



**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA  
INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA  
INFORMACIÓN Y LA COMUNICACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA:**

---

**OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO USANDO AGRICULTURA 4.0  
PARA EL CULTIVO DE FRESAS EN LA ASOCIACIÓN DE CAMPESINOS DE  
MIÑARICA**

---

Trabajo de Integración Curricular previo a la obtención del título de Ingeniero Industrial  
bajo la Modalidad de Propuesta Metodológica.

**Autor(a)**

Gavilanes Pilco Alex Damián

**Tutor(a)**

Ing. Varela Aldás José Luis

AMBATO– ECUADOR  
2022

**AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,  
REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA  
DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR**

Yo, GAVILANES PILCO ALEX DAMIÁN, declaro ser autor del Trabajo de Integración Curricular con el nombre “OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO USANDO AGRICULTURA 4.0 PARA EL CULTIVO DE FRESAS EN LA ASOCIACIÓN DE CAMPESINOS DE MIÑARICA”, como requisito para optar al grado de Ingeniero Industrial y autorizo al Sistema de Bibliotecas de la Universidad Tecnológica Indoamérica, para que con fines netamente académicos divulgue esta obra a través del Repositorio Digital Institucional (RDI-UTI).

Los usuarios del RDI-UTI podrán consultar el contenido de este trabajo en las redes de información del país y del exterior, con las cuales la Universidad tenga convenios. La Universidad Tecnológica Indoamérica no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

Del mismo modo, acepto que los Derechos de Autor, Morales y Patrimoniales, sobre esta obra, serán compartidos entre mi persona y la Universidad Tecnológica Indoamérica, y que no tramitaré la publicación de esta obra en ningún otro medio, sin autorización expresa de la misma. En caso de que exista el potencial de generación de beneficios económicos o patentes, producto de este trabajo, acepto que se deberán firmar convenios específicos adicionales, donde se acuerden los términos de adjudicación de dichos beneficios.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Ambato, a los 05 días del mes de mayo del 2022, firmo conforme:

Autor: Gavilanes Pilco Alex Damián

Firma: 

Número de Cédula: 1804218350

Dirección: Ambato, Parroquia Huachi Grande Barrio La Florida

Correo Electrónico: alesgavilanes@gmail.com

Teléfono: 0979364633

## **APROBACIÓN DEL TUTOR**

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Integración Curricular “OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO USANDO AGRICULTURA 4.0 PARA EL CULTIVO DE FRESAS EN LA ASOCIACIÓN DE CAMPESINOS DE MIÑARICA” presentado por GAVILANES PILCO ALEX DAMIÁN, para optar por el Título Ingeniero Industrial.

### **CERTIFICO**

Que dicho Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado en todas sus partes y considero que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte los Lectores que se designe.

Ambato, 05 de agosto del 2022

.....

Ing. José Luis Varela Aldás

## **DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD**

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO USANDO AGRICULTURA 4.0 PARA EL CULTIVO DE FRESAS EN LA ASOCIACIÓN DE CAMPESINOS DE MIÑARICA, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 05 de mayo del 2022



.....

Alex Damián Gavilanes Pilco

## **APROBACIÓN DE LECTORES**

El Trabajo de Integración Curricular ha sido revisado, aprobado y autorizada su impresión y empastado, sobre el Tema: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO USANDO AGRICULTURA 4.0 PARA EL CULTIVO DE FRESAS EN LA ASOCIACIÓN DE CAMPESINOS DE MIÑARICA, previo a la obtención del Título de Ingeniero Industrial reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la sustentación del Trabajo de Integración Curricular.

Ambato, 05 de mayo del 2022

.....

Dr. Manuel Ignacio Ayala Chavín

LECTOR

.....

Ing. Fernando David Saá Tapia

LECTOR

## **DEDICATORIA**

Dedico este proyecto a Dios, mis Padres, mis hermanos mi mujer y a mi hija. A Dios por haberme bendecido durante todo este tiempo, a mis padres quienes me han sabido inculcar valores y formarme como una persona de bien, por haberme dado el amor incondicional, demostrarme que con esfuerzo y dedicación todo se cumple, a mis hermanos quienes formaron parte de mi infancia y con los que compartí momentos especiales, a mi mujer que fue parte importante para poder volver a retomar mis estudios y a mi hija que es mi inspiración en seguir adelante. Muchas gracias de todo corazón a quienes siempre han estado allí a mi lado.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a Dios por haberme dado la vida y por tantas bendiciones que recibido.

A mis Padres que con su sabiduría supieron siempre demostrarme el camino a seguir para llegar a este momento de finalización de mi carrera universitaria.

A mis hermanos con quienes compartí momentos inolvidables y formaron parte de mi niñez.

A mi mujer que fue la que me impulso en retomar mi carrera para llegar a este importante momento.

A mi hija que desde que nació fue mi mayor alegría, la inspiración de seguir adelante y por la que tendré que luchar día a día.

A mi tutor el Ing. José Varela quien con ayuda, esfuerzo y compromiso he logrado alcanzar una meta más en mi vida.

Y finalmente quiero agradecer a la Universidad Tecnológica Indoamérica, sede Ambato, que se convirtió en mi segundo hogar, con ingenieros de primer nivel que además de impartir conocimientos han sabido formarme como profesional y como persona con principios éticos y morales.

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                                                                                                                                                             |      |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------|
| PORTADA .....                                                                                                                                               | i    |
| AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL AUTOR PARA LA CONSULTA,<br>REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL, Y PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DEL<br>TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR..... | ii   |
| APROBACIÓN DEL TUTOR .....                                                                                                                                  | iii  |
| DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD .....                                                                                                                           | iv   |
| APROBACIÓN DE LECTORES.....                                                                                                                                 | v    |
| DEDICATORIA.....                                                                                                                                            | vi   |
| AGRADECIMIENTO .....                                                                                                                                        | vii  |
| ÍNDICE DE CONTENIDO .....                                                                                                                                   | viii |
| ÍNDICE DE TABLAS.....                                                                                                                                       | xi   |
| ÍNDICE DE FIGURAS .....                                                                                                                                     | xii  |
| ÍNDICE DE ANEXOS .....                                                                                                                                      | xiv  |
| RESUMEN EJECUTIVO .....                                                                                                                                     | xv   |
| ABSTRACT .....                                                                                                                                              | xvi  |
| CAPÍTULO I.....                                                                                                                                             | 1    |
| INTRODUCCIÓN.....                                                                                                                                           | 1    |
| Introducción.....                                                                                                                                           | 1    |
| Antecedentes.....                                                                                                                                           | 3    |
| Justificación .....                                                                                                                                         | 5    |
| Objetivos.....                                                                                                                                              | 6    |
| Objetivo general: .....                                                                                                                                     | 6    |
| Objetivos Específicos: .....                                                                                                                                | 6    |
| CAPÍTULO II.....                                                                                                                                            | 7    |

|                                                        |    |
|--------------------------------------------------------|----|
| INGENIERÍA DEL PROYECTO .....                          | 7  |
| Diagnóstico de la situación actual de la empresa ..... | 7  |
| Información general de la empresa.....                 | 7  |
| Datos de la Asociación .....                           | 7  |
| Antecedentes de la empresa.....                        | 7  |
| Localización.....                                      | 9  |
| Problemática de la empresa .....                       | 10 |
| Área de estudio .....                                  | 10 |
| Periodo de análisis .....                              | 11 |
| Modelo operativo.....                                  | 12 |
| Desarrollo del modelo operativo .....                  | 12 |
| CAPÍTULO III .....                                     | 27 |
| PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS .....                 | 27 |
| Presentación de la propuesta.....                      | 27 |
| Metodología.....                                       | 27 |
| PLANIFICACIÓN .....                                    | 27 |
| DESARROLLO .....                                       | 38 |
| Cronogramas de actividades.....                        | 48 |
| Análisis de costos del proyecto .....                  | 49 |
| Datos de costos del proyecto .....                     | 49 |
| Estudio de costos del proyecto .....                   | 49 |
| CAPITULO IV .....                                      | 51 |
| CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....                   | 51 |
| Conclusiones.....                                      | 51 |
| Recomendaciones .....                                  | 52 |

|                    |    |
|--------------------|----|
| BIBLIOGRAFÍA ..... | 53 |
| ANEXOS .....       | 56 |

## ÍNDICE DE TABLAS

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Tabla 1.</b> Lineamientos del área de estudio.....                  | 11 |
| <b>Tabla 2.</b> Condiciones Apropriadas para el cultivo de fresa ..... | 28 |
| <b>Tabla 3.</b> Descripción de equipos utilizados .....                | 31 |
| <b>Tabla 4.</b> Comparativo de temperatura .....                       | 41 |
| <b>Tabla 5.</b> Comparativo de humedad el aire .....                   | 42 |
| <b>Tabla 6.</b> Comparativo de humedad del suelo .....                 | 43 |
| <b>Tabla 7.</b> Resultados encuesta de satisfacción. ....              | 47 |
| <b>Tabla 8.</b> Cronograma de actividades .....                        | 48 |
| <b>Tabla 9.</b> Cronograma valorado .....                              | 49 |
| <b>Tabla 10.</b> Costos directos.....                                  | 50 |

