



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO**

CARRERA DE TELECOMUNICACIONES

**Desarrollo de un dispositivo IOT en cloud para un invernadero en el caserío La
Clementina.**

Trabajo de titulación previo a la obtención del
Título de INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

AUTOR: VANNER SANTIAGO VACA CARRASCO

TUTOR: LUIS GERMÁN OÑATE CADENA

Quito-Ecuador

2024

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO
DE TITULACIÓN**

Yo, Vanner Santiago Vaca Carrasco, con documento de identificación No. 1804415402 ; manifestamos que:

Soy autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 21 de febrero del año 2024.

Atentamente,

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Vanner Santiago Vaca Carrasco', is written over a horizontal line.

Vanner Santiago Vaca Carrasco

1804415402

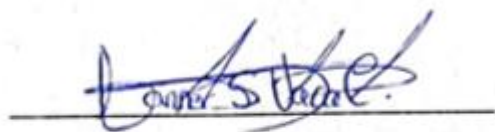
**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA
SALESIANA**

Yo, Vanner Santiago Vaca Carrasco, con documento de identificación No. 1804415402, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del proyecto técnico: “Desarrollo de un dispositivo IOT en cloud para un invernadero en el caserío La Clementina”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero en Telecomunicaciones, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 21 de febrero del año 2024.

Atentamente,



Vanner Santiago Vaca Carrasco

1804415402

CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN

Yo, Luis Germán Oñate Cadena con documento de identificación No. 1712157401 docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DESARROLLO DE UN DISPOSITIVO IOT EN CLOUD PARA UN INVERNADERO EN EL CASERÍO LA CLEMENTINA, realizado por Vanner Santiago Vaca Carrasco con documento de identificación No. 1804415402, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 21 de Febrero del año 2024.

Atentamente,



Ing. Luis German Oñate Cadena, MSc.

1712157401

DEDICATORIA

Dedico con todo mi corazón mi tesis principalmente a Dios, por haberme dado la vida y permitirme el haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional. A mi madre, por ser el pilar y el apoyo incondicional y por brindarme todo su amor, sacrificio y comprensión sin importar nuestras diferencias de opiniones. A mi padre, por inculcarme el deseo de superación y de triunfo en la vida. A mi mamita Elsitita que desde el cielo siento que está conmigo siempre, sé que este momento hubiera sido tan especial para ella como lo es para mí. A mi tía Paty, a quien quiero mucho por confiar en mí, y por siempre estar dispuesta a escucharme y ayudarme en cualquier momento, no puedo dejar pasar por alto a mi abuelito Miguel quien aún me acompaña y me da su bendición. A mi hermana y mi sobrino por ser mi fortaleza y estar siempre conmigo, sin ustedes no hubiese logrado esta meta.

Vanner Santiago Vaca Carrasco

AGRADECIMIENTOS

Quiero dejar constancia de mi imperecedera gratitud a la Universidad Politécnica Salesiana sede Quito en especial a la facultad de Ingeniería en Telecomunicaciones por permitirme obtener un título que hará factible mi plena satisfacción como persona e Ingeniero y ser un ente útil para la sociedad.

A todas las personas que tienen el don de enseñanza como son los maestros, quienes con su pedagogía y paciencia supieron impartir los conocimientos a quienes necesitamos de ellos para buscar un mejor futuro en la sociedad, y de manera muy especial al Ing. Luis Germán Oñate Cadena tutor de este trabajo, el mismo que con sus orientaciones, desinterés y entrega ha orientado esta tesis, sin su valiosa ayuda no habría alcanzado los objetivos propuestos.

Llega también mi sincero y profundo agradecimiento a todas aquellas personas e Instituciones que, en forma oportuna, aportaron con su valioso conocimiento, para la exitosa culminación del mismo.

Vanner Santiago Vaca Carrasco

El Autor

ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	2
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.....	3
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN.....	4
DEDICATORIA	5
AGRADECIMIENTOS	6
RESUMEN.....	9
ABSTRACT	10
1 ANTECEDENTES	12
4.1 Planteamiento del problema	12
4.2 Justificación.....	12
4.3 Objetivos.....	13
4.3.1 Objetivo General	13
4.3.2 Objetivos Específicos.....	13
4.4 Metodología.....	14
2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	15
2.1 Lenguajes de Programación usados en sistemas IoT	15
2.2 Node-RED	16
2.3 Node MCU ESP8266	16
2.5 Sensor de Temperatura DS18B20.....	18
2.6 Sensores de Potencial de Hidrogeno (PH).....	18
CAPÍTULO 3.....	20
3.1 Diseño del dispositivo IoT	20
3.2 Bloque Controlador ESP8266.....	21
3.3 Diseño del Prototipo.....	22
CAPÍTULO 4 IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS.....	23

4.1Nodos usados en la interfaz Node-red	23
CAPITULO 5.....	28
Análisis De Costos	28
5.1Costos de materiales.....	28
5.2. Servicios adicionales.....	29
5.3. Costo fijo.....	29
5.4 Costo Variable.....	30
5.5 Punto de Equilibrio	30
CAPITULO 6.....	32
6.1. CONCLUSIONES	32
6.2. RECOMENDACIONES	32
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	33

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 2.1 Node MCU ESP8266.....	17
Figura 2.2 Sensor de Humedad de suelo FC-28.....	17
Figura 2.3 Sensor de Temperatura DS18B20.	18
Figura 2.4 Sensor de Potencial de Hidrógeno (PH).....	19
Figura 0.1 Diagrama de Bloques para comunicación de los sensores.....	21
Figura 3.2 Diagrama del sistema a ser implementado.....	23
Figura 4.1 Nodos para recepción y envío de datos.....	25
Figura 4.2 Interfaz gráfica vista mediante un ordenador.....	26
Figura 4.3 Interfaz gráfica vista desde un dispositivo móvil.....	26
Figura 4.4 Alertas mediante Telegram.....	28
Figura 4.5 Implementación de dispositivo en el Invernadero.....	29
Figura 4.6 Resultados obtenidos en el invernadero (PH Bajo).....	29
Figura 4.7 Resultados obtenidos en el invernadero (PH Alto).....	30

RESUMEN

El presente proyecto tiene como finalidad el desarrollo de un dispositivo IoT en cloud para un invernadero en el caserío La Clementina del cantón Pelileo provincia de Tungurahua, por medio de una conexión Wi-Fi se llevara a cabo el monitoreo de los sensores tanto de temperatura, humedad y PH , parámetros que son de vital importancia en el cuidado de la producción de un invernadero , esto será de gran utilidad para tener un sistema de agricultura más autónomo y para el mejoramiento de la producción de los cultivos mediante el monitoreo de las variables físicas. El uso del Wi-fi es necesario para conectar los sensores seleccionados con la ESP8266 la cual a su vez se comunica con el servidor mediante una red Wi-Fi , Node-RED es quien conecta cada sensor para que pueda ser visualizado los nodos de forma gráfica e interactiva, adicionalmente los datos que han sido monitoreados serán enviados a la cloud donde podremos visualizarlos de una manera grafica la cual resulta más intuitiva para la persona que este monitoreando el normal funcionamiento del invernadero , el control del sistema está al alcance de todas las personas con un dispositivo con acceso a internet , mediante a dirección IP del dashboard , adicionalmente el sistema enviara una alerta mediante mensajería (Telegram) en manera de alerta o prevención cuando los parámetros monitoreados muestren un comportamiento irregular o inadecuado.

ABSTRACT

The purpose of this project is the development of an IoT device in the cloud for a greenhouse in the La Clementina hamlet in the Pelileo canton, province of Tungurahua, through a Wi-Fi connection, the monitoring of both temperature and humidity sensors will be carried out. humidity and PH, parameters that are of vital importance in the care of the production of a greenhouse, this will be very useful to have a more autonomous agricultural system and to improve crop production by monitoring physical variables . The use of Wi-Fi is necessary to connect the selected sensors with the ESP8266 which in turn communicates with the server through a Wi-Fi network. Node-RED is the one that connects each sensor so that the nodes can be displayed graphic and interactive, additionally the data that has been monitored will be sent to the cloud where we can view it in a graphic way which is more intuitive for the person who is monitoring the normal operation of the greenhouse, the control of the system is within the reach of all people with a device with internet access, through an IP address of the board, additionally the system will send an alert through messaging (Telegram) as an alert or prevention when the monitored parameters show irregular or inappropriate behavior.

