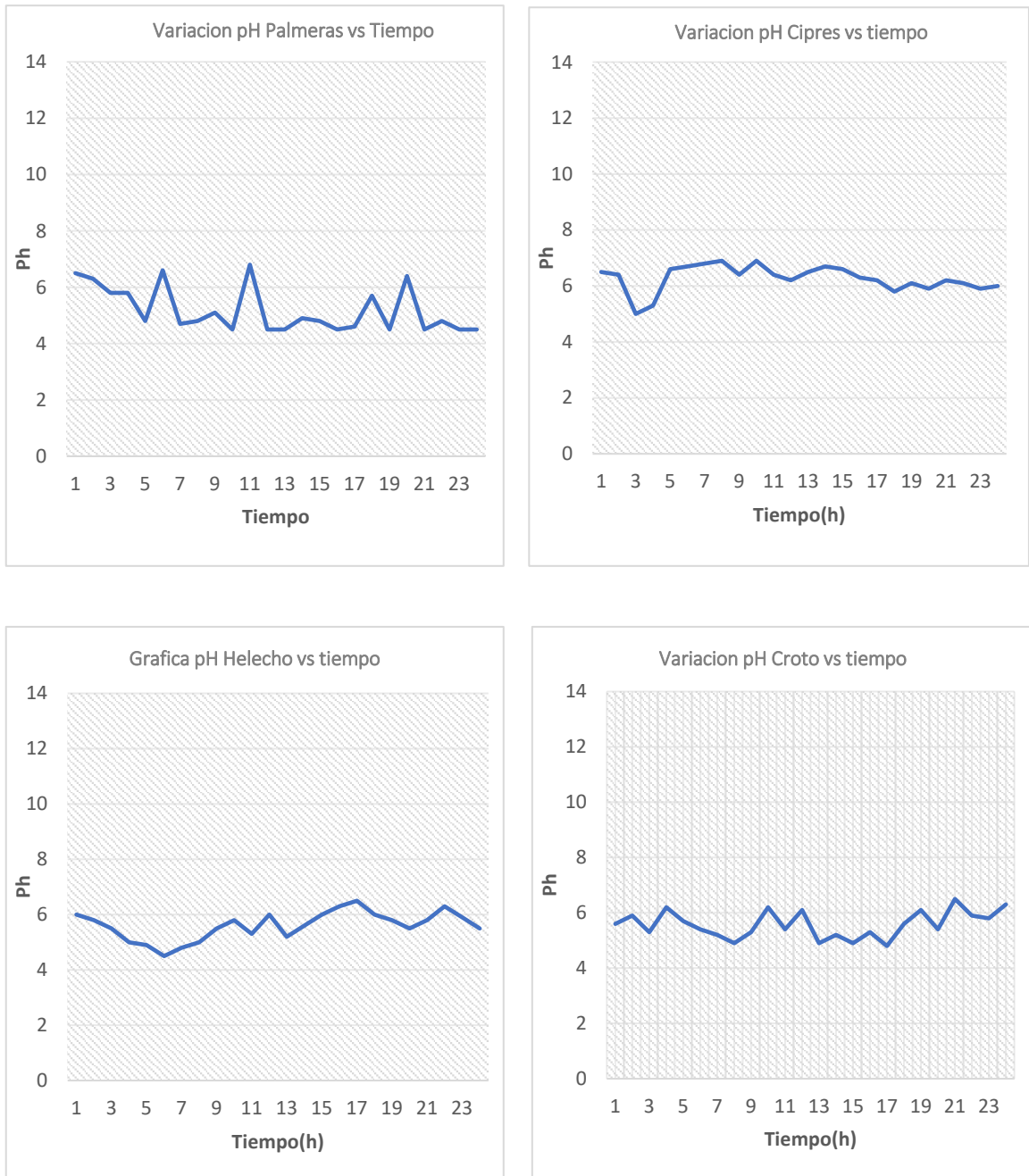


Gráfico 3-4: Datos obtenidos del pH de las plantas

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

La grafica 2-3 se puede observar los pH registrados por el Soil survey Instrument, donde se puede notar que pH de cada una de las plantas varia, pero presentando un rango de ph dentro de los

valores 5-7. Los datos recolectados fueron los adecuados en base a parámetros ya establecidos. (Zotarelli, Dukes & Morgan 2013)

4.4.4 *Resultados de la implementación del sistema de control automático de riego con la aplicación IOT*

Dentro del desarrollo del sistema de control se obtuvo de manera correcta la lectura de cada uno de los datos presentados por los sensores de humedad colocados en cada una de los tipos de plantas, tomando a su vez en cuenta la relación con la temperatura ambiente. La comunicación del sistema de control con la aplicación IOT presento alta eficacia.

Se analizaron factores claves como: realizar un estudio viable de las plantas para de esta forma generar una programación efectiva a los sensores quienes son los encargados de mantener a la planta dentro de los parámetros adecuados para su crecimiento adecuado. Los datos tanto de temperatura y humedad registrados de cada una de las plantas son enviados cada dos segundos y estos se acumulan en la app IOT, a través de la cual se tiene como opción el riego automático, como de manera manual, Esto permite activar cada una de las electroválvulas de manera independiente, a través de cada uno de los botones establecidos dentro de la app, teniendo una respuesta inmediata con el sistema. Analizando proyectos del mismo tipo se puede mencionar que el uso de placas como la Esp32 y la tarjeta nodemecu8266 presentan un rendimiento mayor en relación al uso de placas de arduino, debido a su capacidad de memoria, velocidad y aprovechamiento de recursos, a partir de estas placas se puede ingresar la programación como a su vez el incorporar la tecnología IOT dentro de las mismas, sin necesidad de involucrar otro tipo de módulos para la recolección de datos (Guijarro et al. 2018).

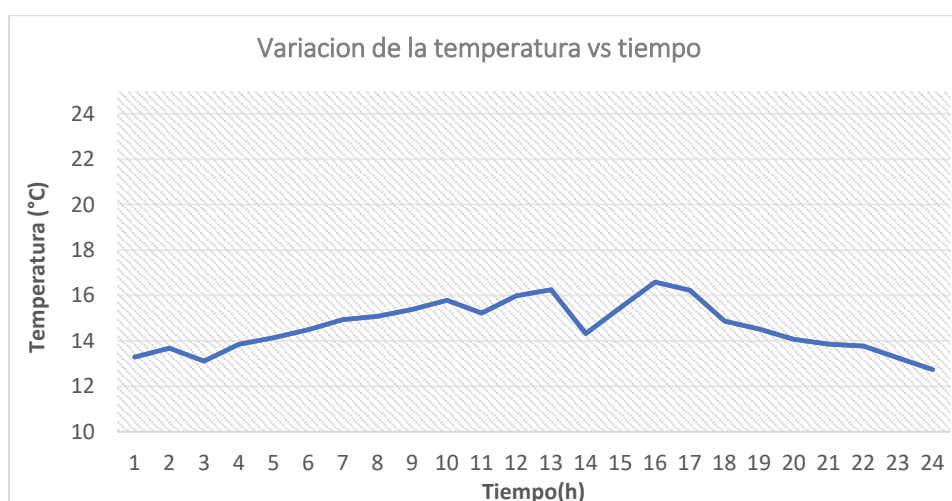


Gráfico 1-4: Datos obtenidos del sensor de temperatura en el ambiente

La grafica 1-4 representa los valores de temperatura registradas por el sensor de temperatura DHT11 a lo largo de las 24 horas. Se puede notar que las temperaturas no permanecen constantes, sino que en ciertas horas aumenta y en otras disminuye (Yepes & Silveira 2011)