## ÍNDICE DE FIGURAS

|                                                                                   |    |
|-----------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 1.</b> Matriz Causa – efecto .....                                      | 8  |
| <b>Figura 2.</b> Localización de la asociación de agricultores de miñarica .....  | 9  |
| <b>Figura 3.</b> Modelo operativo .....                                           | 12 |
| <b>Figura 4.</b> Sistema de riego por goteo.....                                  | 14 |
| <b>Figura 5.</b> Aplicación de encuestas- Asociación de productores Miñarica..... | 15 |
| <b>Figura 6.</b> Análisis de encuestas pregunta 1 y 2 .....                       | 15 |
| <b>Figura 7.</b> Análisis de encuestas pregunta 3 y 4 .....                       | 16 |
| <b>Figura 8.</b> Análisis de encuestas pregunta 5 y 6 .....                       | 16 |
| <b>Figura 9.</b> Análisis de encuestas pregunta 7 y 8 .....                       | 17 |
| <b>Figura 10.</b> Estudio de terreno y equipos.....                               | 18 |
| <b>Figura 11.</b> Bomba de agua e instalación actual .....                        | 19 |
| <b>Figura 12.</b> Reservorio de agua en la plantación .....                       | 19 |
| <b>Figura 13.</b> Sensor de temperatura y humedad .....                           | 29 |
| <b>Figura 14.</b> Módulo de desarrollo M5Stack Core 2.....                        | 29 |
| <b>Figura 15.</b> Sensor de humedad FC-32.....                                    | 30 |
| <b>Figura 16.</b> Contactor Metasol 3Pole 240V /415V.....                         | 30 |
| <b>Figura 17.</b> Diseño electrónico.....                                         | 33 |
| <b>Figura 18.</b> Diseño eléctrico.....                                           | 33 |
| <b>Figura 19.</b> Conexión del sensor DTH22.....                                  | 34 |
| <b>Figura 20.</b> Conexión del sensor FC32.....                                   | 34 |
| <b>Figura 21.</b> Conexión del RELE JQC-3FF-S-Z.....                              | 35 |
| <b>Figura 22.</b> Diseño case del montaje.....                                    | 35 |
| <b>Figura 23.</b> Diseño case del montaje.....                                    | 36 |
| <b>Figura 24.</b> Diseño del flujo de programación.....                           | 37 |
| <b>Figura 25.</b> Instalación del sistema.....                                    | 39 |
| <b>Figura 26.</b> Pruebas de funcionamiento.....                                  | 39 |
| <b>Figura 27.</b> Validación de sensores.....                                     | 40 |
| <b>Figura 28.</b> Comparativo de temperatura.....                                 | 41 |
| <b>Figura 29.</b> Comparativo de humedad el aire.....                             | 42 |

|                                                         |    |
|---------------------------------------------------------|----|
| <b>Figura 30.</b> Comparativo de humedad del suelo..... | 43 |
| <b>Figura 31.</b> Humedad del suelo.....                | 44 |
| <b>Figura 32.</b> Temperatura del aire .....            | 45 |
| <b>Figura 33.</b> Humedad del aire. ....                | 46 |
| <b>Figura 34.</b> Indicador de encendido del relé. .... | 46 |
| <b>Figura 35.</b> Indicador de encendido del relé. .... | 47 |

## ÍNDICE DE ANEXOS

|                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Anexo 1.</b> Encuesta inicial del proyecto .....                    | 56 |
| <b>Anexo 2.</b> Planos de la caja de control .....                     | 58 |
| <b>Anexo 3.</b> Programación del microcontrolador M5Core2 .....        | 59 |
| <b>Anexo 4.</b> Licencia en Thingspeak .....                           | 62 |
| <b>Anexo 5.</b> Pantalla principal de visualización en Thingspeak..... | 63 |
| <b>Anexo 6.</b> Encuesta de satisfacción .....                         | 64 |
| <b>Anexo 7.</b> Carta de conformidad de la persona beneficiada .....   | 66 |

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y**  
**LA COMUNICACIÓN**  
**CARRERA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**TEMA: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO USANDO AGRICULTURA 4.0 PARA EL CULTIVO DE FRESAS EN LA ASOCIACIÓN DE CAMPESINOS DE MIÑARICA**

**AUTOR:** Gavilanes Pilco Alex Damián

**TUTOR:** Ing. Varela Aldás José Luis

**RESUMEN EJECUTIVO**

La Agricultura 4.0 es la evolución sucesiva de la agricultura de precisión, refiriéndose a la intervención oportuna con base a la adquisición y transmisión de datos a través de nuevas tecnologías. En este sentido, este trabajo optimiza el sistema de riego usando un sistema de control y monitoreo para el cultivo de fresas en la Asociación de Campesinos de Miñarica. Se utilizó el método Top-Down, que permite desarrollar tanto el hardware como el software a través de cuatro pasos importantes: a) la planificación, donde se obtienen los requerimientos del agricultor; b) el diseño, que incluye el circuito electrónico y la estructura física del sistema; c) el desarrollo, se implementa la propuesta, y; d) la evaluación del sistema, en donde se compara los resultados con dispositivos comerciales. Los recursos utilizados son el kit M5Stack Core2, un sensor de temperatura DHT22, un sensor de humedad FC-32, un relé jqc-3ff-s-z y un contactor de doble acción. La programación se realizó en el software Arduino IDE y la visualización remota mediante el servidor de Thingspeak. Los resultados muestran el monitoreo del cultivo de fresa observando los datos de temperatura y la humedad. Además, se evalúa la satisfacción de los propietarios obteniendo una puntuación del 95 %, lo que avala las mejoras obtenidas con esta propuesta.

**DESCRIPTORES:** Sistema de riego, Agricultura 4.0, M5Stack Core2, Thingspeak, higrómetro.

**UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y  
LA COMUNICACIÓN**

**CARRERA DE INGENIERIA INDUSTRIAL**

**TEMA: OPTIMIZATION OF THE IRRIGATION SYSTEM USING  
AGRICULTURE 4.0 FOR THE GROWING OF STRAWBERRIES IN THE  
ASSOCIATION OF FARMERS OF MIÑARICA**

**AUTHOR:** Gavilanes Pilco Alex Damián

**TUTOR:** Ing. Varela Aldás José Luis

### **ABSTRACT**

Agriculture 4.0 is the successive evolution of precision agriculture, referring to timely intervention based on the acquisition and transmission of data through new technologies. In this sense, this work optimizes the irrigation system using a control and monitoring system for the cultivation of strawberries in the Miñarica Peasant Association. The Top-Down method was used, which allows developing both hardware and software through four important steps: a) planning, where the farmer's requirements are obtained; b) the design, which includes the electronic circuit and the physical structure of the system; c) the development, the proposal is implemented, and; d) the evaluation of the system, where the results are compared with commercial devices. The resources used are the M5Stack Core2 kit, a DHT22 temperature sensor, an FC-32 humidity sensor, a jqc-3ff-s-z relay and a double action contactor. The programming was done in the Arduino IDE software and the remote visualization through the Thingspeak server. The results show the monitoring of the strawberry crop observing the data of temperature and humidity. In addition, the satisfaction of the owners is evaluated, obtaining a score of 95%, which supports the improvements obtained with this proposal.

**KEYWORDS:** Irrigation system, Agriculture 4.0, M5Stack Core2, Thingspeak, Hygrometer.

## **CAPÍTULO I**

### **INTRODUCCIÓN**

#### **Introducción**

La cuarta revolución industrial está realizando un giro total de 180°, que es la nueva forma de operar de las empresas, así como el entorno en el que compiten y los mercados en los que trabajan. La Industria 4.0 se determina como la combinación de nuevas técnicas de producción y operación, basadas en tecnologías inteligentes innovadoras. Se estipula que “La revolución industrial 4.0 pasa por la integración de todas las etapas que componen la cadena de valor a través de la digitalización de productos y servicios.” (Erazo, 2021).

En España, el establecimiento de lo digital y las tecnologías recientes y nuevas en las sociedades es lenta, pero poco a poco está avanzando de forma gradual y constante. Alrededor del 70% de las empresas se encuentran en un despliegue bajo o medio y solo el 30% permanece avanzado. El mundo estamos entrando en una nueva rebelión industrial y la evolución digital avanza a grandes pasos, impulsada por las creaciones al momento de transmitir los datos en la cobertura de las redes 5G. La falta que representa un recurso como el agua, se considera que el riego por goteo es una de las áreas de la agricultura que se ha beneficiado durante un largo período. Permite el análisis de datos, sensores digitales como analógicos en campo, transductores que miden diversas variables, software de procesamiento de datos y otras técnicas que determina el inicio o finalización de los sectores de riego (Roman, 2020).

La nueva revolución trata de aplicar tecnologías innovadoras e inteligentes que se integrarán en sociedad e individuos, para automatizar el progreso sobre el avance de producción. Se explica, sobre fabricación automatizada de proceso, robótica, herramientas de producción en serie y planificada, visión artificial, realidad aumentada, gamificación, simulación de etapas de procesos, inteligencia operativa, IoT (Internet of Things acrónimo inglés (Key Enabling Technologies) (Universidad Internacional del Riego, 2022).

En Latinoamérica, en Chile en Santa Fe se apreció de forma histórica por un grado diversificación en el secot (en comparación con otras provincias que tienen como base lo agropecuario). Además de tener en cuenta una densa infraestructura científica y tecnológica, ha permitido tener una posición competitiva, con otros campos, en la producción de bienes agroindustriales. Dada sus capacidades tecnológicas, el sector manufacturero de la provincia debe acelerar la integración de actuadores y sensores en las varias máquinas y etapas del sistema productivo. Se aumenta su conectividad, impulsando el uso del almacenamiento en la nube y construyendo las capacidades oportunas. De esta manera poder aprovechar la profundidad de los conocimientos creados por las formas de producción. (Industria 4.0, Oportunidades y desafíos , 2019)

La investigación que se presenta, examina cada uno de estos requisitos y las políticas públicas que contribuyen a su consecución. Dado en los contextos geográficos y sectoriales específicos de las cuatro combinaciones seleccionadas. Se debe analizar las estrategias que se han implementado en respuesta a la Industria 4.0 en Colombia y México, en la cual permite identificar y conocer cuál es el avance de todos estos países. El objetivo común es analizar el contrato entre los avances que se han adoptado en incluso gracias a las nuevas tecnologías (Clavijo, 2021).

La implementación de nuevas y mejores tecnologías fue más difícil para las economías latinoamericanas, porque en sus mercados se da en productos básicos y materias primas sin procesar, lo que ha sostenido la economía en los últimos años. Permitiendo incluso que muchos de estos países logren un crecimiento evidente en la industria local y el proyecto. Se caracterizan por ser economías fuertes, limitadas y de lento avance, lentas, debido a que no se crea valor en las materias primas y en los procesos productivos de extracción de las mismas (Clavijo, 2021).

Un estudio realizado en la ciudad de Ambato demuestra que el 55% de las personas que fueron encuestadas en esa investigación manifiestan que el sistema que ellos utilizaron para el riego es por cochas, el 37% determinaron que utilizan el sistema de curvas por nivel. Por otro lado, el 8% ocupa un equipo de riego por goteo, y ninguno mantiene un sistema de riego que sea automatizado. Los moradores mencionan que hace dos años atrás

el clima ha sido bastante propicio para el cosechador, por tanto, anteriormente se observó las grandes pérdidas de producción que se produjeron alrededor del temporal de sequía. Debido a que la mayoría no poseía un sistema de riego actual y tecnificado para optimizarlo de una manera oportuna (Verdejo & &, 2003).