INTRODUCCIÓN

El proyecto tiene como objetivo el desarrollo de un dispositivo IoT cloud para el monitoreo de los factores físicos de un invernadero en el caserío La Clementina en el cantón Pelileo. El dispositivo permitirá realizar una conexión de manera inalámbrica los tres sensores a un MQTT server para realizar el monitoreo de los valores físicos como son: temperatura, humedad y PH del suelo, los cuales están implementados en un prototipo. Los puntos a tratarse por capítulos serán detallados a continuación:

El primer capítulo, se ve los parámetros generales del proyecto, objetivos tanto generales como específicos, el planteamiento del problema y la metodología utilizada para la resolución del proyecto.

En el segundo capítulo, se compone de la fundamentación teórica la cual es fundamental para el desarrollo del proyecto.

En el tercer capítulo, se detalla el diseño del dispositivo, sus elementos como el ESP8266 y los tres sensores a ser analizados.

En el capítulo cuarto, se evidencia las pruebas del correcto funcionamiento del dispositivo, es decir que los sensores envíen correctamente los datos a la cloud.

En el quinto capítulo, se reflejarán tanto las conclusiones obtenidas de la implementación del dispositivo y recomendaciones del proyecto teniendo en cuenta los valores resultantes del monitoreo del invernadero.

1 ANTECEDENTES

1.1 Planteamiento del problema

Actualmente la agricultura tiene muchos problemas en el rendimiento de sus cultivos debido a las diferentes plagas, que han afectado los cultivos, es por ello que los agricultores han implementado la tecnificación de los invernaderos para generar mejoría en los resultados de los productos y la optimización de su tiempo.

Uno de los graves problemas del caserío La Clementina es la carencia de agua, a causa de que el agua de regadío Huachi-Pelileo llega una sola vez al mes, lo que es un limitante para los agricultores, viéndose en la necesidad de adquirir tanqueros de agua los cuales tienen un costo de 20 USD, lo que afecta directamente a la economía de los agricultores, esto conlleva a un aumento en el costo de los productos, los cuales son expendidos en las grandes ciudades afectando al bolsillo de los consumidores finales.

Cuando en los invernaderos utilizamos agua con alta alcalinidad se produce un alto pH de sustrato, y este a su vez afecta ciertos nutrientes, aunque estos se encuentren presentes el sustrato, el que es más afectado es el hierro de las plantas, evidenciando síntomas de amarillamiento o blanqueamiento de las hojas. (Coello, 2020)

El factor climatológico también es un grave problema en los cultivos en invernaderos puesto que el aumento de la temperatura hace que los cultivos se sequen, afectando gravemente a la productividad. Es decir, a mayor cantidad de temperatura mayor será la necesidad del consumo de agua.

1.2 Justificación

Al desarrollar un dispositivo IOT para el monitoreo de un invernadero permitirá que los agricultores controlen de mejor manera el óptimo crecimiento de sus cultivos desde su teléfono móvil o desde cualquier punto gracias a la cloud o nube. Esto quiere decir que pueden monitorear la humedad, el pH del suelo y la temperatura del invernadero desde cualquier lugar con acceso a internet, eliminando la necesidad de que el agricultor este constantemente ingresando a controlar el invernadero, de esta manera estaría optimizando su tiempo y mejoran los estándares de su producción (Vásquez Bermúdez et al., 2023).

Los sistemas IOT inteligentes pueden integrar tecnologías de monitoreo eficientes, como sensores que monitorean pH del suelo, humedad y temperatura para saber los tiempos exactos en los que se requiere realizar el riego en los cultivos o el momento en el que el invernadero necesita ventilación. (S/f). Esto permite un uso más adecuado del agua, puesto que la carencia de la misma es un limitante en dicho sector, reduciendo así la demanda de agua y mejorando la producción en dicho invernadero. (Abad Alay et al., 2023)

Al tener acceso a la nube se puede recopilar datos sobre el monitoreo del invernadero, como cuanto aumenta o disminuye la temperatura del mismo, también como la acidez o alcalinidad del agua. Estos datos serán de vital importancia para analizar y optimizar el consumo de agua, identificar posibles desperdicios y tomar decisiones para reducir los costos en la adquisición del agua, aumentar la producción de los productos a ser comercializados (S/f-c).

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

- Desarrollar un dispositivo IOT en cloud que mida la temperatura, alcalinidad y humedad en un invernadero para cultivos ubicado en el cantón Pelileo Caserío La Clementina para mejorar la producción de los cultivos mediante el monitoreo de las variables físicas.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Analizar diversas tecnologías para cultivos monitoreados desde la cloud en entornos IOT para determinar sus características de rendimiento y posibles limitaciones.
- Diseñar un sistema de monitoreo para invernadero que se conecte al Internet mediante Wi-Fi para que pueda observarse la temperatura, alcalinidad y humedad en un plataforma IoT.
- Implementar un sistema IoT dentro de un invernadero para la comprobación de su viabilidad técnica.
- Analizar el costo de implementar el dispositivo IoT para determinar su viabilidad económica.

1.4 Metodología

Paradigma de Investigación: Positivista

Tipo de Investigación: experimental

Alcance: Descriptivo

Unidad de Análisis. – Correcto funcionamiento del sistema IoT en el monitoreo de un invernadero en el caserío La Clementina.

2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

En este capítulo se analiza la base teórica del proyecto de tesis, de manera que el lector tenga una comprensión clara del tema en consideración con base en los conceptos que aportan la solución del problema.

La tecnología IoT permite una mayor comodidad y eficiencia al conectar dispositivos y sistemas por medio del Internet para automatizar tareas cotidianas y recopilar datos de sensores en tiempo real.

Por lo cual puede mejorar nuestra calidad de vida y nuestras habilidades para tomar decisiones.

El monitoreo de un invernadero es un ejemplo de esta tecnología, ya que están equipadas con sensores los cuales recolectan datos sobre humedad, pH y temperatura, la información captada por los sensores se transmite mediante Wi-Fi o Bluetooth permitiendo así que se pueda comunicar con otros dispositivos externos al invernadero (S/f-d).

Un gran problema es la compatibilidad de dispositivos de diferentes fabricantes y plataformas.

La conectividad de red nos permite actualizaciones de firmware sencillas y dar un mantenimiento remoto de dispositivos IoT ahorrando tiempos y recursos (S/f-e).

La integración con servicios en la nube es aprovechada por la gran parte de sistemas de control o monitoreo de IoT ya que se benefician de servicios en la nube para guardar datos los cuales posteriormente será analizados y procesados, si no contamos con conexión a internet no podremos beneficiarnos de estos servicios.

Si ya contamos con acceso a internet podemos recibir notificaciones del funcionamiento de nuestro sistema IoT en tiempo real (Montaño-Blacio, 2023)

2.1 Lenguajes de Programación usados en sistemas IoT

Para enviar y recopilar la información captada por los sensores a la nube es necesario escribir un código, para ello se requiere de conocimientos de lenguajes de programación como Python, C o JavaScript, según la plataforma elegida (S/f-f).

El protocolo MQTT está diseñado para el envío de mensajería liviano mediante el sistema de Internet de las cosas (IoT). Algunos aspectos importantes de MQTT en sistemas IoT son:

Eficiencia: MQTT es un protocolo de comunicación muy eficiente en términos de consumo de recursos y ancho de banda.

Nos concede una comunicación flexible en sistemas IoT. (S/f-g)

El seguimiento y el control son factores clave en la producción agrícola, sobre todo en invernaderos donde las plantas crecen en un ambiente de constante cuidado y suministro de agua y nutrientes, el uso de sistemas IoT puede mejorar significativamente la eficiencia y la productividad en actividades agrícolas. (Barrientos,2020).