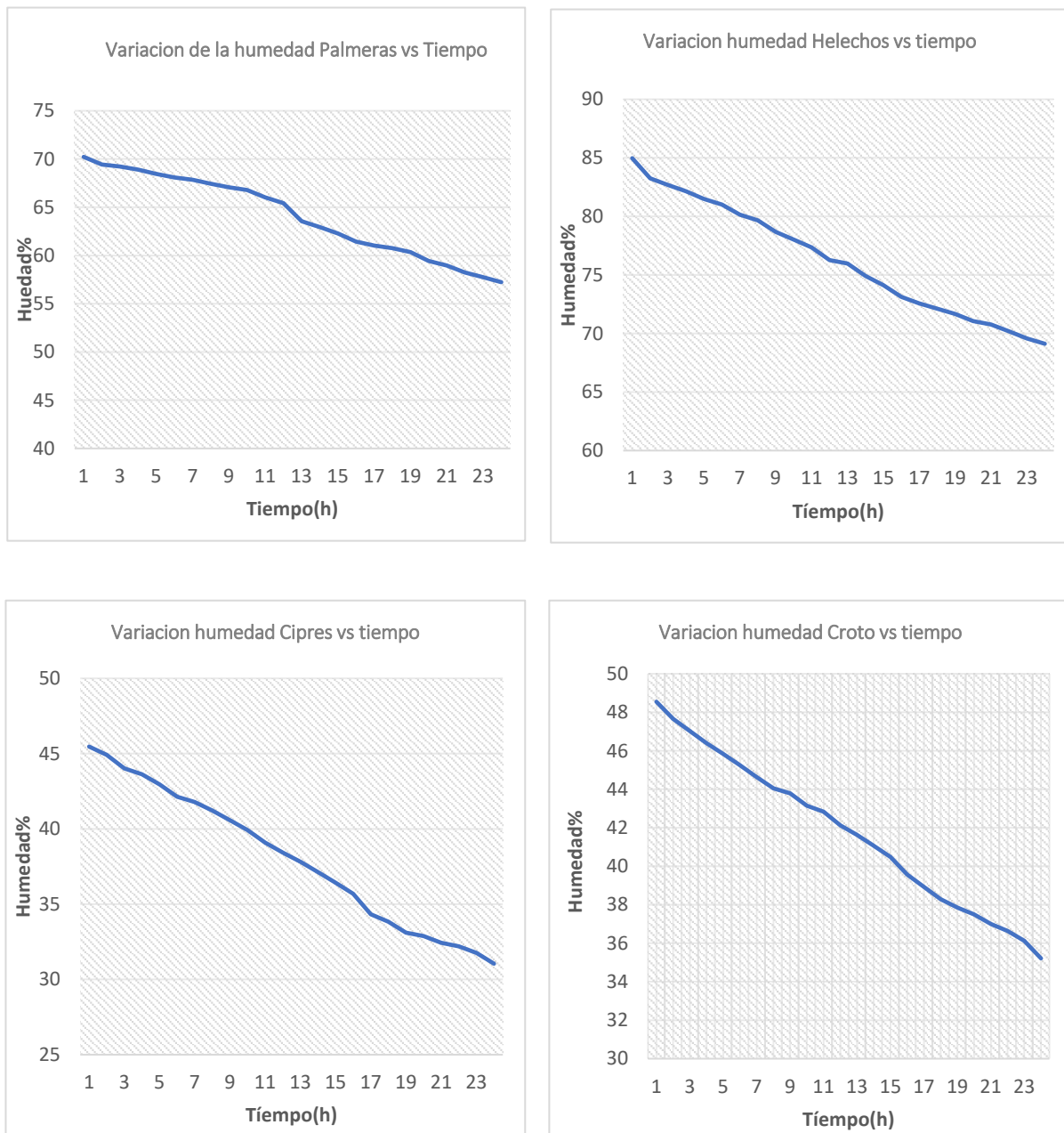


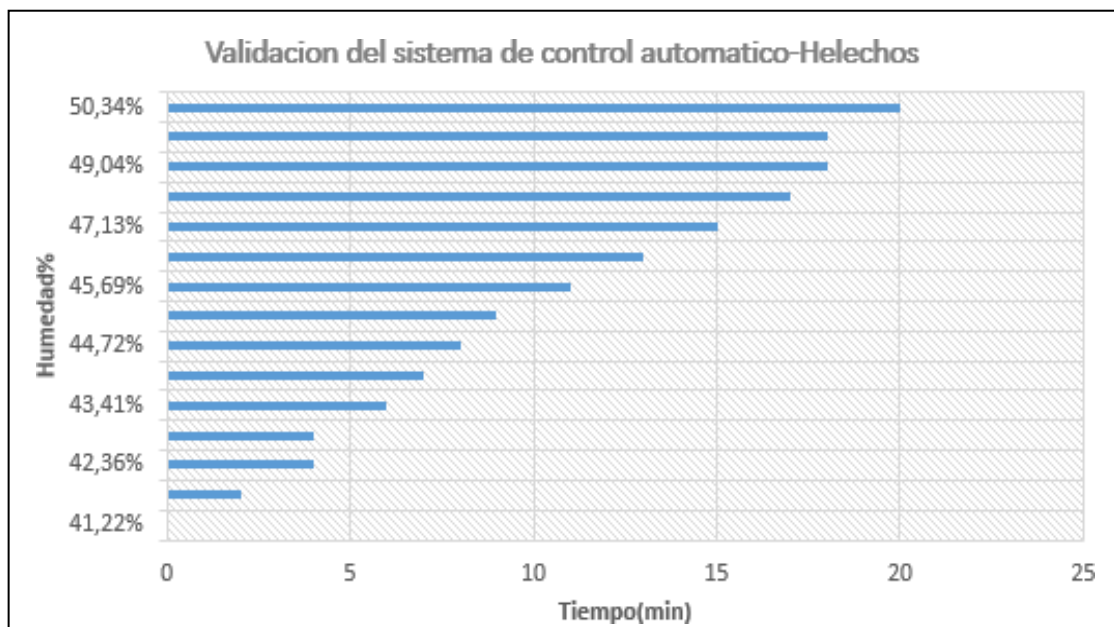
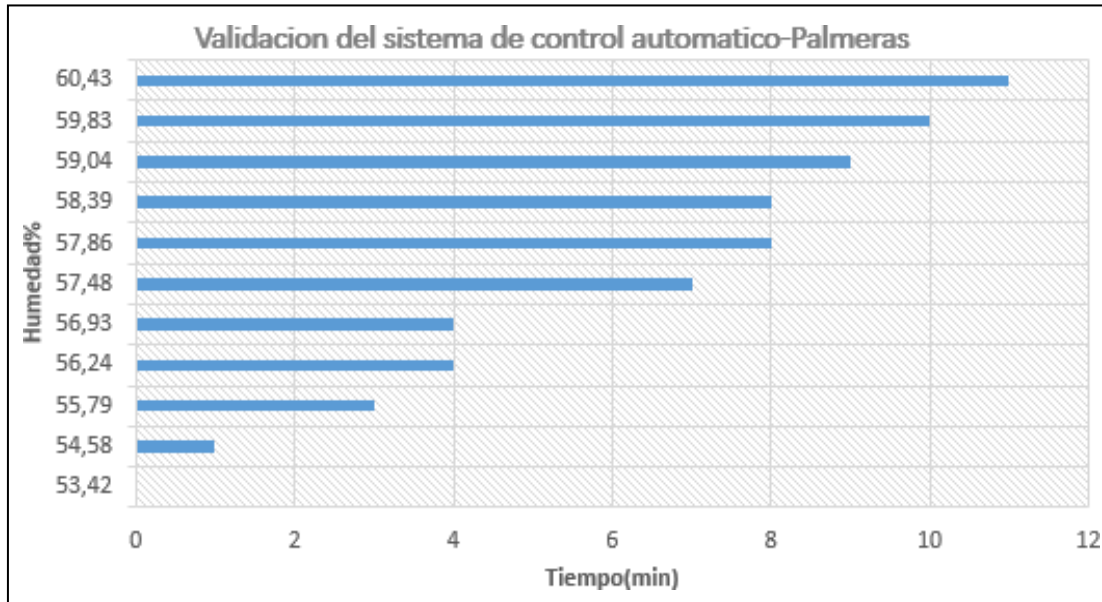
Gráfico 2-4: Datos obtenidos del sensor de humedad en las plantas