El proyecto se genera de la necesidad de superar expectativas en la agricultura, por las dificultades que se presentan en este sector. Además, no existe un control totalitario por los agricultores de fresas en la zona centro, el enfoque principal es ir de la mano con en el avance de la tecnología. Estando en el punto de partida para la industria 4.0 en el sector agrícola, logrando ser un aporte esencial de forma teórica y práctica (Ineco, 2005).

### **Antecedentes**

En el artículo titulado “Agricultura 4.0 en el sector fresero”, que desarrolló la investigación con los siguientes objetivos: 1) Mejorar las tecnologías que se emplean para el control del cultivo y la producción de la fresa, 2) Implementar soluciones en IoT en otros cultivos de la provincia. Dado esto, en la actualidad se puede notar los cambios constantes del clima y las consecuencias existentes para los cultivos, tales como: heladas tardías, escases del agua para la agricultura, reducción de la capa de ozono, sobrecalentamiento, etc., (Lozano, 2017).

Por aquello, es necesario e importante que los agricultores deben optimizar los recursos disponibles y darle un uso adecuado a través de la tecnología, como: el sensor ‘Deepfield Connect – Strawberry Monitoring. Su manera de utilizarlo es configurando una alarma para que el agricultor reciba una notificación en su celular cuando la temperatura supere los 26°C. En la cual los resultados obtenidos fueron los siguientes: es que la aplicación fue factible porque esta app ayuda a determinar la humedad y la temperatura, así evitando enfermedades, pérdidas de producción. Logrando tener un ambiente adecuado y encontrando otras soluciones, como: ventilar los túneles y retirar los recubrimientos. En conclusión, utilizando este sistema IoT, el control de la medición y producción será más eficaz y económica porque aumentan los beneficios en la agricultura y aumentamos el capital (Lozano, 2017).

En un artículo denominado “Implementación de un sistema de internet de las cosas para optimizar la gestión del agua en la agricultura de la región Tacna” han desarrollado con el siguiente objetivo: “Demostrar la efectividad de la implementación de un sistema de Internet de las cosas en la optimización de la gestión del agua en la agricultura”. Interpretan que, es necesario el optimizar y precisar los recursos empleados en la producción agrícola en el sistema de riego. Porque en el crecimiento de la flora es indispensable el uso del agua, por tanto, la lluvia no abastece lo suficiente y tampoco brinda los beneficios adecuados, esto se visualiza en la calidad del producto. (Acero & Lanchipa, 2021)

Es por esta situación que se implementa un sistema autónomo para el recurso más elemental que es el hídrico, llamado “Sistema Damla” ayuda al usuario en el control, autonomía y análisis de los datos en tiempo sincrónico. En los resultados obtenidos se demostró que su uso es positivo, por tanto optimizó el agua en el riego para el cultivo y ayudó en el ahorro de energía por las bombas de agua utilizadas. En conclusión, el uso del sensor Damla brinda mejoras en el riego de la agricultura y consigna un ahorro energético. (Acero & Lanchipa, 2021)

En el artículo denominado “Estimación del rendimiento y la calidad de los huertos de arándano basados en herramientas de agricultura de precisión e IoT para la optimización de las variables de producción”. En la cual se desarrolló con el siguiente objetivo: “Desarrollar un sistema (hardware-software) para la estimación de rendimiento y calidad de espacio-temporal en arándanos, que permita identificar variables incidentes en la evolución de los parámetros del rendimiento y a la vez mejorar algunos aspectos de la logística de cosecha”. Explican que, es relevante trabajar para la digitalización de los campos y usar las herramientas para disminuir las consecuencias de los cambios climáticos, logrando ser una organización competitiva en la industria (Vargas & Best, 2020).

Por aquello, se implementó el programa PROGAP-INIA que suscita las mejoras de los diversos procesos productivos en base a las TIC's emergentes, acentúa qué con su uso, puede sintetizar y ofrecer herramientas para optimizar la rentabilidad del agricultor. En

los resultados obtenidos, interpretan que, las tecnologías ayudan a la reducción de costos de producción, eficacia del uso de agua, disminución de los insumos agrícolas, observar un mejoramiento en el control y monitoreo de sus frutos y su calidad de desarrollo. En conclusión, permite la mejora en las calidades productivas debido a que hay un mejor conocimiento sobre los procesos y alteraciones que se desarrollan en el campo en que se trabaja. (Vargas & Best, 2020)

En la tesis titulada “Desarrollo de un prototipo de un sistema de riego automatizado para el procesamiento, monitoreo y análisis de datos utilizando lógica difusa en tiempo real e IoT para optimizar el uso del agua aplicada en el cultivo”. Utilizando el siguiente objetivo: “Desarrollar e implementar un prototipo para un sistema de riego automatizado mediante el uso de algoritmo de lógica difusa en tiempo real e IoT para el procesamiento, monitoreo y análisis de datos del agua aplicadas al cultivo”. Determina que, es sustancial trabajar con las tecnologías porque con la utilización de los algoritmos netamente inteligentes se obtiene una automatización sobre el riego sobre el cultivo ayudando a optimizar los recursos (Ortiz, 2021).

Por esta razón, se implementa un dispositivo IoT con el protocolo MQTT, que ayudará a tener un control del sistema, un informe del riego durante el día, información sobre los sensores mediante Dashboard y calcular el tiempo a través de la lógica difusa. Los resultados fueron factibles, porque al utilizar estas tres variables permiten precisar el tiempo de riego. En conclusión, estas herramientas son adecuadas para los cultivos porque examina la humedad suelo, humedad y temperatura ambiental logrando obtener los mejores resultados. (Ortiz, 2021)

### **Justificación**

El propósito de utilizar un sistema automatizado en el presente proyecto es para mantener y optimizaren los cultivos de fresas disminuyendo el trabajo de la mano de obra. Por aquello se determina que el uso de la agricultura 4.0 es un recurso innovador para ser precisos y puntuales respecto a lo que concierne la tierra y sus cultivos. La información obtenida será evidenciada por instrumentos de tecnología avanzada. La agricultura 4.0 es interesante porque es una forma transformadora de obtener mejores procesos y resultados

entorno a la agricultura. Mediante el monitoreo constante de la productividad a través del uso de las tecnologías modernas y óptimas.

En Ecuador no se ha evidenciado la utilización de herramientas o equipos tecnológicos para el control de la agricultura. Por aquello resulta de gran impacto ya que, al conocer una nueva forma ágil del trabajo sobre las tierras, buscarán la manera de implementar el sistema para optimizar sus cultivos. Las plataformas tecnológicas mediante el uso del internet brindan al usuario el control, la información se procesa e interpretan de manera rápida. Los procesos de producción son totalmente automatizados, es decir, los objetos físicos que interceden en la agricultura ya no dependerán de un ser humano. La investigación es factible porque mediante la agricultura 4.0 el trabajo será raudo y optimizado. Además, los agricultores a nivel local, nacional y mundial podrán tener en cuenta como alternativa el uso de estas herramientas tecnológicas y digitales. Las mismas que ofrecerán beneficios de sus próximos cultivos disminuyendo costos e incrementando ingresos.

## **Objetivos**

### **Objetivo general:**

Optimizar el sistema de riego usando agricultura 4.0 para el cultivo de fresas en la Asociación de Campesinos de Miñarica.

### **Objetivos Específicos:**

- Diagnóstico del sistema de riego mediante observación para la toma de decisiones.
- Implementación de IoT usando dispositivos de bajo costo para el sistema de riego de un cultivo de fresa.
- Evaluar el funcionamiento del sistema de riego automatizado a través de la aceptación de los propietarios mediante encuestas de satisfacción.

## **CAPÍTULO II**

### **INGENIERÍA DEL PROYECTO**

#### **Diagnóstico de la situación actual de la empresa**

#### **Información general de la empresa**

*Nombre: asociación de campesinos de Miñarica*

*Actividad que realiza: en esta asociación la mayor parte de sus campesinos se dedican al cultivo de fresa*

#### **Datos de la Asociación**

**Asociación:** Campesinos de Miñarica

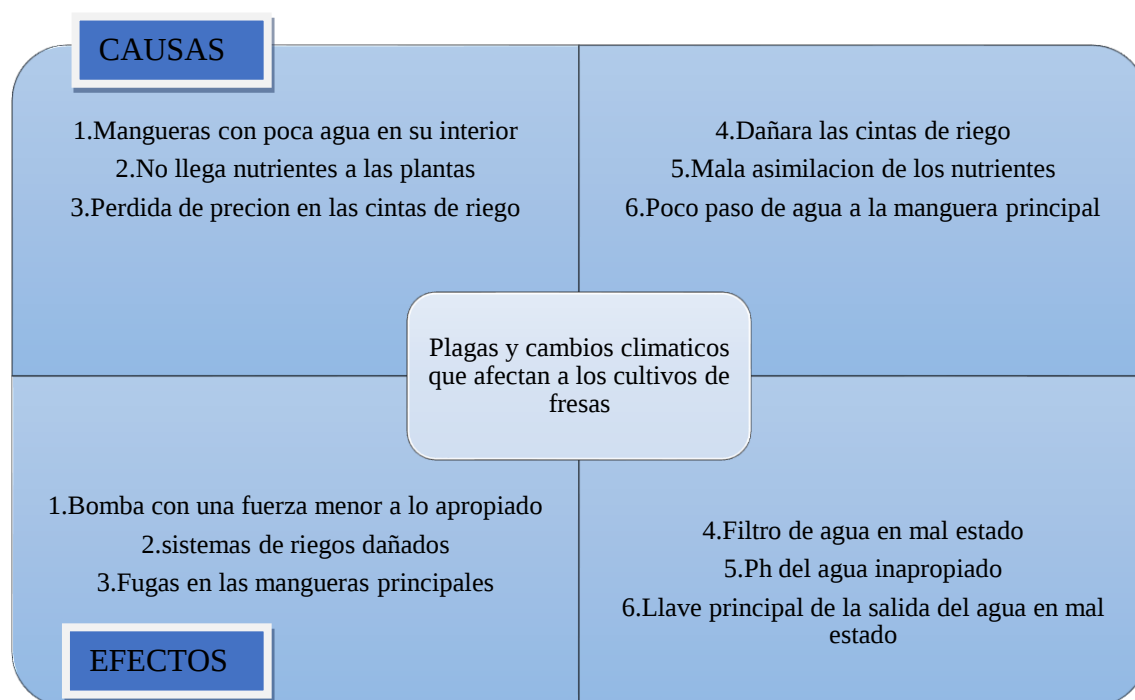
**Dirección:** Provincia Tungurahua, cantón Ambato, parroquia Santa Rosa barrio Miñarica

**Teléfono:** 098 951 6613

**E-mail:** campesinosmiñarica@hotmail.com

#### **Antecedentes de la empresa**

Matriz Causa - efecto del sistema de riego actual que utilizan los campesinos en los cultivos de fresas.