2.2 Node-RED

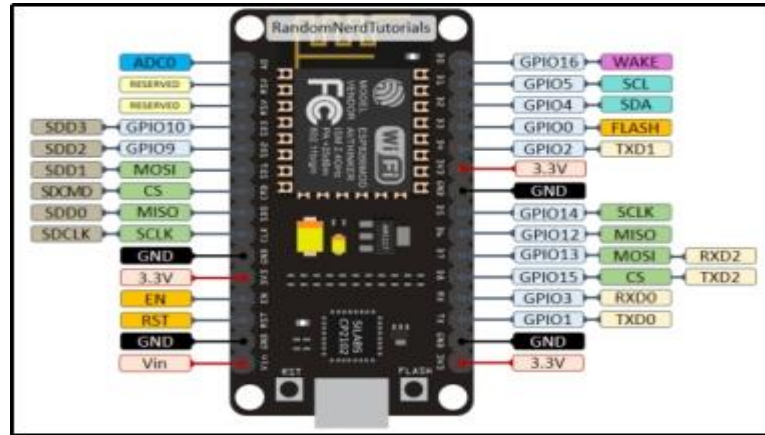
Herramienta que autoriza a los usuarios desarrollar la programación de una manera más simple, sin digitar una sola línea de código, ya que es un editor de procesos que se caracteriza por poder agregar, eliminar o conectar nodos para establecer una correcta comunicación (Arroba, 2021). Node-RED utiliza código abierto para facilitar el desarrollo de aplicaciones IoT y flujos de trabajo visuales, brinda un entorno de desarrollo visual que se basa en nodos y flujos, facilita la comunicación entre dispositivos , lo que lo hace ideal para el desarrollo de proyectos de automatización del hogar, industria y agricultura , siendo la indicada para desarrollar nuestro proyecto para el invernadero, en el aspecto de integración con plataformas cloud puede integrarse fácilmente con plataformas en la nube, como AWS lo que la hace factible su implementación y su escalabilidad. (Aquino et al., 2017).

2.3 Node MCU ESP8266

El NodeMCU ESP8266 tiene una pila TCP/IP y un microcontrolador de bajo costo. El módulo ESP8266 tiene dos modos de conexión. El primero funciona con el firmware ESP-AT para conectar Wi-Fi a un microcontrolador host externo, y el segundo es un microcontrolador independiente con un SDK RTOS que admite de forma nativa aplicaciones conectadas a Wi-Fi. NodeMCU es una plataforma de desarrollo que utiliza el ESP8266 para proporcionar conectividad Wi-Fi a proyectos de IoT . (Valencia & Delgado, 2021). El ESP8266 NodeMCU es una opción popular entre los desarrolladores y entusiastas que buscan una solución simple y rentable para proyectos

de IoT basados en Wi-Fi. Su flexibilidad, programabilidad y conectividad inalámbrica lo hacen ideal para diversas aplicaciones en el espacio de IoT.

Figura 2.1 MCU ESP8266.



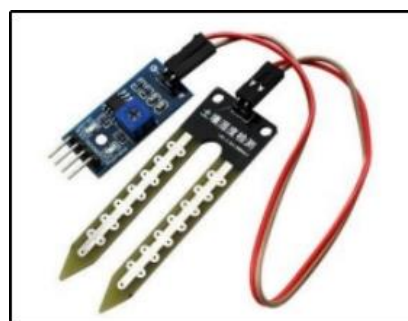
Fuente: (Valencia & Delgado, 2021) Recuperado <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21427>

2.4 Sensor de Humedad de Suelo

Los sensores de humedad del suelo aplican la propiedad eléctrica de la conductividad del suelo, que cambia según los valores de humedad presentes en el ambiente. El sensor mide la resistencia o capacitancia entre dos electrodos insertados en el suelo.

Se utiliza a menudo para comprobar la humedad del suelo en invernaderos, jardines botánicos, etc., o para plantas en estudio. Sabes si el suelo está seco, mojado o tiene demasiada humedad porque el sensor utiliza un voltaje que es proporcional a la humedad medida. (Barrientos et al., 2020).

Figura 2.2 Sensor de Humedad de suelo FC-28.



Fuente: (Barrientos et al., 2020) Recuperado de:

https://www.researchgate.net/profile/Vijender-Solanki/publication/311947364_An_IoT_Based_Predictive_Connected_Car_Maintenance_Approach/links/5869dace08ae329d6210109e/An-IoT-Based-Predictive-Connected-Car-Maintenance-Approach.pdf

2.5 Sensor de Temperatura DS18B20

Es un sensor de temperatura digital de tipo termómetro de temperatura que se caracteriza por ser resistente al agua. Nos brinda alta precisión con una resolución programable de 9 a 12 bits. El sensor incluye en su interior: conversor analógico a digital e interfaz digital. Trabaja en un amplio rango de temperatura, generalmente desde -55°C hasta $+125^{\circ}\text{C}$. (Valencia, 2021). Convierte la temperatura a formato digital internamente y proporciona el valor directamente.

Figura 2.3 Sensor de Temperatura DS18B20.



Fuente: (Valencia & Delgado, 2021) Recuperado de:
<https://naylorlampmechatronics.com/sensores-temperatura-y-humedad>.

2.6 Sensores de Potencial de Hidrogeno (PH)

El sensor reconoce los valores de alcalinidad que se encuentran en una solución líquida, funciona midiendo la concentración de iones de hidrógeno (H^+) en una solución, utiliza un electrodo de vidrio sensible al pH y un electrodo de referencia, tiene adicionalmente una precisión de 0.1 PH, tienen rango de medición típico de 0 a 14, siendo denominado el valor de 7 como neutro, y los valores menores nos indican

acidez y los valores mayores indican alcalinidad ,permitiendo fabricar sistemas que tienen gran rango de precisión, con la ventaja de que son baratos. (Coello & Silva, 2020).

Figura 2.4 Sensor de Potencial de Hidrógeno (PH).



Sensor de PH.

Fuente: (Coello & Silva, 2020) Recuperado de:

<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7986/1/UPS-CT004855.pdf>

CAPÍTULO 3

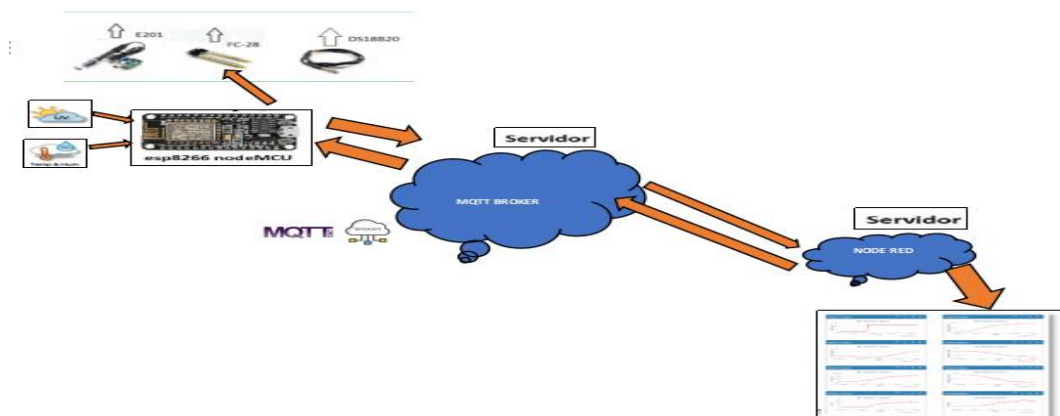
Diseño de la red inalámbrica

El presente capítulo aborda el diseño de un sistema de monitoreo para invernadero que se conecte al Internet mediante Wi-Fi para que pueda observarse la temperatura, alcalinidad y humedad en un plataforma IoT , Se realiza los pertinentes esquemas y procesos que serán implementados posteriormente.

3.1 Diseño del dispositivo IoT

Los sensores se conectan a un módulo controlador ESP8266 el cual cuenta con tecnología Wi-Fi, la que va hacer aprovechada para conectarnos con nuestro servidor MQTT la que tiene por objetivo administrar los datos de nos emiten nuestros sensores, para realizar la programación de los nodos tanto de entrada y de salida vamos a utilizar el software NODE-RED como se puede apreciar en la ilustración mostrada a detalle en la Figura 3.1.

Figura 0.1 Diagrama de Bloques para comunicación de los sensores.