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

La grafica 2-4 representa los valores de humedad registrados en cada de las plantas por el sensor de humedad del suelo HIGROMETRO FC-28 a lo largo de las 24 horas. Se puede notar que la humedad depende de la planta. Algunas presentan una mayor capacidad de retención de líquidos. La humedad comienza a disminuir de acuerdo a las precipitaciones, la intensidad del consumo de agua por parte de las plantas o la temperatura del aire, entre otros factores (Martin 2010)

4.4.5 Validación del sistema de control automático

Para la validación del sistema de control automático se realizaron pruebas a través de las cuales se analizó en base a los niveles de humedad requeridos, observando así el tiempo que demora en llegar a la humedad establecida. También se registró si las electroválvulas se encendían y apagaban una vez alcanzado el objetivo deseado



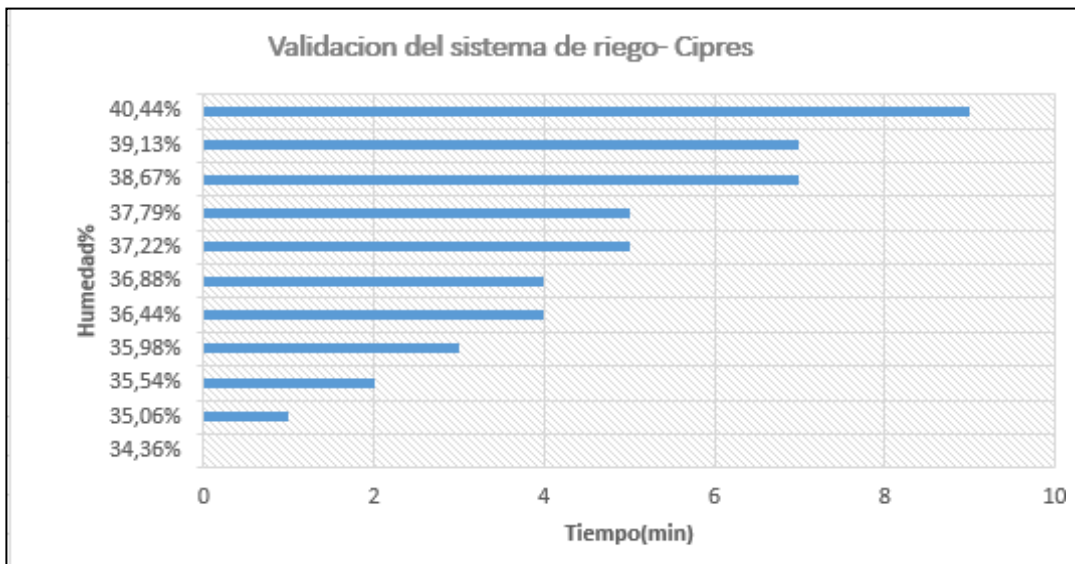
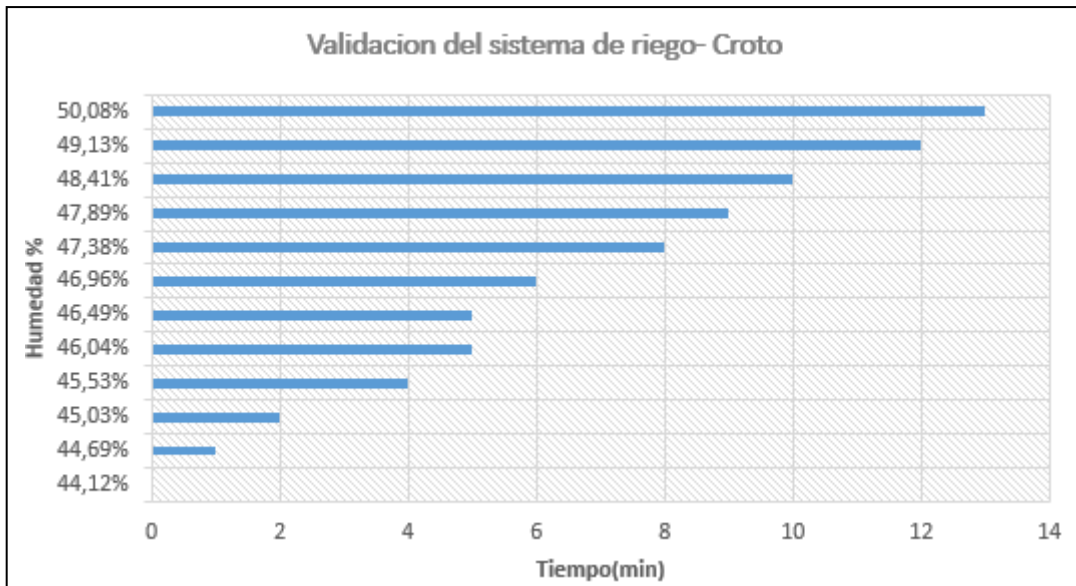


Gráfico 3-4: Datos de las pruebas de validación del sistema de control automático

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

En la gráfica 3-4 se puede observar cada uno de los tiempos registrados de acuerdo a los diferentes tipos de plantas. Analizando de esta forma de qué manera interviene el sistema de control automático, a razón del mismo el cual permite que el sistema de realice su control on/off cuando la humedad este por debajo de los niveles requerido. Teniendo como resultados lo siguiente:

- Palmeras tiempo de 11 minutos
- Helechos tiempo de 20 min
- Croto tiempo de 13 min
- Ciprés tiempo de 9 minutos