**Figura 1.** Matriz Causa – efecto

**Fuente:** Asociación de productores de Miñarica

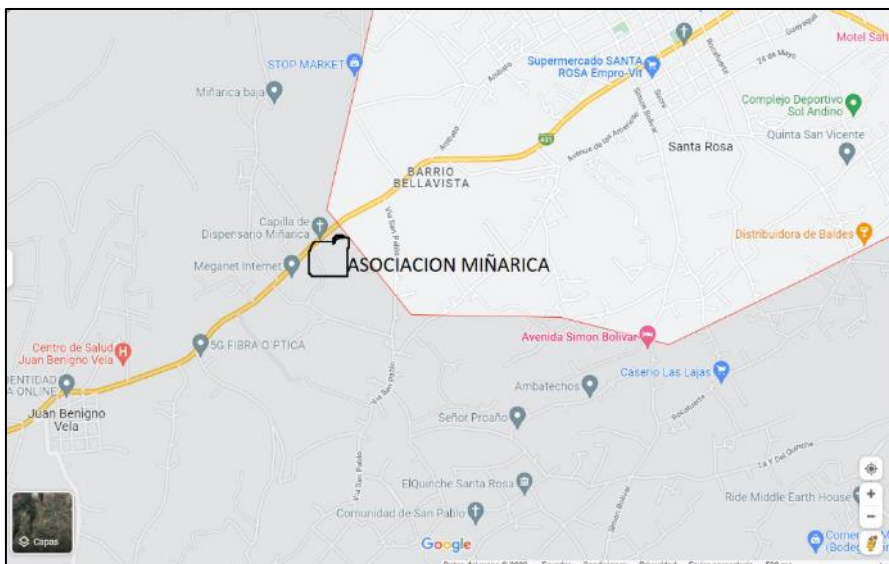
La asociación de campesinos de Miñarica se dedica al cultivo, papas, maíz, tomate, cebolla, melloco, zanahoria, mora pero la mayor parte de los campesinos se dedica al cultivo de fresa esta asociación fue creada en la parroquia santa rosa perteneciente al cantón Ambato el 15 de mayo del año 2012. Las plantas de fresas que siembran los campesinos son traídas de chile con el nombre de Albión existen números variedades de fresas como por ejemplo el monterrey, la san Andrea entre otras, estas variedades también las traen de otro lugar que es california de los Estados Unidos. La mayoría de campesinos siembran la que traen de chile por tanto el alto precio de la planta californiana opta por sembrar planta chilena.

Esta Asociación junto con el seguro del campesinado se unieron para formar más estrategias para el beneficio de los campesinos, uno de los mayores propósitos que tenían en común era la compra de un terreno para formar su sede y a su vez crear un centro dispensario para que todos los campesinos asociados puedan ser atendidos al igual que sus familiares.

Esta asociación se formó con 20 campesinos con el gran objetivo de ayudar a sus familiares y llevar a más campesinos a la asociación para que todos en conjunto puedan llegar a formar una asociación solvente, en la actualidad la asociación Miñarica cuenta con 120 campesinos.

### **Localización**

La asociación de agricultores de miñarica se encuentra ubicado en la parroquia Miñarica, en el sector de Santa rosa de la ciudad de Ambato, como se evidencia en la figura 2.



**Figura 2.** Localización de la asociación de agricultores de miñarica

**Fuente:** Asociación de productores de Miñarica

### **Estructura organizacional de la asociación**

Como parte de la filosofía de la asociación se requiere que el campesino cumpla con todos los valores impuestos a cabalidad. Esta asociación se compone de 7 personas que son el presidente, vicepresidente, secretario, tesorero y 3 vocales todos estos campesinos se reúnen cada primera semana de cada mes para determinar la toma de decisiones propias para el beneficio de la asociación.

### **Problemática de la empresa**

En la Asociación de campesinos de Miñarica se encuentran campesinos dedicados a diversos cultivos las cuales son: mora, tomate, zanahoria. La mayor parte se dedica al cultivo de fresa que es donde se va a implementar un sistema de riego automatizado que nos ayudara a controlar plagas y enfermedades en las plantas.

En los cultivos de fresa, los campesinos cuentan con un sistema de riego a base de un motor de 2 hp el cual suministran fuerza para que el caudal de agua se mueva hacia la parte donde se encuentran la manguera principal que es de 2 pulgadas. A su vez esta manguera dirige el agua hacia las cintas de goteo que están situadas en cada una de las plantas con una separación de 20 cm. Por este sistema de riego no se puede observar cuando las plantas necesitan de agua o a su vez controlar alguna enfermedad.

### **Área de estudio**

A continuación, se describe en la Tabla 1 los lineamientos detallados para la realización del presente estudio.

**Tabla 1. Lineamientos del área de estudio**

| <b>Área de estudio</b> | <b>Delimitación del objetivo de estudio</b>                                                                               |
|------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Dominio                | Tecnología y sociedad                                                                                                     |
| Línea de investigación | Automatización y redes                                                                                                    |
| Campo                  | Industria 4.0                                                                                                             |
| Área                   | Sistemas inteligentes interconectados a través del internet de las cosas                                                  |
| Aspectos               | Sistema de riego Automatizado                                                                                             |
| Objetivos              | Optimizar un sistema de riego para el cultivo de fresas basado en agricultura 4.0 en la Asociación de campesinos Miñarica |
| Periodo de análisis    | Abril 2022- agosto 2022                                                                                                   |

**Elaborado por:** Gavilanes Alex, 2022

El área de estudio se enfoca en el área de Sistemas inteligentes interconectados a través del internet de las cosas en la Asociación de campesinos Miñarica, con el fin de optimizar un sistema de riego existente en la asociación para el control de plagas y enfermedades en sus cultivos, y así ayudar a tener fresas tanto en calidad como en cantidad.

**Periodo de análisis**

Marzo 2022- agosto 2022

## Modelo operativo



**Figura 3. Modelo operativo**

**Elaborado por:** Gavilanes Alex, 2022

### Desarrollo del modelo operativo

Para el presente proyecto se ha dividido en cuatro etapas divididas de la siguiente manera recopilación de datos, diseño, desarrollo y aplicación del sistema; y pruebas, se detalla en la figura 3.

### Diagnostico situacional

#### Visita al sector y aplicar la encuesta

En la primera etapa se realiza una visita al área donde se va a optimizar un sistema de riego basado en la agricultura 4.0. Donde se podrá observar la plantación del cultivo de fresa, el sistema de riego instalado en la plantación, el área del terreno, el tanque que utilizan para llenar el agua para posteriormente se pueda sacar mediante una bomba eléctrica e impulsar hacia las cintas de goteo. De igual forma se procedió a encuestar a las personas que van hacer beneficiadas.

### **Sistema de Riego instalado en la Plantación**

El sistema de riego que utilizan los campesinos para su cultivo de fresa es mediante cintas de goteo por tanto con este sistema ayudarían a las plantas. Porque son delicadas y tienden a tener estrés hídrico lo que provoca un daño en el sistema radicular y por consecuencia tendrá un bajo rendimiento en la raíz. Por aquello los campesinos manejan de una forma apropiada el riego en sus terrenos o para regar sus nutrientes sin que se desperdicie, por el contrario que llegue el nutriente a las raíces de las plantas. Con este sistema de riego por goteo permiten controlar y gestionar los suministros de agua maximizando el rendimiento, evitando perdidas del agua y por ende que llegue lo necesario a cada planta para así evitar la humedad que suele concentrarse en cada una de las camas.

Esta técnica de sistema de riego que es por goteo ayuda a la fertiirrigación mediante el cual se cuida mucho lo que son las raíces y ayuda a fertilizar de una manera correcta durante todo el desarrollo y la producción de las plantas. Las fresas por ser una planta muy delicada tienden a tener ataques criptogámicos o se marchitan, gracias al sistema de riego por goteo logran suministrar el agua y los nutrientes sin mojar las hojas. Es importante mantener la salubridad de las plantas, el sistema de riego está dividido para dos sectores cada uno con 4000 plantas, se evidencia en la figura 4.



**Figura 4.** Sistema de riego por goteo

**Fuente:** Asociación de productores de Miñarica, 2022

### **Población y muestra**

La población para poder estudiarla son 6 personas de la asociación que están directamente involucrados con la propuesta del trabajo investigativo, estos usuarios son los que están prestos a la implementación del sistema de riego y son directamente beneficiados de la investigación.

### **Toma de encuesta a las personas beneficiadas**

En la encuesta se plantea preguntas directrices para conocer la situación actual de los productores de la respectiva asociación con el objeto de resaltar y recabar información relevante para la ejecución del proyecto. Además, permitirá determinar la problemática actual y la posibilidad de implementar del sistema. La encuesta utilizada se presenta en el Anexo 1.

En esta visita se realiza la encuesta dirigida a miembros de asociación en la que se logró identificar la información necesaria del criterio de los campesinos y determinar si tienen conocimiento del funcionamiento o aplicación del sistema automatizado, que mediante el cual se puede prevenir plagas y enfermedades, se evidencia en la figura 5.