Elaborado por: Vanner Santiago Vaca

Como se puede ver en el diseño de la figura 3.1 consta de varias etapas para que los datos recolectados por nuestros tres sensores lleguen de manera correcta y segura al usuario, una de ellas es la conexión de los sensores con el ESP8266 .

El sensor E201 es el encargado de obtener el PH de nuestro invernadero, en tanto que

el sensor DHT22 va a ser el encargado de recolectar la información tanto de temperatura como de humedad del invernadero, los sensores se conectan directamente a la placa ESP8266 la cual tiene la labor de mapear la información para que sean leídos en el servidor MQTT y emitidos al cloud para la visualización en tiempo real por nuestro usuario o dueño del invernadero. A continuación, se detalla los roles que tomara cada sensor en nuestro sistema.

El sensor que será implementado para este sistema, nos brinda las facilidades necesarias para llevar un monitoreo continuo desde cualquier dispositivo con acceso a internet. Si hablamos de precisión aceptable en sus mediciones, generalmente en el rango de $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$ para la temperatura y $\pm 2\%$ para la humedad, con un rango de medición desde -40°C a 80°C , mide la humedad relativa en un rango típico que va desde el 0% al 100%, ideal para el rango de valores de nuestro sistema, debemos tener en cuenta que nuestro sensor funciona con una fuente de alimentación de bajo voltaje, generalmente entre 3.3V y 5V .

El sensor de PH que vamos a utilizar en nuestro sistema suele tener un margen de medición específico de 0 a 14 pH, cubriendo la mayoría de las soluciones ácidas y alcalinas, funciona con una fuente de alimentación de bajo voltaje, en el rango de 3.3V a 5V.

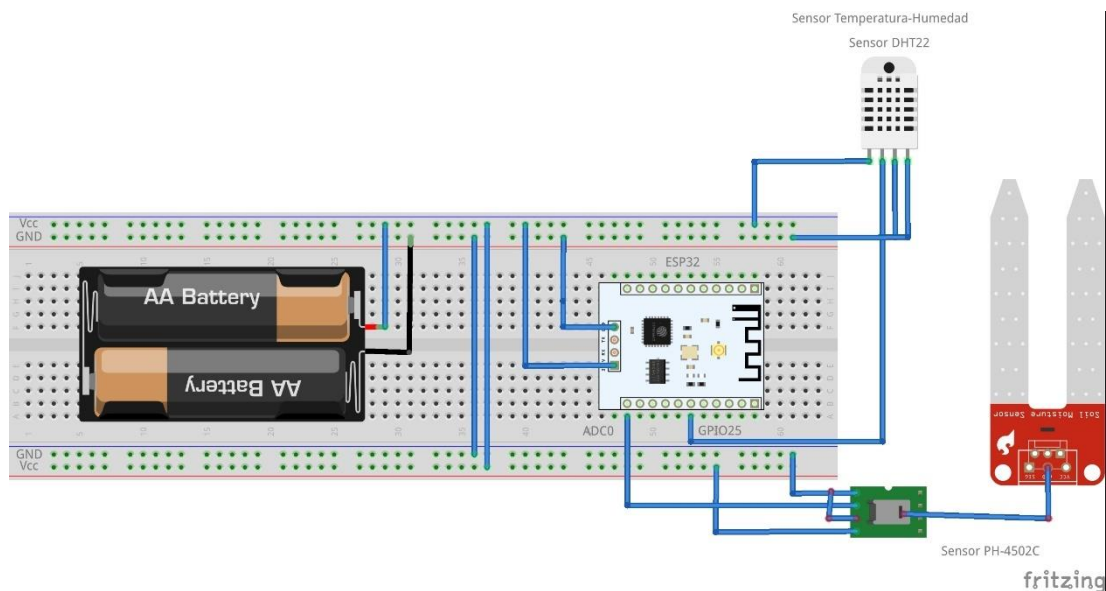
3.2 Bloque Controlador ESP8266

Para desarrollar nuestro sistema se utilizará el módulo ESP8266 el cual actúa como elemento de control, utiliza tecnología Wi-Fi , que permite la integración de redes inalámbricas . Esta es una buena opción ya que consume menos energía y permite compartir datos. Cuenta con un lector para valores análogos pues consta de uno que viene nombrado como A0, gracias a esto debemos tener un controlador para monitorear cada sensor.

3.3 Diseño del Prototipo

Puesto que el dispositivo va a ser completamente autónomo se consideró que su funcionamiento esta generado por pilas las cuales nos brinden un voltaje de 5V con lo cual nuestro dispositivo, trabajara sin ningún problema, as pilas brindan alimentación tanto a nuestra ESP8266 como a nuestros sensores que en este caso como podemos apreciar se trata de los sensores E201 es el encargado de medir el PH y del DHT22 que va ser el encargado de medir humedad y temperatura de tempera del invernadero.

Figura 3.2 Diagrama del sistema a ser implementado.



Elaborado por: Vanner Santiago Vaca

CAPÍTULO 4

IMPLEMENTACIÓN Y PRUEBAS

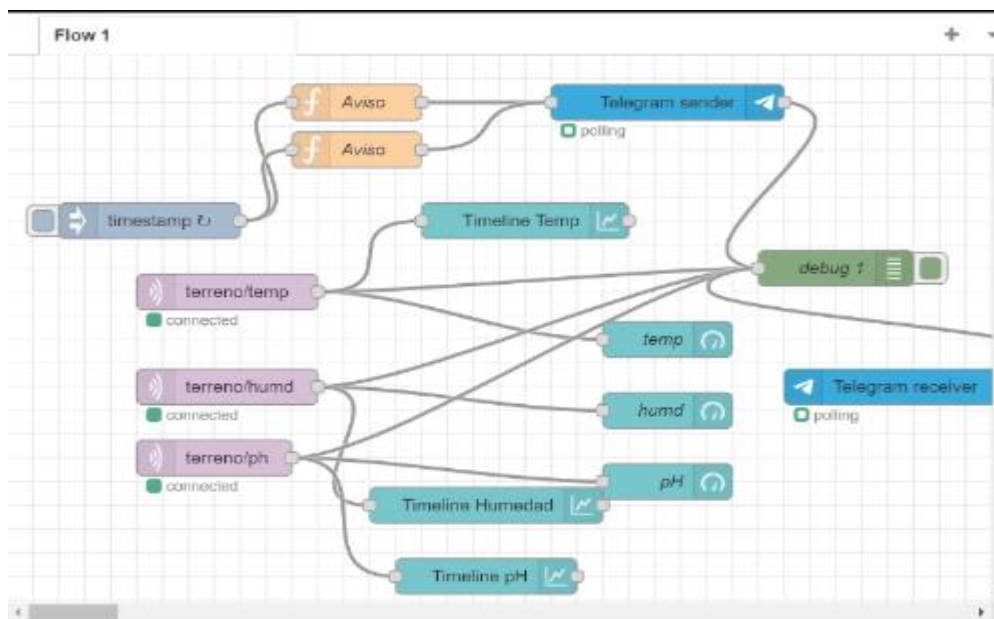
Este capítulo define y describe el proceso para obtener datos cambiantes de temperatura, humedad y PH mostrados en la nube y en notificaciones de Telegram utilizando dispositivos IoT preconfigurados conectados a través de comunicaciones MQTT.

4.1 Nodos usados en la interfaz Node-red

Mediante la programación

Para que los datos fluyan correctamente en una red inalámbrica, se debe utilizar programación a través de nodos que se envían con un nombre único que identifican los dispositivos. Se los denominan temas y puede enviar datos sin utilizar todo su ancho de banda. Debe configurar nodos MQTT para varios dispositivos en su red IoT. El tema debe nombrarse según el sensor a utilizar, variable o entorno que controla el enlace. La Figura 4.1 muestra los tres datos enviados por el ESP8266 y los nodos Timeline Temp y temp para el sensor de temperatura, para el sensor de humedad tenemos los nodos Timeline Humedad y humd , finalmente para el PH tenemos los nodos Timeline PH y pH que generan un ambiente en el cual se muestra gráficamente la información recolectada gracias a nuestros sensores..

Figura 4.1 Nodos para recepción y envío de datos.