Estos son los tiempos registrados en alcanzar la humedad requerida

4.4.6 Diagrama P&ID del sistema

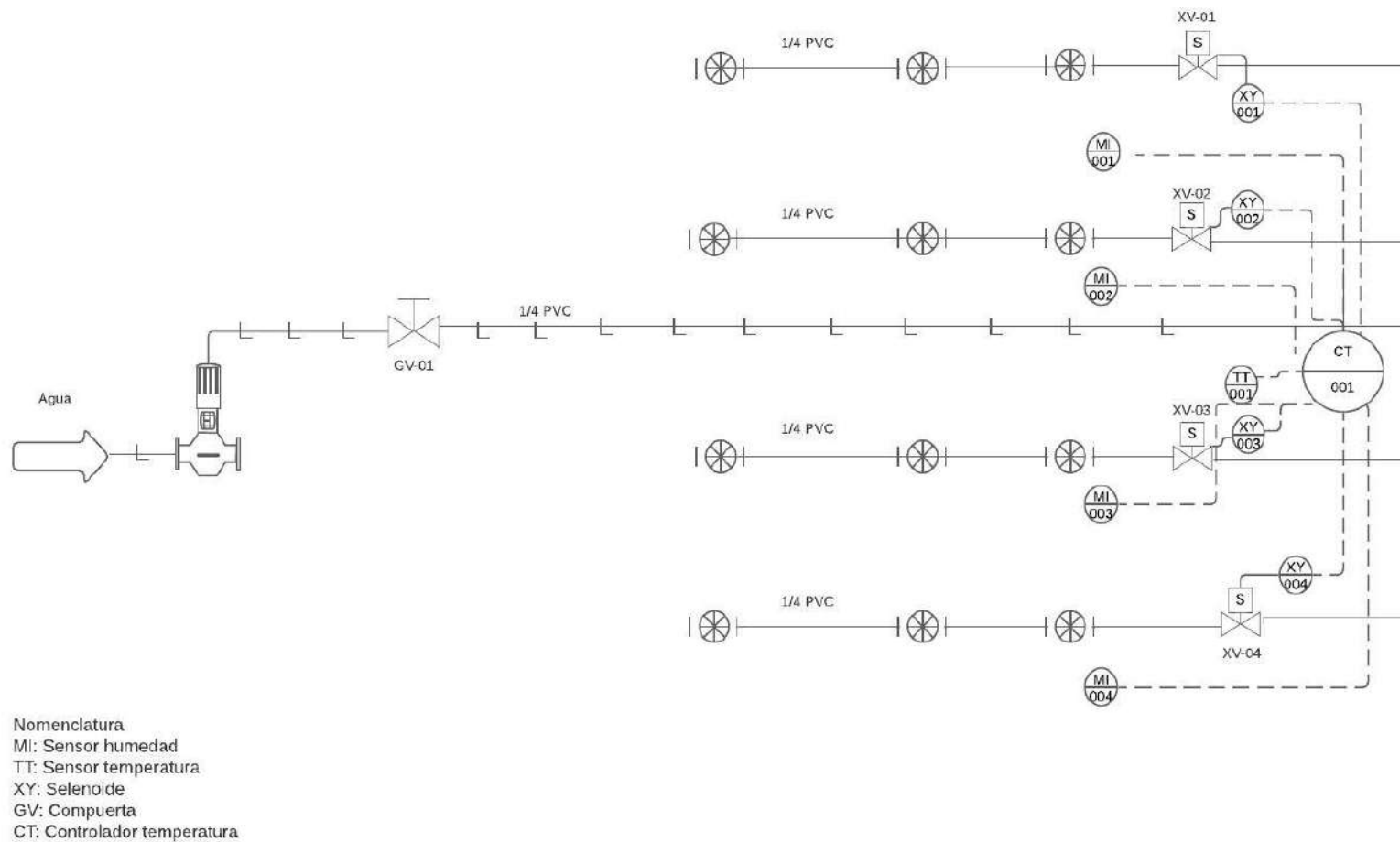


Figura 2-4: Diagrama P&ID del sistema de riego por nebulización implementado

Realizado por: Villareal, Andrés, 2021.

En la figura 2-4 se puede apreciar la representación del sistema de riego, donde se observa cada uno de los elementos ocupados en la instalación. Teniendo, así como equipos:

- Bomba
- Válvula de compuerta
- Tuberías
- Electroválvulas
- Nebulizadores
- Sensor de humedad
- Sensor de temperatura
- Controlador de temperatura

La Bomba que ocupa el sistema tiene una potencia de 0.5 Hp, la cual permite la transmisión del fluido (agua) a través de la tubería implementada de tipo PVC de $\frac{1}{4}$. El diagrama presenta una tubería principal, la misma que se distribuye en otras 4. El paso del fluido es posible cuando se abre la válvula de compuerta, facilitando así la distribución a distintos puntos del sistema de riego. La parte del control automático está basado de acuerdo a la temperatura y humedad registrada por los sensores, los cuales son enviados al controlador, el mismo que remite una señal eléctrica la cual permite el control on/off de las electroválvulas de acuerdo a los criterios establecidos en la programación. Obteniendo como resultado el riego por nebulización en los distintos puntos

4.4.7 Aplicación del sistema automático de riego

El sistema automático de riego, está desarrollado para aplicarse dentro de los viveros. Sin embargo, se podría aplicar a cualquier tipo de cultivo, cambiando los parámetros de la programación, incorporando ciertos equipos de acuerdo a la extensión y potenciando la energía del mismo, permitiendo la mejora de la productividad en los cultivos. La instalación de este sistema facilitó, optimizó el tiempo y forma de riego, generando una nueva apertura al cambio de metodología convencional, y a su vez aprovechando el recurso hidrológico.

CONCLUSIONES

- El sistema de control automático de riego desarrollado dentro del vivero funciona de acuerdo al análisis de datos entregados en base a la humedad y temperatura, de acuerdo a las necesidades de las plantas, estos datos son registrados en la plataforma IOT.
- El modelo matemático desarrollado se ajustó a las razones de cambio dentro del sistema para el riego por el método de nebulización, considerando distintas variables y condiciones presentes dentro del vivero
- Se utilizó la plataforma Lucidchart para efectuar el diseño del diagrama de instrumentación y tuberías del sistema de control automático desarrollado en este proyecto
- La construcción del prototipo del vivero en base a la tecnología IOT, se ejecutó de manera adecuada en base al sistema, a través de este se logró supervisar y analizar cada uno de los datos entregados, facilitando el control del proceso.
- Los equipos y sensores empleados para la elaboración de este proyecto, respondieron de manera adecuada a las distintas pruebas de funcionamiento realizadas con distintos parámetros de operación

RECOMENDACIONES

- Implementar materiales de mayor calidad dentro de las redes de tuberías distribuidas en el sistema, para que de esta manera se pueda garantizar el desarrollo del proceso, evitando fallos que puedan ser causador tanto por el tiempo y la presión
- Escoger de manera adecuada el tipo de riego a ejecutarse, validándose a diversos factores, esto dependerá del medio en donde se desarrollará el sistema, considerando aspectos como extensión, calidad de riego, dependiendo el cultivo entre otros.
- Evaluar con mayor tiempo los instrumentos IOT, para alcanzar un rendimiento de la comunicación entre los puntos de conexión y los reportes en base a los valores registrados del sistema en tiempo real
- Efectuar una limpieza en determinado tiempo para de esta forma evitar acumulación de impurezas en el sistema de riego, las cuales imposibilitan el funcionamiento adecuado de cada uno de los componentes
- Investigar acerca de otras variables que puedan beneficiar al desarrollo de las pantas y de esta manera puedan ser controladas a través de distintas maneras de operación en la implementación del control automático

GLOSARIO

Arduino: es un microcontrolador de código abierto que se puede programar, borrar y reprogramar en cualquier momento. Fue introducido en el año 2005, este dispositivo fue diseñado para facilitar y a su vez economizar para que aficionados, estudiantes y profesionales creen dispositivos que interactúan con su entorno mediante sensores y actuadores.(Louis 2016)

Microcontrolador: Un microcontrolador es un dispositivo que posee varios componentes los cuales le permiten operar de forma autónoma, y ha sido diseñado en particular para tareas de monitoreo o control (Bannatyne & Viot 1997).

IOT: El Internet de las cosas (IOT) es una red inteligente que vincula todas las cosas a Internet con la intención de intercambiar datos y notificar a través de dispositivos de detección de información de acuerdo con los protocolos acordados (Chen et al. 2014).

Temperatura: Se lo puede definir como la cantidad de calor o frío en un determinado lugar u objeto, a su vez también como la cantidad física que caracteriza el estado de equilibrio termodinámico de un sistema (Melker, Starovoitov & Vorobyeva 2010).

Humedad: La humedad se la define como una medida del vapor de agua la cual está contenido de aire u otro gas. El término humedad es un término para cuantificar la cantidad de vapor de agua en el gas (Academy 2014).

Programación Orientada a objetos: C ++, una extensión del lenguaje C, se puede utilizar para aplicaciones orientadas a objetos. Programación (Chen et al. 2014).