**Figura 5.** Aplicación de encuestas- Asociación de productores Miñarica  
**Elaborado por:** Gavilanes Alex, 2022

### **Análisis de encuestas**

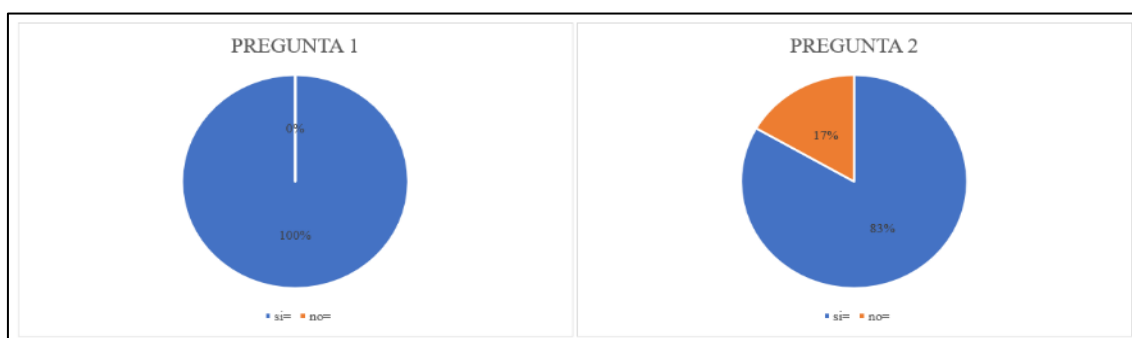
Seguidamente se realizó el análisis e interpretación de los resultados de las encuestas, para tener un criterio acertado y demostrando la necesidad de aplicar la presente investigación.

A continuación, se muestra el análisis de la encuesta.

### **Encuesta inicial**

Pregunta 1. ¿Ha observado mayor frecuencia de plagas y enfermedades, por la sequía o por exceso de agua?

Pregunta 2. ¿Conoce o ha escuchado sobre la automatización?



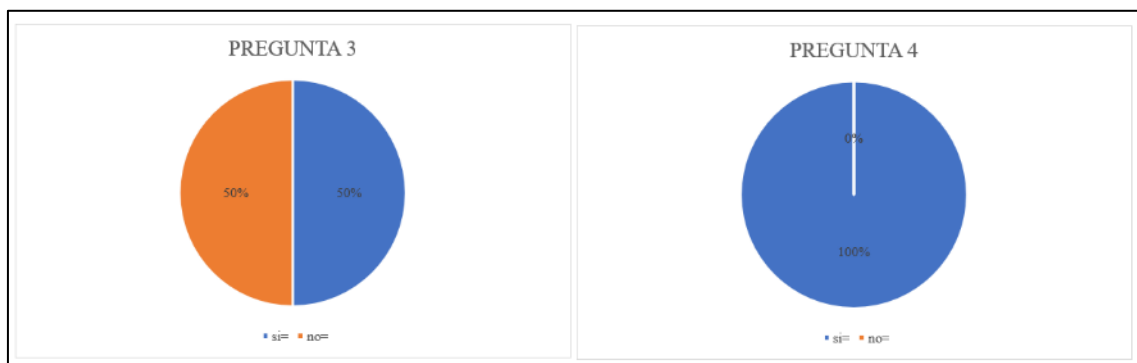
**Figura 6.** Análisis de encuestas pregunta 1 y 2  
**Fuente:** Asociación de productores Miñarica, 2022

Análisis. - En la pregunta 1, de si han observado mayor frecuencia de plagas y enfermedades, por la sequía o por exceso de agua, en estos últimos tiempos que es

necesario el control estricto y cuidado del cultivo de fresas, de la pregunta 2, si los agricultores conocen de sistemas de automatización para los cultivos estos mencionan que si en un 3 por ciento siendo un aspecto relevante, como se evidencia en la figura 6.

Pregunta 3. ¿Conoce acerca de un sistema de riego Automatizado?

Pregunta 4. ¿Desearía monitorear sus cultivos de su casa u otro sitio?



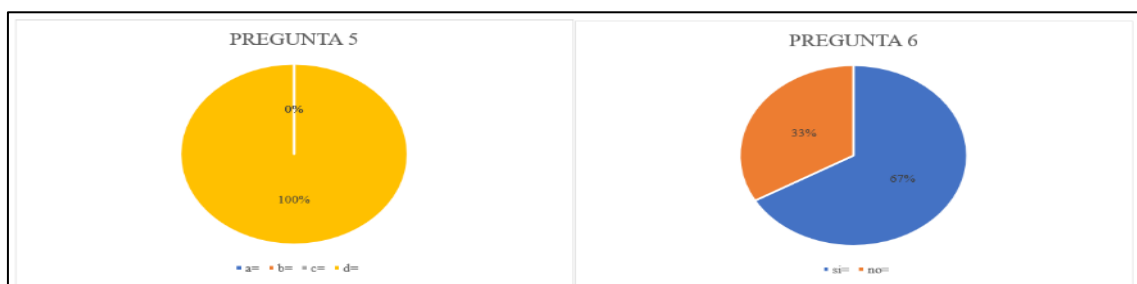
**Figura 7.** Análisis de encuestas pregunta 3 y 4

Fuente: Asociación de productores Miñarica, 2022

Análisis. - Un 50 por ciento de los encuestados mencionan que, si conocen de sistemas de riego automatizados, siendo esto un coadyuvante para el sistema actual, y poder proponer sistemas de riego automatizados. Y en la pregunta 4 el 100 por ciento de los agricultores mencionan que desearían monitorear estos cultivos de manera remota, para tener más control e incrementar la rentabilidad de sus cultivos cómo se evidencia en la figura 7.

Pregunta 5. ¿Qué necesita que le monitoree en su plantación?

Pregunta 6. ¿Sabe usted o ha escuchado sobre el monitoreo del cultivo desde el internet?



**Figura 8.** Análisis de encuestas pregunta 5 y 6

Fuente: Asociación de productores Miñarica, 2022

Análisis. - Lo que ellos desean monitorear son todos los aspectos relevantes del suelo como: la temperatura y la humedad del aire, aspectos cruciales para el desarrollo de sus cultivos y aspectos que se pueden considerar en el monitoreo de manera remota, y ellos están aptos para monitorear desde el dispositivo móvil, puesto que la mayoría de ellos lo poseen, como se evidencia en la figura 8.

Pregunta 7. ¿Estaría dispuesto en invertir en infraestructura y adquisición de tecnología para disminuir plagas y muertes en las plantas?

Pregunta 8. ¿Cree que es más caro invertir en tecnología que mantener sanos a sus cultivos?



**Figura 9.** Análisis de encuestas pregunta 7 y 8  
Fuente: Asociación de productores Miñarica, 2022

Análisis. - En la pregunta 7 su mayoría un 3 por ciento mencionan que están dispuestos en invertir en infraestructura y adquisición de tecnología para disminuir plagas y muertes en las plantas, puesto que no lo ven como un gasto sino como una inversión. Y mantener de manera sana a sus cultivos controlando de manera tecnificada sus cultivos, como se evidencia en la figura 9.

De esta manera se ve evidenciado la penuria de poder efectuar un sistema de control de datos y los agricultores presentan las facilidades necesarias para la aplicación de la propuesta de la presente investigación.

### **Estudio de datos, terreno y equipos existentes**

#### **Plantación del cultivo de Fresa y el Área del terreno**

El área total del terreno es de 1000 m<sup>2</sup>, la totalidad de plantas que se cultiva en esta área de terreno es de 8000 plantas de fresa. Las plantas que tienen sembradas se llaman Albión son de procedencia del País de Chile la traen en embarcaciones con la empresa Hidro tecnología. Cada planta tiene un costo de 22 centavos, lo siembran mediante unas camas o surcos que tienen un ancho de 40cm y una altura de 35cm, el largo que tienen cada cama es de 25 metros y una separación entre cama y cama de 40cm. Las plantas de fresas las siembran en dos filas de largo con una separación de 25 cm y en la parte central de la cama con respecto de cada planta tiene una separación de 14 cm, como se evidencia en la figura 10.



**Figura 10.** Estudio de terreno y equipos  
Fuente: Asociación de productores Miñarica, 2022

### **Bomba de Agua y su instalación**

Utilizan una bomba eléctrica de 2hp de marca Paola con un caudal de 260 lt/min es de uso agrícola e industrial con una elevación de 20metros, el modelo de fábrica es CP-2005, la tensión de voltios es de 110/220, la energía que ocupan para el uso de la bomba es de un medidor independiente el cual pagan todos los meses un valor de 7 dólares.

La instalación que tienen usa tubería de 2 pulgadas con tres llaves la principal que es para el paso del agua a la plantación, la segunda que se utiliza para sacar el agua hacia un tanque pequeño de 150 litros para la fertilización del cultivo y la tercera que es para absorber del tanque pequeño los nutrientes que se ha disuelto en dicho tanque para regar

en el cultivo, figura 11. Esta instalación consta con un filtro que es para impedir el paso de impurezas el cual taponarían las cintas de goteo.



**Figura 11.** Bomba de agua e instalación actual  
Fuente: Asociación de productores Miñarica, 2022

### **Reservorio del agua en la plantación**

Ocupan un reservorio en forma de un prisma trapezoidal con un largo de 13m, un ancho de 2m en la parte superior, el inferior de 1,5m con una profundidad de 2m el cual lo llenan cada 15 días a través del canal principal de riego Huachi Pelileo, figura 12.



**Figura 12.** Reservorio de agua en la plantación  
Fuente: Asociación de productores Miñarica, 2022

A continuación, se realizará un cálculo en cual se podrá evidenciar si es la bomba apta para el cultivo y a su vez si el reservorio abastece para regar el agua.

Calculo para obtener el beneficio real de la bomba

### Datos de la bomba

$$v = 3.5\text{m}^2$$

$$r = 19\text{mm} \left( \frac{1\text{m}}{1000\text{mm}} \right) = 0.019$$

$$s = \pi r^2 = \pi 0.019\text{m}^2 = 0.001134 \text{ m}^2$$

$$Q = v.s = (3.5\text{m}^2)(0.001134 \text{ m}^2) = 0.0039 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

$$Q = (0.0039 \frac{\text{m}^3}{\text{s}})(60000 \frac{\text{vol}}{\text{tiem}}) = 234 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$$

El caudal con el que se compró la bomba fue de  $260 \frac{\text{lt}}{\text{min}}$

Para la determinación de la eficiencia en un porcentaje del 1% al 100% con la que está trabajando en este instante la bomba se procedió a realizar una regla de tres.

$$X = \frac{234 * 100}{260} = 90\%$$

La bomba se encuentra funcionando a un 90% por lo que no se tendrá ningún problema a lo hora de implementar el sistema de riego automatizado por tanto es elemento principal que se necesita que se encuentre trabajando de la mejor manera.