Elaborado por: Vanner Santiago Vaca

Para la interconexión se utilizan nodos con propiedades del protocolo MQTT IN. Esto le permite escuchar sus mensajes y su MQTT OUT a través de la red. Estos nodos se identifican por el nombre del tema que representan. En este caso, se utilizaron los nombres "terreno/temp", "terreno/humed" y "terreno/ph" .

Además, podemos observar que nuestro diseño cuenta con un nodo de alertas el cual enviara mensajes de texto mediante la aplicación de mensajería TELEGRAM la cual es accesible para cualquier usuario que posea un dispositivo móvil con acceso a internet.

La Figura 4.2 visualiza los 3 valores analizados que se muestran en el entorno grafico de usuario de la cloud y muestra los valores emitidos por los sensores del sistema. Se producen múltiples configuraciones en tiempo real dentro del nodo del panel para monitoreo. Además, es necesario visualizar el comportamiento de estas variables físicas a lo largo del tiempo. Por lo tanto, el plano biaxial de la gráfica de variables físicas versus tiempo se crea utilizando el nodo Timeline.

Para identificar los valores de las variables físicas en tiempo real y permitir al operador codificar por colores los valores máximos y mínimos, el indicador “temp”, “humd”, “pH” respectivamente, está instalado en la interfaz.

Figura 4.2 Interfaz gráfica vista mediante un ordenador

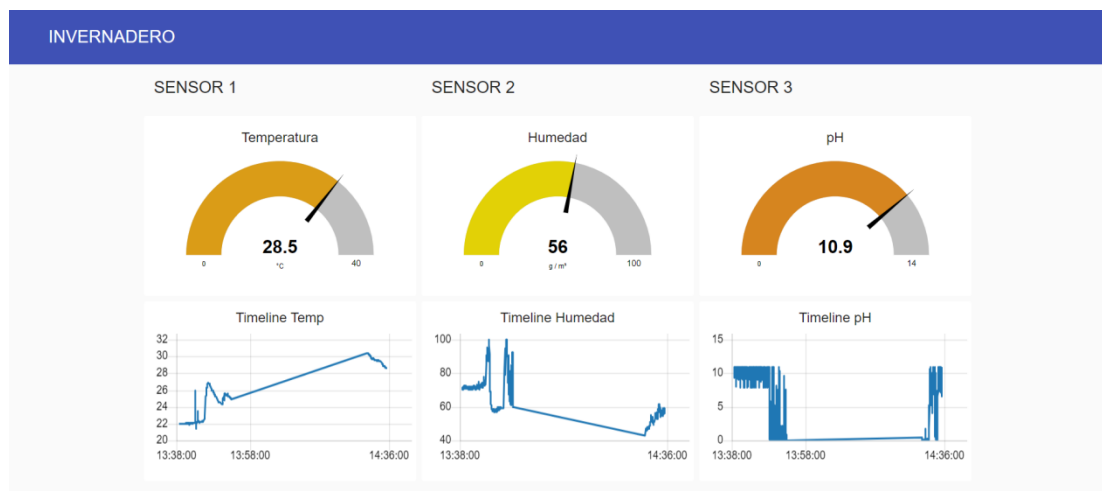
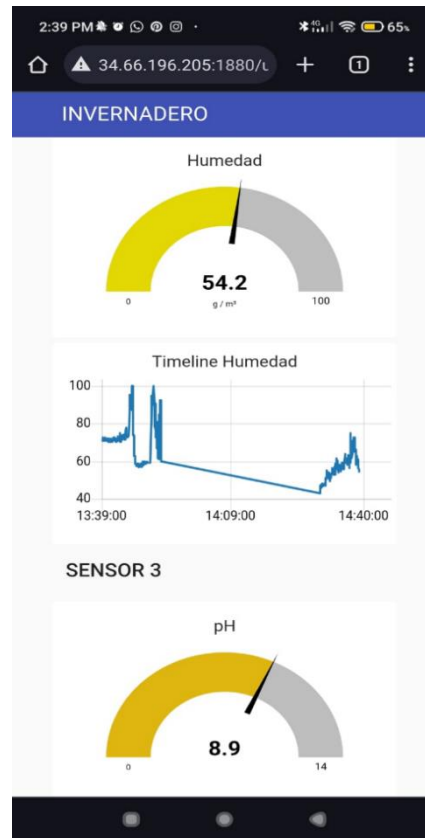


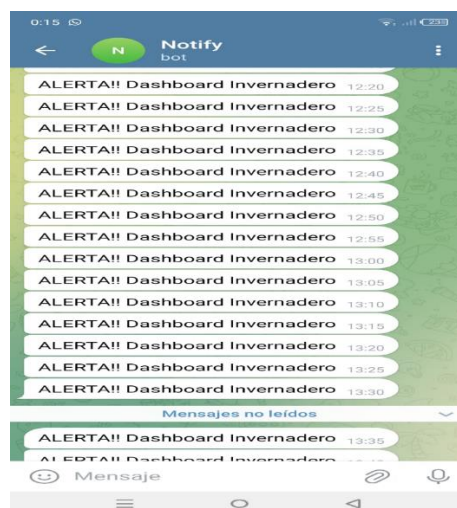
Figura 4.3 Interfaz gráfica vista desde un dispositivo móvil



Elaborado por: Vanner Santiago Vaca

Los datos que se están monitoreando se envían como tipo alerta a nuestro dispositivo móvil, como mensaje en la aplicación de Telegram como se muestra a continuación en la Figura 4.4 . Esto como una alerta para saber que nuestro invernadero está constantemente siendo monitoreado.

Figura 4.4 Alertas mediante Telegram



Elaborado por: Vanner Santiago Vaca

El proceso de implementado del dispositivo fue todo un éxito cumpliendo con todos los procesos anteriormente detallados, consiguiendo los objetivos que se plantearon al inicio de este proyecto de tesis , el dispositivo fue implementado dentro del invernadero en el caserío La Clementina conectándose exitosamente a internet mediante Wi-Fi lográndose observar los parámetros analizados.

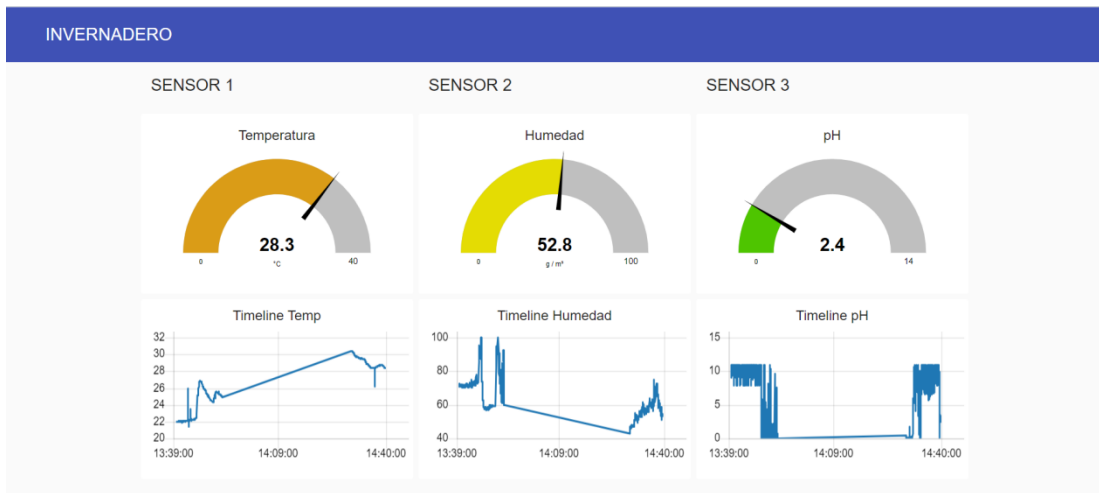
Figura 4.5 Implementación de dispositivo en el Invernadero