Sensores: Los sensores son instrumentos que pueden generar señales eléctricas las cuales se logran procesar y transmitir fácilmente mediante dispositivos o sistemas de dispositivos de procesamiento para manipular las señales de salida y el progreso en la tecnología de la comunicación (Eren 2016).

Electroválvulas: Las electroválvulas utilizan el funcionamiento on/off, los cuales son componentes que son ampliamente utilizados en sistemas hidráulicos y neumáticos debido a sus ventajas, tales como excelente rendimiento de conmutación, estructura compacta, capacidad anticontaminación y bajo costo (Zhong et al. 2017).

Automatización: La automatización enfatiza la eficiencia, la productividad, calidad y confiabilidad, enfocándose en sistemas que operan de manera autónoma, a menudo en entornos estructurados durante períodos extendidos períodos, y sobre la estructuración explícita de dichos entornos (Goldberg 2012).

Riego: los sistemas de riego son factores cruciales para lograr un uso eficiente de los recursos hídricos y el éxito en la producción de plantas, cultivos entre otro El manejo de los sistemas de riego debe tener su base en criterios que sean relevantes, lo que implica tener en cuenta factores agronómicos, edafológicos, hidráulicos, económicos, energéticos y ambientales (Holzapfel et al. 2009).

BIBLIOGRAFÍA

ABIOYE, et al., 2020. IoT-based monitoring and data-driven modelling of drip irrigation system for mustard leaf cultivation experiment. *Information Processing in Agriculture* [en línea], ISSN 22143173. DOI 10.1016/j.inpa.2020.05.004. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.05.004>.

ABIOYE, L., 2020. Implication of Brown Envelope Syndrome on Hate Speech and Fake News in Nigerian Media. *International Letters of Social and Humanistic Sciences*, vol. 89, pp. 1-15. DOI 10.18052/www.scipress.com/ilshs.89.1.

ALEKSANDROVA, M., 2018. IoT en la agricultura: 5 casos de uso de tecnología para la agricultura inteligente (y 4 desafíos a considerar). [en línea]. [Consulta: 20 enero 2021]. Disponible en: <https://easternpeak.com/blog/iot-in-agriculture-technology-use-cases-for-smart-farming-and-challenges-to-consider/>.

ANDRADE, J., 2017. DHT11 con Arduino sensor temperatura y humedad. ,

BANNATYNE, R. & VIOT, G., 1997. Introduction to microcontrollers. *Wescon Conference Record*, pp. 564-574. DOI 10.1201/9781420077681.ch1.

BLEVINS, T.L. & NIXON, M., 2010. Control and Field Instrumentation Documentation. *Control Loop Foundation: Batch and Continuous Processes*, pp. 89-116.

CARRANZA, et al., 2021. Root zone soil moisture estimation whit random forest. *Hydrology* [en línea], pp. 2-14. DOI <https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2020.125840>. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0022169420313019#b0210>.

CENGEL, Y.A. & BOLES, M.A., 2012. *Termodinámica*. Séptima ed. México: s.n.

CHEN, et al., 2014. A vision of IoT: Applications, challenges, and opportunities with China Perspective. *IEEE Internet of Things Journal*, vol. 1, no. 4, pp. 349-359. ISSN 23274662. DOI 10.1109/JIOT.2014.2337336.

CORRIPIO, S., 2014. *CONTROL AUTOMÁTICO DE PROCESOS* [en línea]. Segunda ed. México: s.n. ISBN 9788578110796. Disponible en: www.noriega.com.mx.

DIGITEUM TEAM, 2019. The Internet of Things (IoT) in Agriculture: IoT Solutions for Smart Farming - Digiteum. [en línea]. [Consulta: 20 enero 2021]. Disponible en: <https://www.digiteum.com/iot-agriculture>.

DOMINGUEZ, et al., 2019. Differential irrigation scheduling by an automated algorithm of water balance tuned by capacitance-type soil moisture sensors. *Agricultural Water Management*, pp. 1-2.

DOI 10.2307/j.ctvm7bbbj.5.

DUNN, W.C., 1998. Documentation and P&ID. *Introduction to Instrumentation, Sensors, and Process Control*,

EREN, H., 2016. *Chapter · June 2004*. S.l.: s.n. ISBN 0849315867.

GARRIDO, S., 2016. Diseño y estudio de una bomba hidráulica centrífuga mediante la generación de su prototipo virtual. *Facultad De Ingeniería*, vol. 1.0, no. 82, pp. 120.

GOAP, et al., 2018. An IoT based smart irrigation management system using Machine learning and open source technologies. *Computers and Electronics in Agriculture* [en línea], vol. 155, no. May, pp. 41-49. ISSN 01681699. DOI 10.1016/j.compag.2018.09.040. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.compag.2018.09.040>.

GOLDBERG, K., 2012. What is automation? *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, vol. 9, no. 1, pp. 1-2. ISSN 15455955. DOI 10.1109/TASE.2011.2178910.

GUIJARRO, et al., 2018. Sistema de riego automatizado con arduino. *Espacios*, vol. 39, no. 37, pp. 27.

HOLZAPFEL, et al., 2009. Design and management of irrigation systems. *Chilean Journal of Agricultural Research*, vol. 69, no. SUPPL. 1, pp. 17-25. ISSN 07185839. DOI 10.4067/s0718-58392009000500003.

MARTÍN, R. SALCEDO, R.F., 2011. MECÁNICA DE FLUIDOS Tema2. Impulsión de fluidos. , pp. 1-64.

ISHIKAWA, M. & MARUTA, I., 2009. Rapid prototyping for control education using arduino and open-source technologies. *IFAC Proceedings Volumes (IFAC-PapersOnline)* [en línea], vol. 8, no. PART 1, pp. 317-321. ISSN 14746670. DOI 10.3182/20091021-3-jp-2009.00060. Disponible en: <http://dx.doi.org/10.3182/20091021-3-JP-2009.00060>.

LOUIS, L., 2016. Working Principle of Arduino and Using it as a Tool for Study and Research. *International Journal of Control, Automation, Communication and Systems*, vol. 1, no. 2, pp. 21-29. ISSN 24557889. DOI 10.5121/ijcacs.2016.1203.

MARTÍN, E.C., 2010. Métodos para Medir la Humedad del Suelo para la Programación del Riego. , no. September.

MELKER, et al., 2010. Heat temperature, entropy. *Materials Physics and Mechanics*, vol. 9, no. 3, pp. 194-209. ISSN 16052730.

MOTT, R., 2006. *Mecánica de Fluidos* [en línea]. Sexta edic. México: s.n. ISBN 970-26-0805-8. Disponible en: https://www.academia.edu/31396567/Mecánica_de_Fluidos_-_6ta_Edición_-

Robert_L._Mott.pdf.

NEISSI, et al., 2020. Combination of GIS and AHP for site selection of pressurized irrigation systems in the Izeh plain, Iran. *Agricultural Water Management* [en línea], vol. 231, no. August 2019, pp. 106004. ISSN 18732283. DOI 10.1016/j.agwat.2020.106004. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2020.106004>.

PANNOCCHIA, et al., 2005. A candidate to replace PID control: SISO-constrained LQ control. *AIChE Journal*, vol. 51, no. 4, pp. 1178-1189. ISSN 00011541. DOI 10.1002/aic.10373.

PINHEIRO, F. & GUSMAO, W., 2013. Optical Sensors Applied in Agricultural Crops. *Intech* [en línea], vol. 32, no. tourism, pp. 137-144. ISSN 00664804. Disponible en: <https://www.intechopen.com/books/advanced-biometric-technologies/liveness-detection-in-biometrics>.