### Cálculo del tanque reservorio

La forma del reservorio es de un prisma trapezoidal con un largo de 13metros, ancho de 2metros en la parte superior, 1.5 metros en la parte inferior y una profundidad de 3metros con lo cual se procedió a determinar cuál es la cantidad de litros con la que se va a llenar el reservorio.

**Datos:**

$$B_{may} = 2m$$

$$B_{men} = 1.5m$$

$$h = 3m$$

$$a = 13m$$

$$\text{Formulas: } A = \left( \frac{(B_{may} + B_{men}) * h}{2} \right) v = A * a$$

$$A = \left( \frac{(B_{may} + B_{men}) * h}{2} \right)$$

$$A = \frac{(2 + 1.5) * 3}{2} = 5.25m^2$$

$$V = A * a$$

$$V = 5.25m^2 * 13m = 68.25m^3 \left( \frac{1000lt}{1m^3} \right) = 68250lt$$

A continuación, se calculó cuantos litros de agua tiene para cada día durante sus próximos catorce días en los cuales va a poder llenar otra vez el reservorio.

Regla de tres del caudal en lt/min de la bomba con el total de litros del reservorio

$$X = \left( \frac{68250lt}{234lt} \right) = 291.66 \text{ min}$$

Para el cálculo diario de los minutos que se podrá regar el agua en la plantación se realiza una división del total de minutos para los catorce días

$$\frac{291.66min}{14días} = 20.83 \text{ minutos diarios}$$

$$20.83min * \left( \frac{234lt}{1min} \right) = 4874 \text{ lt diarios que regaría de agua en el cultivo}$$

Con estos datos nos da como resultado que tanto la bomba como el reservorio es el apropiado para que la plantación no se quede sin su principal recurso para poder subsistir.

## **Diseño del sistema**

### **Descripción del sistema.**

En el presente ítem en la segunda etapa de diseño se realiza la selección de los sensores, caracterización del sistema materiales, su marca, tipo, frecuencia, voltaje de trabajo y todas las condiciones técnicas que tienen los equipos utilizados, ver tabla 3.

### **Diseño de planos**

En este apartado se genera la información técnica de generación de planos eléctricos, de conexión, de funcionamiento, programación respectiva de los sistemas electrónicos, que son necesarios para determinar la funcionalidad del proyecto y hacer más fácil su manipulación o recambio de elementos a un futuro, este paso es importante como gestión técnica que se está implementando, donde se demuestra también el criterio técnico de los elementos de programación.

### **Identificación de equipos a utilizar, sensores, actuadores.**

En este enunciado se realiza la adquisición de los equipos y se verifica la funcionalidad planteada con la utilizada de los sistemas de riego.

### **Instalación de sensores**

Esta etapa se evidenciará la conexión de cableado en la tarjeta, con sensores y actuadores, para demostrar el mecanismo de programación y conexión de los equipos. A continuación, los tipos de sensores compatibles.

### **Sensores de temperatura**

**TM136.-** Es un sensor de temperatura, su unidad de medida es el grado Celsius., precisión y bajo voltaje. No necesita calibración específica para proporcionar una precisión típica de  $\pm 1^\circ \text{C}$  a  $25^\circ \text{C}$  y  $\pm 2^\circ \text{C}$  en un rango gradiente de  $-40^\circ \text{C}$  a  $125^\circ \text{C}$ . Este sensor está diseñado para usarse como medidor, simplemente conéctelo a tierra y voltaje entre 2.7 y 5.5 VDC y puedes empezar a hacer medidas a través del pin Vout. El voltaje de salida se puede convertir fácilmente a temperatura usando un factor de escala de  $10 \text{ mV}/^\circ\text{C}$ .

Característica; Voltaje de entrada: 2,7 a 5,5 V CC, Factor de escala 10 mV/°C, Precisión de temperatura  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , Linealidad  $\pm 0,5^{\circ}\text{C}$ , Rango de operación:  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $125^{\circ}\text{C}$ .

**LM35.-** Un sensor de temperatura muy común, uno de los componentes más utilizados para medir la variación térmica de sustancias u objetos. Parece un transistor común de baja potencia en el paquete TO-92, pero también puede obtenerlo en los paquetes TO-46, SO-8 y TO-220. El LM35 conocido como un circuito integrado de precisión, por cada grado centígrado medido proporcionará un valor de voltaje de 10 mV en su salida. Mide la temperatura en un rango normal de  $-55$  a  $150^{\circ}\text{C}$ .

**DHT22.-** (AM2302). La fuente de alimentación requerida oscila entre 3,3 y 6V. Los elementos que realizan la detección son de resolución de 8 bits, con una salida de señal digital corregida de un solo bus (bidireccional). La comunicación entre el sensor y el panel de control se realiza mediante un solo hilo. Tiene tamaño pequeño, bajo consumo de energía y transmisión de larga distancia de hasta 20 metros. Los cálculos de temperatura se realizan utilizando un termistor que mide el aire adyacente.

**DHT11.-** Nos permiten medir temperatura y humedad con un Arduino: Rango de Temperatura:  $0 - 50^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ , Rango de Humedad:  $20 - 80\% \pm 5\%$ , Tasa de lectura: 1 Hz (una lectura por segundo); Tamaño: 15.5 mm x 12 mm x 5.5 mm; Voltaje: 3 – 5 V; Intensidad máxima: 2.5 mA.

### **Sensores de humedad**

Los sensores de humedad con son multifunción son el DTH11 y el DTH 22, estos sensores son de temperatura y humedad, sus principales características se detallan en el enunciado anterior.

**YI-69.-** El sensor de humedad del suelo o higrómetro se utiliza principalmente para detectar la humedad del suelo. Por cierto, es perfecto para montar un sistema de riego automático o para controlar la humedad del suelo de tus cultivos. El sensor consta de dos partes: una placa electrónica y una sonda de dos pines, que detecta el contenido de agua.

### **Identificación del dispositivo de control a utilizar.**

En el mercado existen varios sistemas de control o microcontroladores, entre ellos tenemos:

**Teensy 3. 6.-** El mejor Teensy lanzado hasta ahora es Teensy 3.6. Esta pequeña bestia cuenta con un procesador de 32 bits, un total de 52 E/S, DAC, ADC, lector de tarjetas SD y muchas funciones más.

**Launchpad MSP430.-** Esta incorpora el TI MSP430, que también garantiza la compatibilidad con el software y el hardware de TI. Esto viene en forma de desarrollador en línea y herramientas de soporte. Características: MSP430 24MHz, marco de programa de 32 KB, RAM de 4KB.

**Netduino N3 Wi-Fi.** - Está programado en un lenguaje de programación de nivel superior (C#). Esto puede atraer a las personas que no quieren lidiar con los niveles más bajos conocidos de programación de MCU. Características: NET MicroFramework y biblioteca Netduino

## **M5Stack Core2**

Dispositivo de segunda generación de la serie de kits de desarrollo M5Stack, que mejora aún más la funcionalidad de la generación original. El MCU es el ESP32 modelo D0WDQ6-V3 y se basa en un procesador de doble núcleo Xtensa® de 32 bits y 240 Mhz LX6 que se puede controlar por separado. Tiene interfaces Wifi y Bluetooth e incluye memoria flash de 16MB y PSRAM de 8MB, interfaz USB TYPE-C para descarga de programas y comunicación serial, pantalla táctil capacitiva de 2.0 pulgadas incorporada y motor de vibración integrado. Es una evolución muy versátil de programación dando un giro al entorno industrial por ende es más práctico para utilizar, y es el más completo en funciones de ejecución de programación.

## **Desarrollo del sistema**

### **Programación del dispositivo de control**

Para tercera etapa se realiza la programación en la plataforma Arduino, con el corrido del sistema y las pruebas de programación con el interfaz de la tarjeta.

## **Lenguajes de programación**

**C++.-** Todo se puede programar con ellos, desde sistemas operativos y compiladores, aplicaciones de bases de datos, juegos, aplicaciones personalizadas y procesadores de texto, entre otros. Una de las propiedades de C y C es la reutilización del código como biblioteca de usuario. Después de un tiempo de trabajo, todos los programadores desarrollan sus propias bibliotecas para las cosas que hacen regularmente.(Pozo, 2017)

## **Programa Arduino IDE**

Es una plataforma de creación electrónica, gratuita, basada en hardware y de código abierto que es flexible y fácil de utilizar. Esta plataforma permite la creación de diferentes tipos de computadoras de placa única que pueden ser utilizadas por la comunidad de fabricantes para diferentes propósitos. Además, es una placa con todos los elementos periféricos de conexión a las entradas y salidas del microcontrolador y puede programarse tanto en Windows como en macOS y GNU/Linux. Un proyecto que promueve una filosofía de "aprender haciendo", lo que significa lo fácil que es aprender jugando (Fernández Y. , 2020)

## **Programa de bloques**

La programación por bloques consiste en juntar piezas prediseñadas (como en un rompecabezas) de manera que se cree una lista de pasos o acciones a seguir para resolver un problema planteado por un usuario, o crear. Es una forma práctica e intuitiva de programar en un entorno gráfico (Claudia, 2018).

## **Configuración del servidor web**

**Sinric pro.-** Es compatible con todos los tipos de dispositivos Amazon IOT y ofrece bibliotecas Python, C++, NodeJS, con ejemplos para ponerlo en funcionamiento en cuestión de minutos. Para usuarios avanzados, puedes crear tus propios dispositivos personalizados, configurar salas y rutinas, y monitorear todos tus dispositivos a través de REST API.

**Arduino cloud.**- Arduino nos proporciona el hardware, el firmware, los servicios en la nube y el conocimiento de esta solución. Como se anunció, la nueva plataforma Arduino IoT Cloud se puede programar utilizando bocetos ejecutados por el sistema de manera más fácil y rápida. Genera diagramas automáticamente cuando se configura algo nuevo, lo que ayuda a los desarrolladores de consola a un dispositivo funcional en cinco minutos.

**Thingspeak.** - Es una plataforma de aplicaciones abiertas, de fácil utilización diseñada para permitir que cualquier persona se conecte a cualquier cosa, esta funcionalidad permite ser manipulable y didáctica. Se caracteriza por ser una plataforma Open Source con una API para almacenar y recuperar datos de objetos utilizando el protocolo HTTP sobre Internet o sobre una LAN (Red de Área Local) (Loureiro, 2015).