Elaborado por: Vanner Santiago Vaca

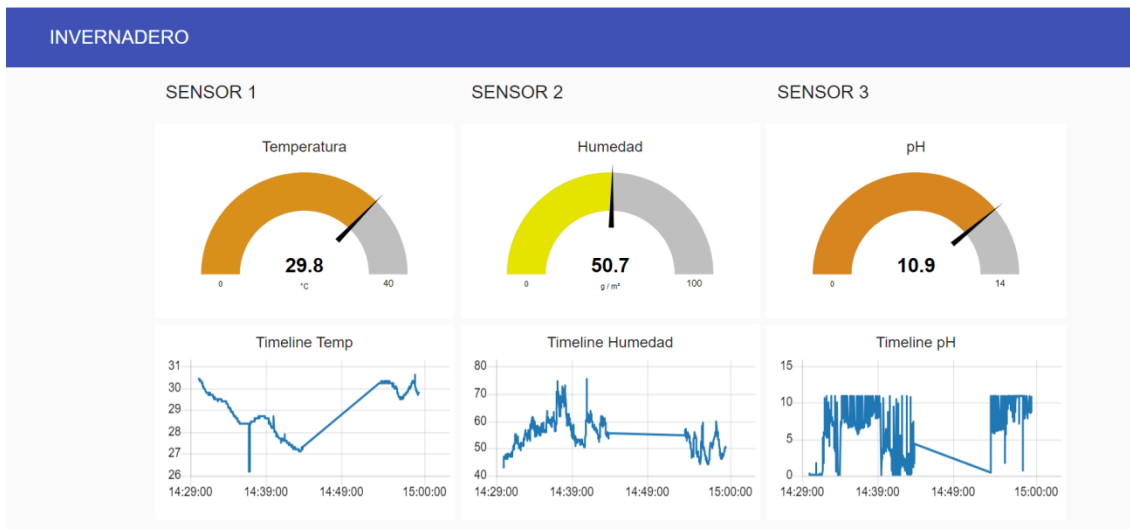
Al interpretar los resultados obtenidos después del monitoreo de los sensores en el invernadero se puede apreciar que para el caso de la Figura 4.6 tenemos un valor de pH de 2.4 lo que nos quiere manifestar que tenemos presencia de acides en el agua que esta siendo utilizada para esta muestra en el invernadero, además se puede apreciar que los resultados de Humedad y de Temperatura son bastante buenos y que se mantienen estables , es decir a mayor temperatura mayor humedad presentara el invernadero.

Figura 4.6 Resultados obtenidos en el invernadero (PH Bajo)



Elaborado por: Vanner Santiago Vaca

Figura 4.7 Resultados obtenidos en el invernadero (PH Alto)



Elaborado por: Vanner Santiago Vaca

Para el caso de la Figura 4.7 se puede notar que el valor monitoreado para el sensor de PH es de 10.9 lo que significa que el agua para esta muestra presenta un nivel de alcalinidad pues supera el valor de 7 en el que se considera un valor neutro. Además, los valores de temperatura y de Humedad tiene un valor de 29.8 y 50.7 respectivamente siendo unos valores considerablemente buenos.

CAPITULO 5

Análisis De Costos

Este capítulo abordará un análisis completo de los costos asociados con los componentes del equipo para ayudarlo a evaluar y comprender la rentabilidad que este tendrá para los usuarios finales en este caso los dueños del invernadero mediante la identificación de costos fijos, variables y puntos de equilibrio.

5.1 Costos de materiales

Tabla 1. Módulos y Materiales

EQUIPO	CANTIDAD	VALOR UNITARIO (USD)	VALOR TOTAL (USD)
ESP32	1	11,90	11,90
Dht22 Sensor De Temperatura Y Humedad De Precisión	1	7,95	7,95
Tec Robot Sensor Ph + Acondicionador Arduino Raspberry	1	42,00	42,00
Broche Batería Conector Cable Pilas Cuadrada	1	1,00	1,00
PILA ALCALINA PIKCELL LR03 AAA 1.5V BLISTER X 4	1	2,60	2,60
Cables	15	0,10	1,50
Protoboard	1	3,50	3,50
		TOTAL	70,45

Elaborado por: Vanner Santiago Vaca

Como se puede observar en la Tabla 1, dependiendo del presupuesto del usuario final para el precio del equipo, se incluyen todos los módulos y materiales utilizados para garantizar un buen rendimiento del dispositivo en el momento su funcionamiento.

5.2. Servicios adicionales

Tabla 2. Costo Total

INVERSION	VALOR (USD)
Dispositivo	70,45
SOFTWARE PARA CLOUD	20
MANO DE OBRA	25
SOPORTE TÉCNICO	20
INSTALACIÓN	20
TOTAL	155,45

Elaborado por: Vanner Santiago Vaca

La Tabla 2 muestra el costo total del dispositivo al sumar los costos de equipo más los gastos adicionales como son la mano de obra, la programación que se realiza para el funcionamiento de los sensores y servicios de aplicaciones complementarias. Cuando se habla del soporte técnico se hace referencia a los gastos de mantener constantemente nuestro sistema monitoreado en la nube, brindando así un monitoreo en tiempo real del invernadero al usuario.

5.3. Costo fijo

El concepto de costos fijos es importante para el análisis de costos de una empresa y es fundamental para determinar el punto de equilibrio. Son costos para una empresa que no cambian con la producción o el volumen de ventas. Estos costos permanecen constantes sin importar cuánto produzca o venda una empresa. Los gastos pueden incluir alquiler, personal administrativo, seguros y depreciación de equipos. Las empresas se enfocan en los costos fijos porque les brindan una idea clara de cuántas ventas necesitan para pagar esos costos y de esta manera obtener o que se reflejen ganancias.(Landaverde, 2020).

5.4 Costo Variable

El margen de contribución se refiere a la resta entre las ventas y los costos variables, y el punto de equilibrio se refiere a los niveles de producción en los que las ventas cubren adecuadamente los costos y gastos variables. La ganancia y las pérdidas son cero. Son costos que varían con las ventas u operaciones de la empresa. Esto significa que los costos variables aumentarán con la producción y viceversa. Unos ejemplos son: las ventas, la mano de obra directa y los activos directos. Tienen un impacto directo en la productividad empresarial, por lo que es muy importante calcular todos los costos de producción y determinar el punto de equilibrio (González Aguilera et al., 2021).

5.5 Punto de Equilibrio

Es un concepto importante en las finanzas, relacionado con el nivel de producción y ventas en el que los ingresos totales de una empresa equivalen a sus costos totales. Actualmente, no hay pérdidas ni ganancias y la empresa se encuentra en equilibrio financiero. El punto de equilibrio se produce cuando todas las ventas y precios son iguales. No hay margen. Es el punto en el que una empresa no obtiene ganancias ni pérdidas, y es un punto de referencia básico para las decisiones de gestión y financieras (Ara et al., 2020).

Considerando la información de los costos proporcionados en las tablas anteriores, continuaremos con el cálculo de los costos fijos y variables para posteriormente obtener el punto de equilibrio, utilizaremos una utilidad del 30% y un precio de venta de 202.085 USD.

Tabla 3. Datos Previos al cálculo del Punto de Equilibrio.

Datos iniciales	USD
Precio Venta	202,085
Costos Fijos	40
Costos Variables	115,45

Elaborado por: Vanner Santiago Vaca

Como se aprecia en los valores de la Tabla 3, asumimos costos fijos para cubrir \$20

por instalación + \$20 por software para cloud , para un total de \$40. Los costos variables son \$20 por soporte técnico + \$70.45 por dispositivo + \$25 por mano de obra, para tener un total de \$115,45. Vale recordar que el dinero gastado ya ha sido utilizado en obra, por lo que todo lo mencionado se considera costos variables y aumenta en proporción a la cantidad de unidades producidas o vendidas.

Tabla 4. Datos Previos al cálculo del Punto de Equilibrio.

CANTIDAD	VENTAS	COSTOS FIJOS	COSTOS VARIABLES	COSTO TOTAL	UTILIDAD
0	0	40	0	40	-40
1	202,085	40	115,45	70,45	131,635
2	404,17	40	230,9	185,9	218,27
3	606,255	40	346,35	301,35	304,905
4	808,34	40	461,8	416,8	391,54
5	1010,425	40	577,25	532,25	478,175
6	1212,51	40	692,7	647,7	564,81
7	1414,595	40	808,15	763,15	651,445
8	1616,68	40	923,6	878,6	738,08
9	1818,765	40	1039,05	994,05	824,715
10	2020,85	40	1154,5	1109,5	911,35

La Tabla 4 se muestra que, para alcanzar el punto de equilibrio, además de beneficiarse de la producción y distribución del proyecto, necesitaría vender un dispositivo por un precio de \$202,085. Esto da un margen de beneficio de 65 %, según la Tabla 4.