PODDER, et al., 2021. IoT based smart agrotech system for verification of Urban farming parameters. *Microprocessors and Microsystems* [en línea], vol. 82, pp. 104025. [Consulta: 19 enero 2021]. ISSN 01419331. DOI 10.1016/j.micpro.2021.104025. Disponible en: <https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0141933121001988>.

RATNAPARKHI, et al ., 2020. Smart agriculture sensors in IOT: A review. *Materials Today: Proceedings* [en línea], no. xxxx. ISSN 22147853. DOI 10.1016/j.matpr.2020.11.138. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.11.138>.

RODRÍGUEZ, L., 2013. Model of the Control Level and Caudal of Liquid in a Cilindrical. , no. 09, pp. 7-13.

ROMERO, et al., 2012. Research on automatic irrigation control: State of the art and recent results. *Agricultural Water Management*, vol. 114, pp. 59-66. ISSN 03783774. DOI 10.1016/j.agwat.2012.06.026.

SA, W., 2015. IS Method Engineering Services Process and Instrumentation Diagrams (P&ID). *Government of South Australia*, no. December.

SEVERINO, et al., 2018. The IoT as a tool to combine the scheduling of the irrigation with the geostatistics of the soils. *Future Generation Computer Systems*, vol. 82, pp. 268-273. ISSN 0167739X. DOI 10.1016/j.future.2017.12.058.

SOLIS, Á., 2005. Sistema de riego por nebulización. , pp. 1-109.

TZOUNIS, et al., 2017. Internet of Things in agriculture, recent advances and future challenges. *Biosystems Engineering* [en línea], vol. 164, pp. 31-48. ISSN 15375110. DOI 10.1016/j.biosystemseng.2017.09.007. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.biosystemseng.2017.09.007>.

USUGA, et al., 2008. Utilización de sensores de humedad para la determinación del contenido de humedad del suelo: ecuaciones de calibración. *Suelos Ecuatoriales*, vol. 38, no. 1, pp. 24-33. ISSN 0562-5351.

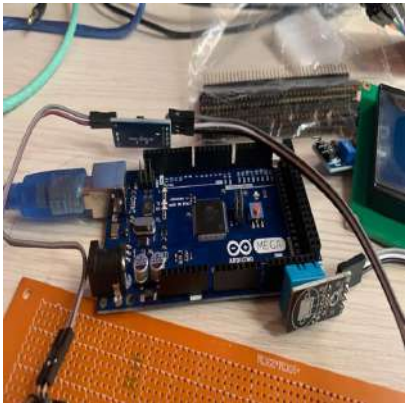
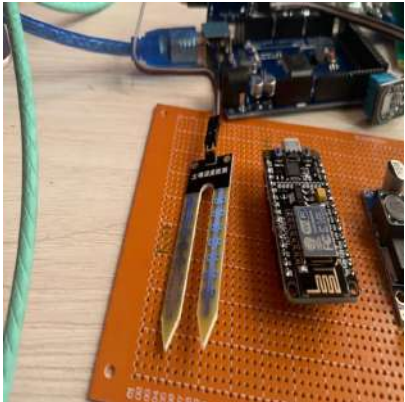
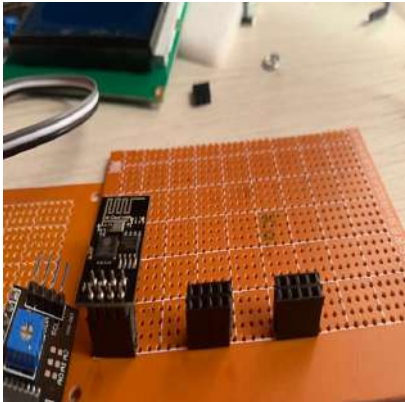
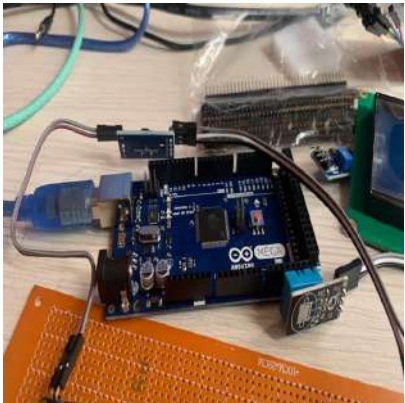
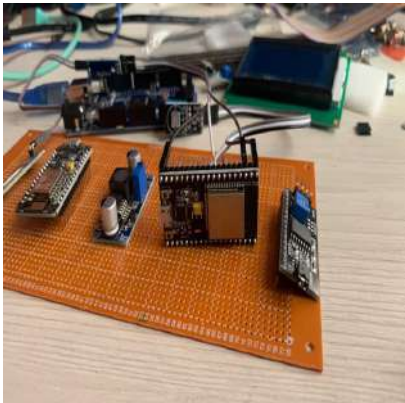
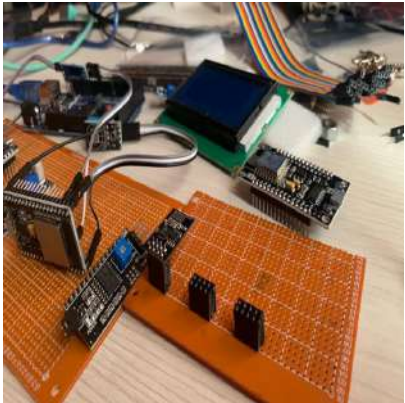
YEPES, et al., 2011. Plant responses to meteorological events related to climate change - review. *Colombia Forestal*, vol. 14, no. 0120-0739, pp. 213-232.

ZHONG, et al., 2017. Performance analysis of a high-speed on/off valve based on an intelligent pulse-width modulation control. *Advances in Mechanical Engineering*, vol. 9, no. 11, pp. 1-11. ISSN 16878140. DOI 10.1177/1687814017733247.

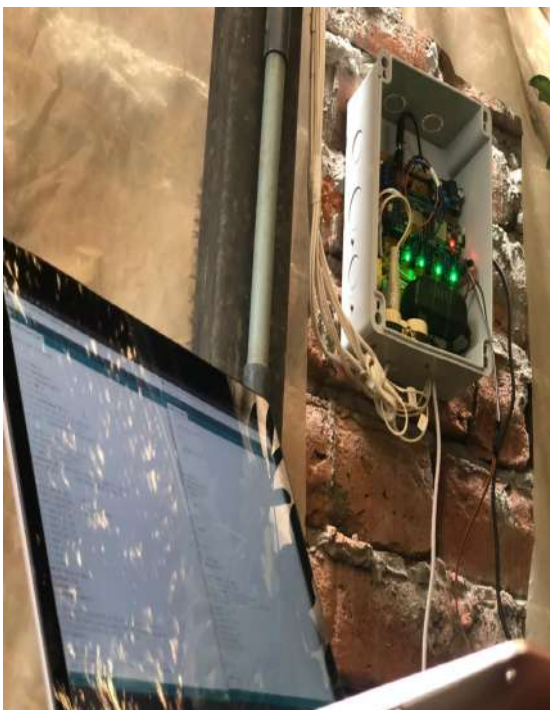
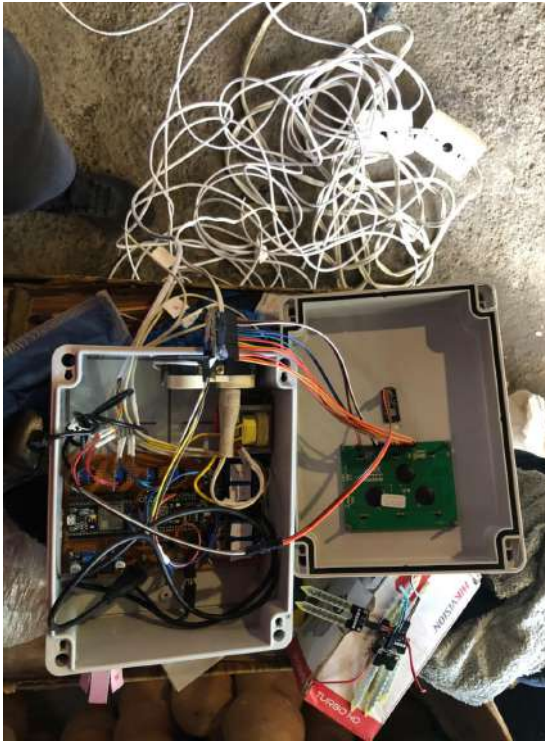
ZOTARELLI, et al., 2013. Interpretación del contenido de la humedad del suelo para determinar capacidad de campo y evitar riego excesivo en suelos arenosos utilizando sensores de humedad. *Edis*, vol. 2013, no. 2, pp. 1-4. DOI 10.32473/edis-ae496-2013.