Esta plataforma tiene una funcionalidad muy fácil de entender y programar, las APIs o Interfaces de Programación de Aplicaciones sirven para facilitar las conexiones entre diferentes sistemas, software o aplicaciones, por ende, su selección para trabajo o desarrollo de investigaciones o experimentos.

### **Pruebas de funcionamiento**

Para las pruebas de funcionamiento se procederá a comparar resultados obtenidos con un higrómetro y los resultados que me darán en nuestro prototipo para saber si nuestro equipo se encuentra bien instalado, a su vez observar si los datos proporcionados son correctos.

### **Encuestas de satisfacción**

En este ítem se procede a encuestar a las personas beneficiadas del sistema de riego automatizado basado en la Agricultura 4.0, y determinar el beneficio y la utilidad del sistema. La escala valorativa a utilizar y a ponderar es una escala de Likert, ver en el Anexo 6.

## **CAPÍTULO III**

### **PROPUESTA Y RESULTADOS ESPERADOS**

#### **Presentación de la propuesta**

Se propuso diseñar, construir y desplegar un sistema automatizado basado en el Internet de las Cosas para monitorear el cultivo de fresa en la Asociación Miñarica del Estado Ambato, parroquia Santa Rosa. A continuación, se comprobará que los sensores proporcionan datos reales comparando el sensor de temperatura y humedad de Arduino con un medidor manual de temperatura y humedad. De igual forma, se realizará una encuesta de satisfacción entre los agricultores para conocer los beneficios del sistema de riego implementado.

#### **Metodología**

Para desarrollar este dispositivo se debe seguir la metodología de desarrollo de hardware y software. Luego se identificó un método adecuado llamado Top-Down. Dado que desde el dispositivo se capta la idea con un alto grado de abstracción, se considera reproducirla en detalle. Esto es para reducir los recursos y el tiempo de cálculo, evitando la invasión de otros enfoques. La estructura a seguir incluye:

- Planificación: Revisar los requerimientos del usuario.
- Diseño: Definir como se realizará.
- Desarrollo: Construcción de la propuesta de solución
- Verificación del prototipo: Entrega al usuario y ensayos experimentales.

#### **PLANIFICACIÓN**

En reuniones con agricultores de la asociación Miñarica, se decide enfocarse en el cultivo de fresas debido a que el cultivo es más susceptible a enfermedades. La mayor parte del sector cultivan este tipo de producto, por lo que el agrónomo de la asociación menciona que es necesario monitorear tanta temperatura entre 18 y 25°C, humedad relativa entre 60 y el 75% para evitar plagas y enfermedades de las plantas.

**Tabla 2. Condiciones Apropriadas para el cultivo de fresa**

|                   |                                                      |
|-------------------|------------------------------------------------------|
| Altitud           | 1300 a 3000 m.s.n.m                                  |
| Temperatura       | Ideal: Día entre 18 y 25°C y nocturna entre 8 y 13°C |
| Humedad Relativa  | 60a 75%                                              |
| Humedad del Suelo | 50% a 60%                                            |

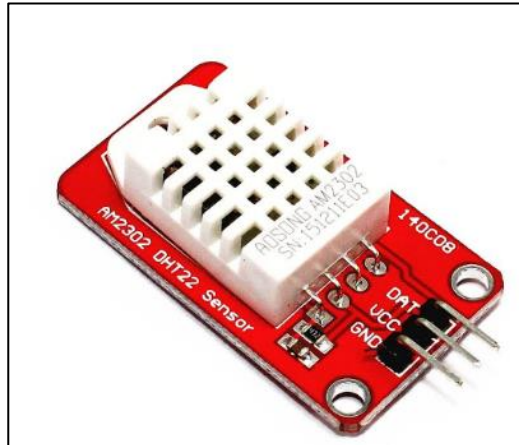
Fuente: (Curso de Actualización en el cultivo de fresas,2013)

En base a la búsqueda bibliográfica y el contexto local se eligió medir la humedad y la temperatura, donde las características técnicas se resumen en la Tabla 2. Las medidas son temperatura entre 18 y 25°C, humedad relativa entre 60 y 75% y la humedad del suelo de 50% a 60%.

### **Selección de equipos**

#### **Hardware**

Hay dispositivos de medición de temperatura y humedad separados, por lo que se seleccionó el módulo/sensor de temperatura y humedad relativa con salida digital DHT22 (AM2302). La fuente de alimentación requerida oscila entre 3,3 y 6V. Los elementos que realizan la detección son de resolución de 8 bits, con una salida de señal digital corregida de un solo bus (bidireccional). La comunicación entre el sensor y el panel de control se realiza mediante un solo hilo. Tiene tamaño pequeño, bajo consumo de energía y transmisión de larga distancia de hasta 20 metros. Los cálculos de temperatura se realizan utilizando un termistor que mide el aire adyacente, en el rango de -40 a 80 °C, con una precisión de  $\pm 0,5$  °C y una resolución de 0,1 °C. También se integra un sensor de humedad capacitivo de alta sensibilidad que funciona de 0 a 100 % de HR, con una precisión de  $\pm 2$  % de HR y una resolución de 0,1 % de HR. En la Figura 13. puedes ver cómo queda con el cable de alimentación correspondiente.



**Figura 13.** Sensor de temperatura y humedad  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.

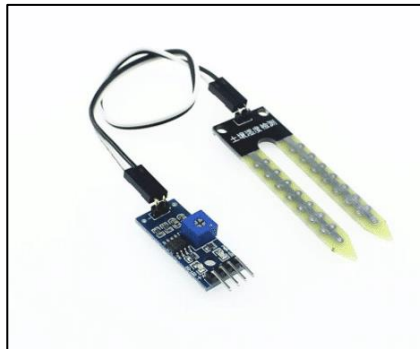
Como unidad central de procesamiento de este sistema, tenemos Core2 de M5Stack. Su forma física e interior se muestran en la Figura 14. Esto se basa en su funcionamiento sobre el módulo ESP32 con pantalla táctil LCD incorporada donde se muestra la información necesaria. En cuanto a la memoria, hay 16 MB de memoria flash y 8 MB de PSRAM, donde se carga el sistema operativo y se ejecutan los scripts de programación. Además, hay una ranura para tarjeta externa, donde se ubica una tarjeta microSD de 8 GB de clase 10, para almacenar datos de medición.



**Figura 14.** Módulo de desarrollo M5Stack Core 2.  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.

### **Sensor de humedad FC-32**

El objetivo es medir y detectar el nivel de la humedad presente en el suelo o en las plantas subterráneas. Si nivel de humedad del suelo es mínima, el valor analógico de la salida del sensor bajará, de lo contrario, si el nivel de humedad es alto el valor analógico de la salida aumentará, descripción en la figura 15.



**Figura 15.** Sensor de humedad FC-32.  
**Elaborado por:** Gavilanes Alex, 2022.

### **Contactor LS MC-12b 12A Contactor Metasol 3Pole 240V /415V**

Es de diseño compacto para ahorrar espacio - Contacto principal de 3 polos (NO) – Diseño a prueba de dedos, Carril DIN o montaje en tornillo, también dispone accesorios montables frontales / laterales disponibles, con relé de sobrecarga montable directo disponible Clasificación, 1NO y 1NC Contacto auxiliar incorporado de serie y clasificaría los productos que se ajusten a las normas, como se evidencia en la figura 16.



**Figura 16.** Contactor Metasol 3Pole 240V /415V.  
**Elaborado por:** Gavilanes Alex, 2022.

**Tabla 3. Descripción de equipos utilizados**

| <b>Nombre</b>                          | <b>Características</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|----------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| M5Core2                                | Dispositivo de segunda generación de la serie de kits de desarrollo M5Stack, que mejora aún más la funcionalidad de la generación original. El MCU es el ESP32 modelo D0WDQ6-V3, interfaz USB TYPE-C para descarga de programas y comunicación serial, pantalla táctil capacitiva de 2.0 pulgadas incorporada y motor de vibración integrado.                                                                                                                      |
| Sensor de temperatura DHT22            | Salida de señal digital corregida. Utiliza tecnología patentada de adquisición de señales digitales y detección de humedad, lo que garantiza confiabilidad y estabilidad. Sus elementos sensores están conectados a una computadora con chip de 8 bits. Todos los sensores de este modelo tienen compensación de temperatura. y calibrado en una cámara de calibración de precisión y el factor de calibración se almacena en forma de programa en la memoria OTP. |
| Sensor de humedad FC-32                | El propósito de este sensor es medir y detectar el nivel de humedad presente en el suelo. Si la humedad del suelo es baja, el valor analógico de la salida del sensor disminuirá, por el contrario, si la humedad es alta, el valor analógico de la salida aumentará. Este sensor es ideal para monitorear los niveles de humedad de plantas y suelos                                                                                                              |
| Relé jqc-3ff-s-z                       | Placa de módulo de relé de 1 canal, escudo para PIC AVR DSP ARM para Arduino Relay, 5V, nuevo, KY-019                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |
| Cables para las conexiones macho-macho | Conectores planos macho-macho perfectos para hacer conexiones en la protoboard y en placas de desarrollo como Arduino o Raspberry pi.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |

|                     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Higrómetro<br>HTC-2 | Es un instrumento que sirve para medir desde un enfoque cualitativo la humedad presente en el aire de la atmósfera, en las plantas o en el suelo estos indican y aprecian la variación que se puede presentar en los grados de humedad de las plantas, entre sus características principales tiene: Medidor De Temperatura Y Humedad Reloj Digital.<br><br>Lectura en grados Fahrenheit o Centígrados. Modos de tiempo de 12 o 24 horas. UNA batería estándar de AAA 1.5v |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