CAPITULO 6

6.1. CONCLUSIONES

-Mediante la ejecución de este sistema IoT y tomando como referencia los resultados obtenidos, se busca aportar significativa en la aplicación de internet de las cosas en el campo de la agricultura para invernaderos, que estos sean alternativas útiles y prácticas para poder mitigar los cambios bruscos provocados por el cambio climático y los diferentes factores que afectan el normal crecimiento de los cultivos en un ambiente de invernadero.

-Node RED es una herramienta eficaz que simplifica la traficación de datos mediante la utilización de bloques de programación, y no sólo la programación sino también se tiene menos errores al enviar y recibir los datos.

-Mediante la interacción del envío de alertas por medio de Telegram creada en Node-red se logró que nuestro sistema sea mucho más interactivo con el usuario

-En conclusión, el desarrollo del dispositivo IoT propuesto en este proyecto de tesis es una herramienta valiosa y fundamental para mejorar la producción en los cultivos del caserío La Clementina. Sin embargo, se debe tener en cuenta que la implementación efectiva del sistema requiere una comprensión profunda de las necesidades de cada cultivo.

-Finalmente, el análisis de costos de implementar el dispositivo da como resultado un costo total de \$202,085 y un amplio margen de beneficio del 65%. Según este capítulo, el proyecto tiene sentido económico e invertir en el desarrollo del dispositivo puede generar importantes beneficios financieros.

6.2. RECOMENDACIONES

-Es recomendable tener mucha precaución con la manipulación de los sensores, sobre todo con el sensor de monitoreo de PH puesto que es un sensor muy sensible y su desgaste puede ocasionar variaciones en los resultados del monitoreo.

-Se recomienda utiliza fuentes de alimentación que sean eficientes para el dispositivo a desarrollar, además se recomienda para futuros proyectos, considera la opción de energía solar para reducir la dependencia de la red eléctrica.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Barrientos, E., Rico, D., Coronel, L., & Cuesta, F. (2020). Análisis y control de humedad del suelo a través de un sistema soportado por sensores en el jardín botánico “Jorge Quintero Arenas.” *Respuestas*, 25(3), 14. <https://doi.org/10.22463/0122820x.1796>

Coello, J. I., & Silva, D. A. (2020). DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO EN TIEMPO REAL DE SENSORES DE TEMPERATURA, TURBIDEZ, TDS Y PH PARA LA CALIDAD DEL AGUA UTILIZANDO LA TECNOLOGÍA LORAWAN [UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA]. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7986/1/UPS-CT004855.pdf>

Vásquez Bermúdez, M. J., Hidalgo Larrea, J. W., Salavarría Melo, J. O., & Carchi, M. (2023). Monitoreo IoT en un Sistema Aeropónico para el cultivo de la Lechuga Orgánica: IoT Monitoring in an Aeroponic System for the cultivation of Organic Lettuce. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades*, 4(2), 380–390. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.618>

(S/f-b). Researchgate.net. Recuperado el 15 de noviembre de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/360554530_Sistema_IoT_para_el_monitoreo_de_variables_climatologicas_en_cultivos_de_agricultura_urbana

Abad Alay, M. C., Méndez García, M. A., & Erazo Moreta, O. (2023). Tecnología de Internet de las Cosas en el monitoreo de cultivos agrícolas. *REVISTA ODIGOS*, 4(3), 69–93. <https://doi.org/10.35290/ro.v4n3.2023.939>

Ara, J., Md. Moheuddin, M., Hossain, S., & Abdus Sattar Titu, M. (2020). A Mathematical Study of Break-Even Analysis Based on Dairy Farms in Bangladesh.

International Journal of Economic Behavior and Organization, 8(2), 38.
<https://doi.org/10.11648/j.ijebo.20200802.13>

(S/f-c). Researchgate.net. Recuperado el 15 de noviembre de 2023, de
https://www.researchgate.net/publication/343994106_Monitoreo_de_variables_agrometeorologicas_en_la_fase_de_germinacion_de_un_cultivo_de_pimenton_a_traves_de_IoT

(S/f-d). Researchgate.net. Recuperado el 15 de noviembre de 2023, de
https://www.researchgate.net/publication/345253987_Monitoreo_de_parametros_ambientales_en_casas_de_cultivo_a_traves_de_aplicacion_IoT

(S/f-e). Researchgate.net. Recuperado el 15 de noviembre de 2023, de
https://www.researchgate.net/publication/366578221_Articulo_de_Revision_Aplicacion_de_internet_de_las_cosas_IoT_para_entornos_de_invernadero_optimizados_Application_of_internet_of_things_IoT_for_optimized_greenhouse_environments

Montaño-Blacio, M., González-Escarabay, J., Jiménez-Sarango, Ó., Mingo Morocho, L., & Carrión-Aguirre, C. (2023). Diseño y despliegue de un sistema de monitoreo basado en IoT para cultivos hidropónicos. *Ingenius*, 30, 9–18.
<https://doi.org/10.17163/ings.n30.2023.01>

González Aguilera, A. A., Roblejo, R. I., & Ricardo Zaldivar, P. M. (2021). Condicionamiento de las funciones reales de una variable en la modelación matemática. *Roca: Revista Científico-Educacional de La Provincia de Granma*, 17(1).
<https://openurl.ebsco.com/EPDB%3Aagd%3A8%3A1735992/detailv2?sid=ebsco%3Aplink%3Ascholar&id=ebsco%3Aagd%3A150622027&crl=c>

(S/f-f). Researchgate.net. Recuperado el 15 de noviembre de 2023, de
https://www.researchgate.net/publication/361262313_Sistema_de_riego_para_cultivos_controlado_mediante_una_aplicacion_de_IoT

(S/f-g). Researchgate.net. Recuperado el 15 de noviembre de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/351389371_Avances_en_el_desarrollo_de_un_sistema_de_monitoreo_y_control_de_un_modulo_de_produccion_de_cultivos_hidroponicos_para_regiones_de_laticitudes_elevadas

Landaverde, L. (2020). *Decisiones de Costos después de la Pandemia O P I N I Ó N*.