ANEXOS

ANEXO A Construcción del controlador



ANEXO B Implementación del sistema de control automático en el vivero



ANEXO C Programación electroválvulas

```
#define BLYNK_PRINT Serial

#include <ESP8266WiFi.h>
#include <BlynkSimpleEsp8266.h>

// You should get Auth Token in the Blynk App.
// Go to the Project Settings (nut icon).
char auth[] = "p6mAzhFUZY9P3_0XLelEqjd24sb7yxfc";

// Your WiFi credentials.
// Set password to "" for open networks.
char ssid[] = "Roberto Villarreal";
char pass[] = "Rv1400091615^";

// This function will be called every time Slider Widget
// in Blynk app writes values to the Virtual Pin V1
int h;
int t;
int value1;
int value2;
int value3;
int value4;
int modo;
BLYNK_WRITE(V11) {
  h = param.asInt(); // pinData variable will store value that came via Bridge

}

BLYNK_WRITE(V12) {
  t = param.asInt(); // pinData variable will store value that came via Bridge
}
BLYNK_WRITE(V13) {
  value1 = param.asInt(); // pinData variable will store value that came via Bridge
  if (modo == 1)
  {
    if (value1 < 60)
    {
      digitalWrite(5,LOW);
    }
    else
    {
      if (t > 25)
      {
        digitalWrite(5,LOW);
      }
      else

```



```
-  
    digitalWrite(5, HIGH);  
  }  
}  
}  
}  
BLYNK_WRITE(V14) {  
  value2 = param.asInt(); // pinData variable will store value that came via Bridge  
  if (modo == 1)  
  {  
    if (value2 < 50)  
    {  
      digitalWrite(4,LOW);  
    }  
    else  
    {  
      if (t > 25)  
      {  
        digitalWrite(4,LOW);  
      }  
      else  
      {  
        digitalWrite(4, HIGH);  
      }  
    }  
  }  
}  
}  
BLYNK_WRITE(V15) {  
  value3 = param.asInt(); // pinData variable will store value that came via Bridge  
  if (modo == 1)  
  {  
    if (value3 < 60)  
    {  
      digitalWrite(14,HIGH);  
    }  
    else  
    {  
      if (h > 25)  
      {  
        digitalWrite(14,HIGH);  
      }  
      else  
      {  
        digitalWrite(14, LOW);  
      }  
    }  
  }  
}
```

```

BLYNK_WRITE(V16) {
  value4 = param.asInt(); // pinData variable will store value that came via Bridge
  if (modo == 1)
  {
    if (value4 < 50)
    {
      digitalWrite(12,HIGH);
    }
    else
    {
      if (h > 25)
      {
        digitalWrite(12,HIGH);
      }
      else
      {
        digitalWrite(12, LOW);
      }
    }
  }
}

BLYNK_WRITE(V17) {
  modo = param.asInt();
  Serial.println(modo);
  if (modo == 1)
  {
    modo=1;
  }
  else
  {
    modo=0;
  }
}

void setup()
{
  // Debug console
  Serial.begin(9600);

  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  // You can also specify server:
  //Blynk.begin(auth, ssid, pass, "blynk-cloud.com", 80);
  //Blynk.begin(auth, ssid, pass, IPAddress(192,168,1,100), 8080);
  pinMode(5,OUTPUT);
  digitalWrite(5, HIGH);
  pinMode(4,OUTPUT);
  digitalWrite(4, HIGH);
  pinMode(14,OUTPUT);
}

```

ANEXO D Programación sensores

```
#define BLYNK_PRINT Serial

#include <WiFi.h>
#include <WiFiClient.h>
#include <BlynkSimpleEsp32.h>
#include <DHT.h>
#include <Wire.h>;
#include <LiquidCrystal_I2C.h>;
// You should get Auth Token in the Blynk App.
// Go to the Project Settings (nut icon).
char auth[] = "UiWaTGvAQ-MYalL-BLvy826XN1-3XUh7";

// Your WiFi credentials.
// Set password to "" for open networks.
char ssid[] = "Roberto Villarreal";
char pass[] = "Rv1400091615*";
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,16,4); //16,4 es el tamaño de la pantalla
#define DHTPIN 4           // What digital pin we're connected to
float h;
float t;
#define DHTTYPE DHT11     // DHT 11
//#define DHTTYPE DHT22   // DHT 22, AM2302, AM2321
//#define DHTTYPE DHT21   // DHT 21, AM2301
int sensor_pin1 = 36;
int sensor_pin2 = 39;
int sensor_pin3 = 34;
int sensor_pin4 = 35;
int value1 ;
int value2 ;
int value3 ;
int value4 ;
DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE);
BlynkTimer timer;
BlynkTimer timer1;
WidgetBridge bridge1(V1);

// This function sends Arduino's up time every second to Virtual Pin (5).
// In the app, Widget's reading frequency should be set to PUSH. This means
// that you define how often to send data to Blynk App.
void sendSensor()
{
  h = dht.readHumidity();
  t = dht.readTemperature(); // or dht.readTemperature(true) for Fahrenheit
  value1= analogRead(sensor_pin1);
  value1 = map(value1,0,4095,0,100)*2;
  if (value1 >= 100) {
```

```

    value1 = 99;
  }
value2= analogRead(sensor_pin2);
value2 = map(value2,0,4095,0,100)*2;
  if (value2 >= 100) {
    value2 = 99;
  }
value3= analogRead(sensor_pin3);
value3 = map(value3,0,4095,0,100)*2;
  if (value3 >= 100) {
    value3 = 99;
  }
value4= analogRead(sensor_pin4);
value4 = map(value4,0,4095,0,100)*2;
  if (value4 >= 100) {
    value4 = 99;
  }
Serial.print("Mositure : ");

Serial.print(value1);
Serial.println("%");
  Serial.print(value2);
Serial.println("%");
  Serial.print(value3);
Serial.println("%");
  Serial.print(value4);
Serial.println("%");
bridge1.virtualWrite(V11, h);
bridge1.virtualWrite(V12, t);
bridge1.virtualWrite(V13, value1);
bridge1.virtualWrite(V14, value2);
bridge1.virtualWrite(V15, value3);
bridge1.virtualWrite(V16, value4);

if (isnan(h) || isnan(t)) {
  Serial.println("Failed to read from DHT sensor!")
  return;
}
// You can send any value at any time.
// Please don't send more that 10 values per second
Blynk.virtualWrite(V5, h);
Blynk.virtualWrite(V6, t);
Blynk.virtualWrite(V7, value1);
Blynk.virtualWrite(V8, value2);
Blynk.virtualWrite(V9, value3);
Blynk.virtualWrite(V10, value4);