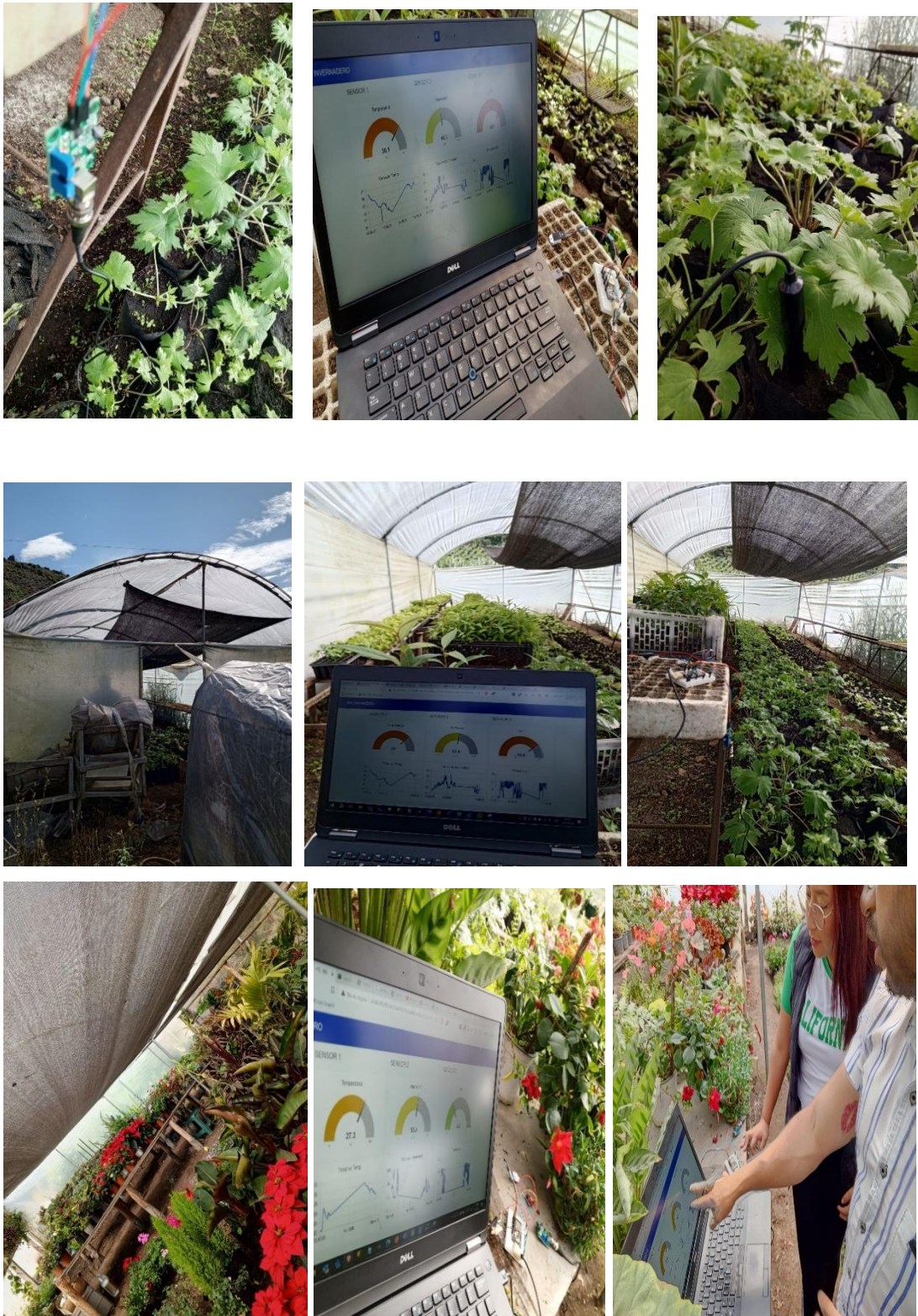
(S/f-h). Researchgate.net. Recuperado el 15 de noviembre de 2023, de https://www.researchgate.net/publication/346686529_Sistema_de_internet_de_las_cosas_IoT_para_el_monitoreo_de_cultivos_protegidos?enrichId=rgreq-a694a775c5043d84f650f0b721040bbeXXX&enrichSource=Y292ZXJQYWdlOzM0NjY4NjUyOTtBUzoxMTQzMTE4MTE5MzA5NDE5OUAxNjk1ODMyMDg2MDAz&el=1_x_2&esc=publicationCoverPdf

Barrientos, E., Rico, D., Coronel, L., & Cuesta, F. (2020). Análisis y control de humedad del suelo a través de un sistema soportado por sensores en el jardín botánico “Jorge Quintero Arenas.” *Respuestas*, 25(3), 14. <https://doi.org/10.22463/0122820x.1796>

Aquino, J., Corona, L., & Fernández, C. (2017). La Otra Mecatrónica Verde...La De Los Invernaderos. 10. https://www.researchgate.net/profile/Jose-Aquino-10/publication/291972851_LA_OTRA_MECATRONICA_VERDELA_DE_LOS_INVERNADEROS/links/56a81c2408ae0fd8b3fe46f5/LA-OTRA-MECATRONICA-VERDELA-DE-LOS-INVERNADEROS.pdf

ANEXOS

Anexo 1 Fotografías del invernadero.



Código:

```
#include <WiFi.h>
#include <PubSubClient.h>
#include <DHT.h>
#define DHTTYPE DHT22

unsigned long previousMillis = 0;
const char *ssid = "SYSCO SUCO";
const char *password = "1234567890";
const char* mqttServer = "34.16.5.97";
const int mqttPort = 1883;
const char* mqttUser = "username";
const char* mqttPassword = "123456";
const int portDHT = 25;
const int portPH = 33;
String strtemp = "";
String strhumd = "";
String strph = "";
const int BUILTIN_LED = 25;
char valueTemp[15];
char valueHumd[15];
char valuePH[15];
DHT dht(portDHT, DHTTYPE);
WiFiClient espClient;
PubSubClient client(espClient);
long lastMsg = 0;
char msg[50];
int value = 0;
int potValor = 0;
const int analogInPin = 35;
float Value=0;
float ph;
```

```

void setup() {
  pinMode(BUILTIN_LED, OUTPUT);    // Initialize the BUILTIN_LED pin as an output
  pinMode(portDHT, INPUT);
  pinMode(analogInPin, INPUT);
  Serial.begin(115200);
  dht.begin();
  setup_wifi();
  client.setServer(mqttServer, 1883);
  client.setCallback(callback);
}

void setup_wifi() {

  delay(10);
  // We start by connecting to a WiFi network
  Serial.println();
  Serial.print("Connecting to ");
  Serial.println(ssid);
  WiFi.begin(ssid, password);
  while (WiFi.status() != WL_CONNECTED) {
    delay(500);
    Serial.print(".");
  }
  Serial.println("");
  Serial.println("WiFi connected");
  Serial.println("IP address: ");
  Serial.println(WiFi.localIP());
}

```

```

void callback(char* topic, byte* payload, unsigned int length) {
  Serial.print("Message arrived [");
  Serial.print(topic);
  Serial.print("] ");
  for (int i = 0; i < length; i++) {
    Serial.print((char)payload[i]);
  }
  Serial.println();

  // Switch on the LED if an 1 was received as first character
  if ((char)payload[0] == '1') {
    digitalWrite(BUILTIN_LED, HIGH); // Turn the LED on (Note that LOW is the voltage level
    // but actually the LED is on; this is because
    // it is active low on the ESP-01)
  } else {
    digitalWrite(BUILTIN_LED, LOW); // Turn the LED off by making the voltage HIGH
  }

}

```



```

void reconnect() {
  // Loop until we're reconnected
  while (!client.connected()) {
    Serial.print("Attempting MQTT connection...");
    // Attempt to connect
    if (client.connect("ESP32Client")) {
      Serial.println("connected");
      // Once connected, publish an announcement...
      client.publish("terreno/humd", "Enviando el primer mensaje");
      client.publish("terreno/temp", "Enviando el primer mensaje");
      client.publish("terreno/ph", "Enviando el primer mensaje");

      // ... and resubscribe Actuadores
      //client.subscribe("terreno/sala");
      // client.subscribe("terreno/sala");
      // client.subscribe("terreno/sala");
    } else {
      Serial.print("failed, rc=");
      Serial.print(client.state());
      Serial.println(" try again in 5 seconds");
      // Wait 5 seconds before retrying
      delay(5000);
    }
  }
}

String entrada = "";

void loop() {

  if (!client.connected()) {
    reconnect();
  }
  client.loop();
}

```

```

unsigned long currentMillis = millis();
if (currentMillis - previousMillis >= 1000) {
  previousMillis = currentMillis;
  ++value;
  //Leemos la humedad relativa
  float h = dht.readHumidity();

  //Leemos la temperatura en grados C (por defecto)
  float t = dht.readTemperature();

  Value = analogRead(analogInPin);

  float voltaje = Value * (3.3/4095.0);
  ph=(3.3 * voltaje);

  delay(100);

  strtemp = String(t, 1);
  strtemp.toCharArray(valueTemp, 15);
  strhumd = String(h, 1);
  strhumd.toCharArray(valueHumd, 15);
  strph = String(ph, 1);
  strph.toCharArray(valuePH, 15);
  // strtemp.toCharArray(map1, 15);

```

```

  Serial.print("Publish message Temp: ");
  Serial.println(valueTemp);
  client.publish("terreno/temp", valueTemp);
  Serial.print("Publish message Humd: ");
  Serial.println(valueHumd);
  client.publish("terreno/humd", valueHumd);
  Serial.print("Publish message pH: ");
  Serial.println(valuePH);
  client.publish("terreno/ph", valuePH);
  //Serial.println(map1); //Envío del valor al puerto serie
  delay(1000);

  //client.setCallback(callback);
  //
  }
}

```

Elaborado por: Vanner Santiago Vaca