```

```

BLYNK_CONNECTED() {
  bridgel.setAuthToken("p6mAzhFUZY9P3_0XLelEqjd24sb7yxfc"); // Place the AuthToken of the second hardware here
}

void setup()
{
  // Debug console
  Serial.begin(9600);
  Blynk.begin(auth, ssid, pass);
  // You can also specify server:
  //Blynk.begin(auth, ssid, pass, "blynk-cloud.com", 80);
  //Blynk.begin(auth, ssid, pass, IPAddress(192,168,1,100), 8080);

  dht.begin();
  lcd.backlight(); //inicio de fondo retroalimentado
  lcd.init(); //inicializacion de la pantalla
  lcd.clear();//limpieza de la pantalla
  // Setup a function to be called every second
  timer.setInterval(1000L, sendSensor);
  timer1.setInterval(3000L, LCD1);
}

void LCD1() {
  lcd.clear(); //limpiar la lcd antes de escribir

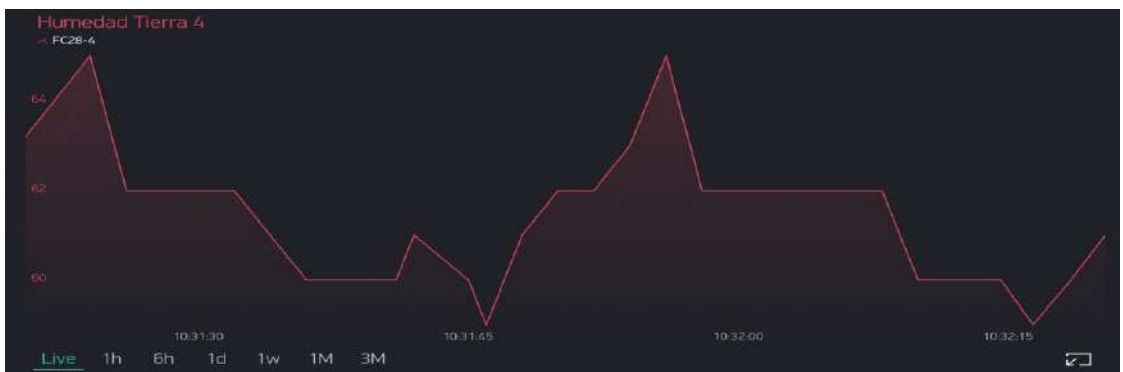
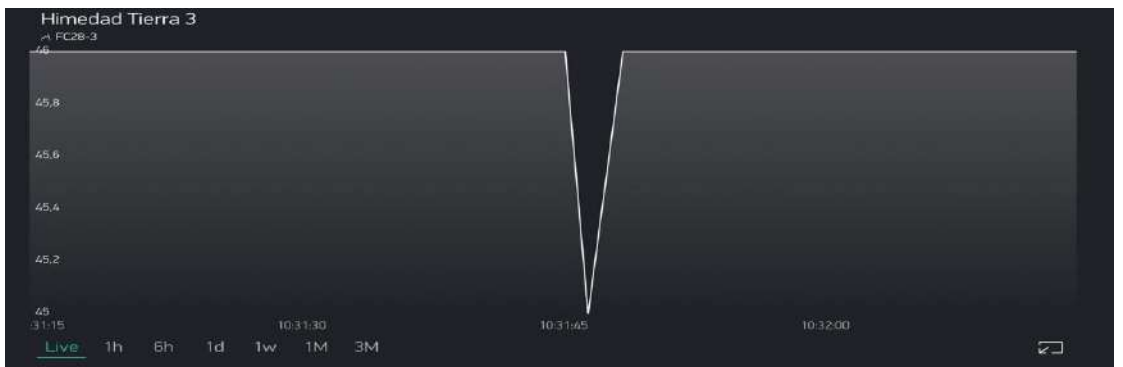
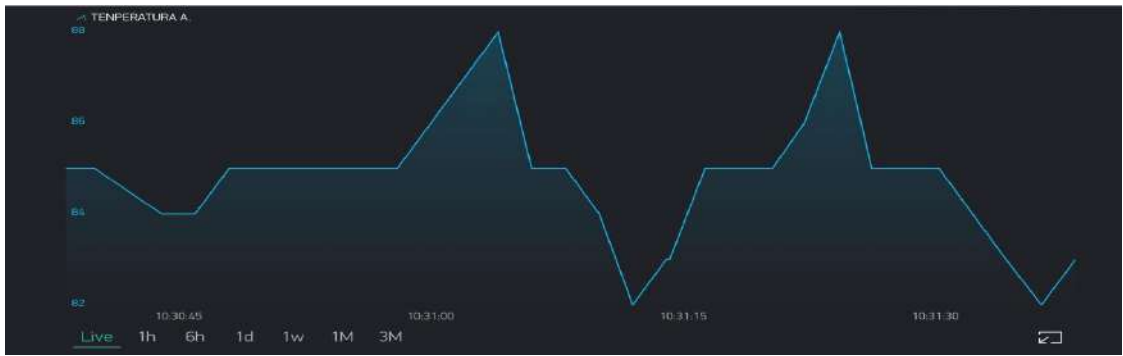
  lcd.setCursor(0,0);//posicionamiento en la primera linea
  lcd.print("SISTEMA DE RIEGO"); //escritura en la primera linea
  lcd.setCursor(-4,2); //salto a la segunda linea
  lcd.print("Humedad:"); //escritura en la segunda linea
  lcd.print(h,1);
  lcd.setCursor(8,4); //salto a la tercera linea
  lcd.print("Temperatura:");
  lcd.print(t,1);//escritura en la tercera linea
  lcd.setCursor(6.5,3); //salto a la cuarta linea
  lcd.print("ESPOCH"); //escritura en la cuarta linea
  delay (3000);
  lcd.clear();
  lcd.setCursor(0,0);//posicionamiento en la primera linea
  lcd.print("SISTEMA DE RIEGO"); //escritura en la primera linea
  lcd.setCursor(-4,2); //salto a la segunda linea
  lcd.print("H.Tierra 1:"); //escritura en la segunda linea
  lcd.print(value1,1);
  lcd.setCursor(7,4); //salto a la tercera linea
  lcd.print("H.Tierra 2:");
}

```

```
lcd.print(value2,1);//escritura en la tercera linea
lcd.setCursor(6.5,3); //salto a la cuarta linea
lcd.print("ESPOCH"); //escritura en la cuarta linea
delay (3000);
lcd.clear();
lcd.setCursor(0,0);//posicionamiento en la primera linea
lcd.print("SISTEMA DE RIEGO"); //escritura en la primera linea
lcd.setCursor(-4,2); //salto a la segunda linea
lcd.print("H.Tierra 3:"); //escritura en la segunda linea
lcd.print(value3,1);
lcd.setCursor(7,4); //salto a la tercera linea
lcd.print("H.Tierra 4:");
lcd.print(value4,1);//escritura en la tercera linea
lcd.setCursor(6.5,3); //salto a la cuarta linea
lcd.print("ESPOCH"); //escritura en la cuarta linea
delay (3000);
}
void loop()
{
  Blynk.run();
  timer.run();
  timer1.run();
}
```

ANEXO E IoT Blynk





ANEXO F Medición temperatura y PH de las plantas



ANEXO G Sistema de riego





ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

**DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA EL
APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN**



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega:00 / 00 / 0000

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: :
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad:
Carrera:
Título a optar:
f. Analista de Biblioteca responsable: Lic. Luis Caminos Vargas Mgs.



00-00-0000

0000-DBRAI-UPT-0000