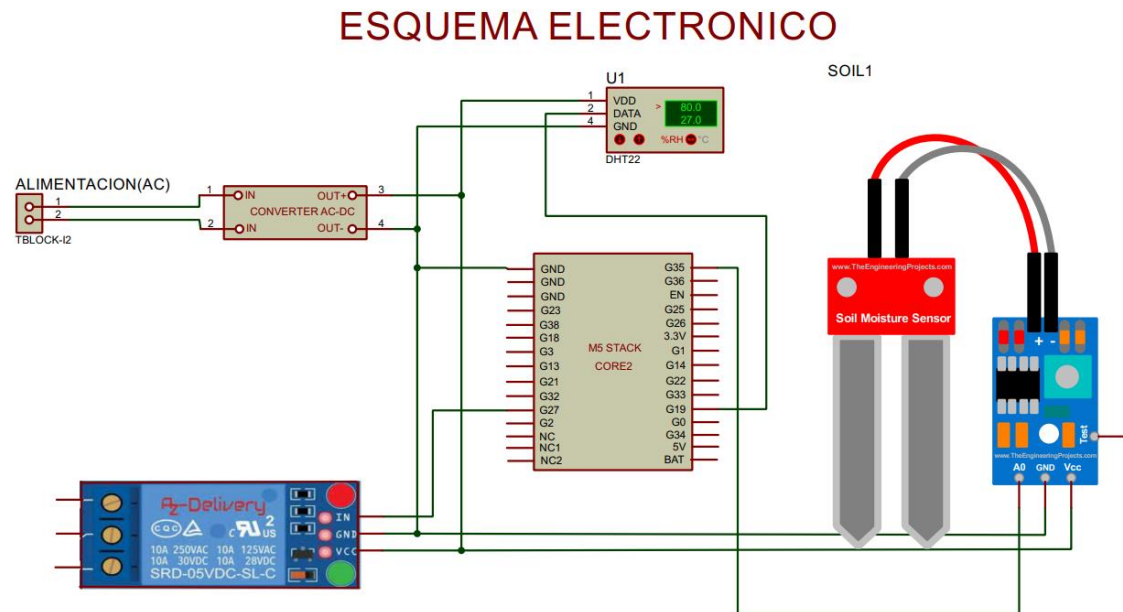
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022

## **DISEÑO**

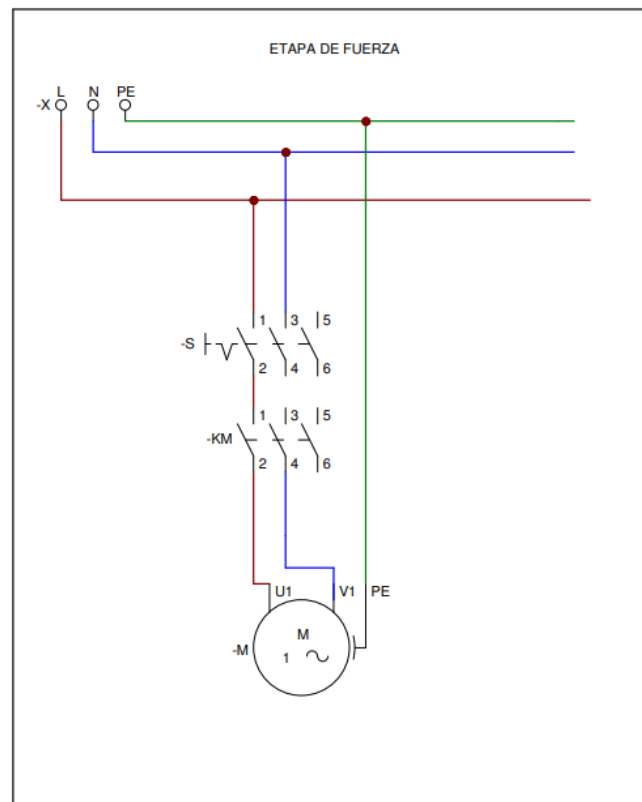
Se selecciona cada sensor utilizado para el seguimiento de la cosecha de fresas, como el sensor de temperatura DHT 22 y el sensor de humedad Fc-32, así como el relé JQC-3FF-S-Z que controla el encendido de la electrobomba de 2cv. Se utiliza equipo actual por la facilidad de compra en el mercado local, facilidad de manejo e interfaz.

### **Diseño electrónico**

El diseño realizado en proteus se ha efectuado siguiendo el requerimiento de simplicidad y se dispone en la Figura 17. La Figura 18 conecta los cables de 110v que llega del medidor a un contactor de doble acción.



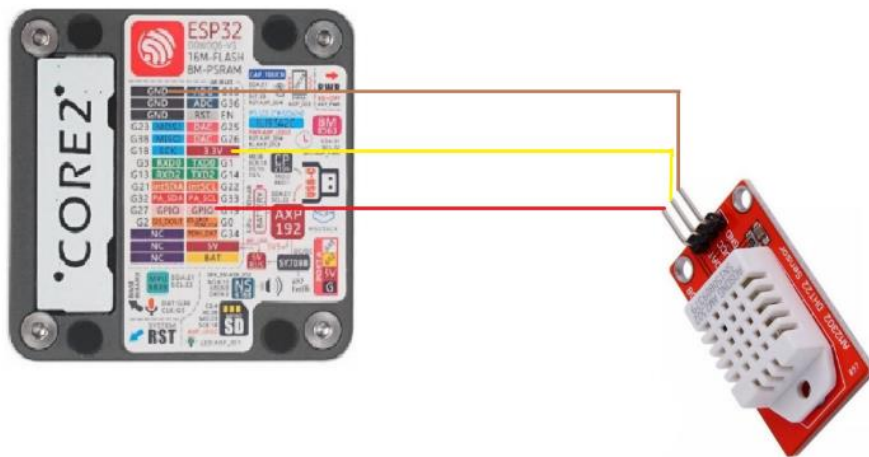
**Figura 17.**Diseño electrónico.  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.



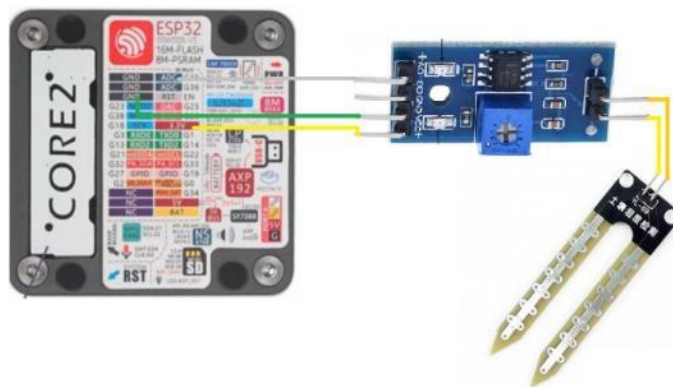
**Figura 18.**Diseño eléctrico.  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.

### Conexión del Sensor DHT22, Sensor FC-32 y el RELE JQC-3FF-S-Z.

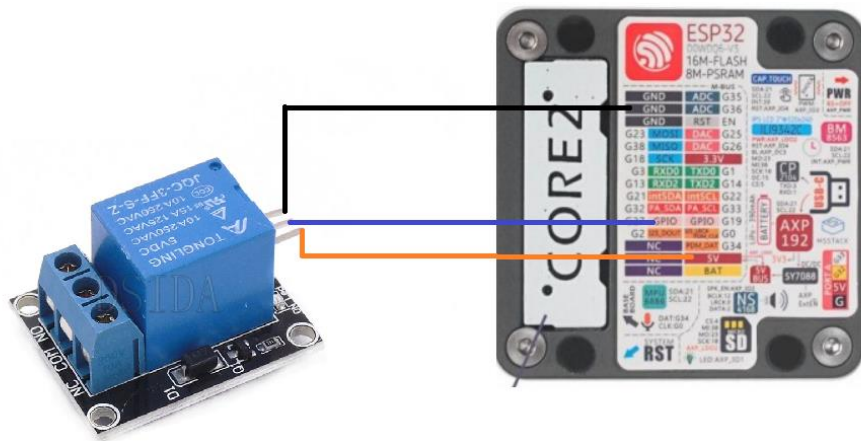
En la figura 19 se procedió a conectar el puerto G19 al pin data del Sensor DHT22, al igual que el GND y los 3,3 v respectivamente. Continuando en la figura 20 se procedió a conectar el puerto G35 al pin data del Sensor FC-32, al igual que el GND y los 3,3 v. Finalmente, en la figura 21 se procedió a conectar el puerto G27 al pin data del Relé JQZ-3FF-S-Z, al igual que el GND y los 5 v con lo que se alimenta el relé.



**Figura 19.** Conexión del sensor DTH22.  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.



**Figura 20.** Conexión del sensor FC32.  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.



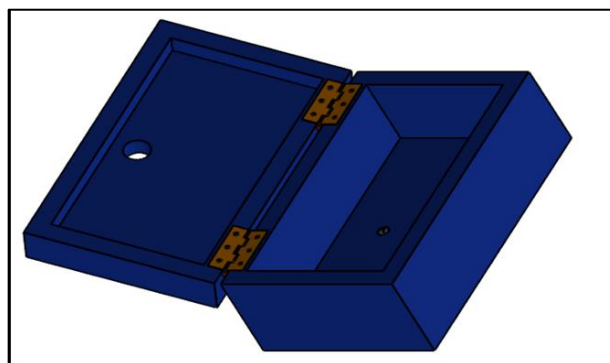
**Figura 21.** Conexión del RELE JQC-3FF-S-Z.  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.

### Dispositivos de entrada

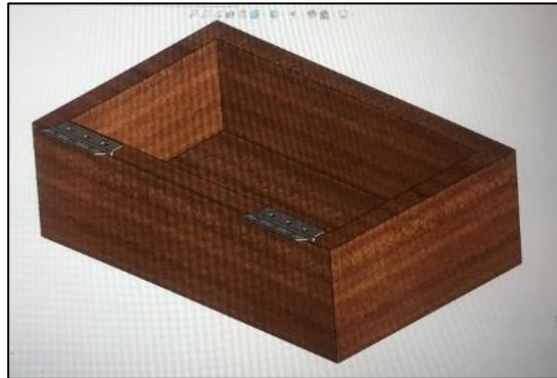
Consideramos los sensores para medir la temperatura ambiente y el sensor el encargado de medir el porcentaje de humedad relativa. Deben tener una salida digital para conectarse a la consola.

### Diseño del case de montaje

El diseño de la caja de monte y sus planos e isometrías se encuentran en el Anexo 3. En base al diseño que se muestra en la Figura 22 y Figura 23, la instalación se realizará en la plantación donde se diseñará una caja en la que el tablero de control no tendrá anomalías para evitar daños futuros.



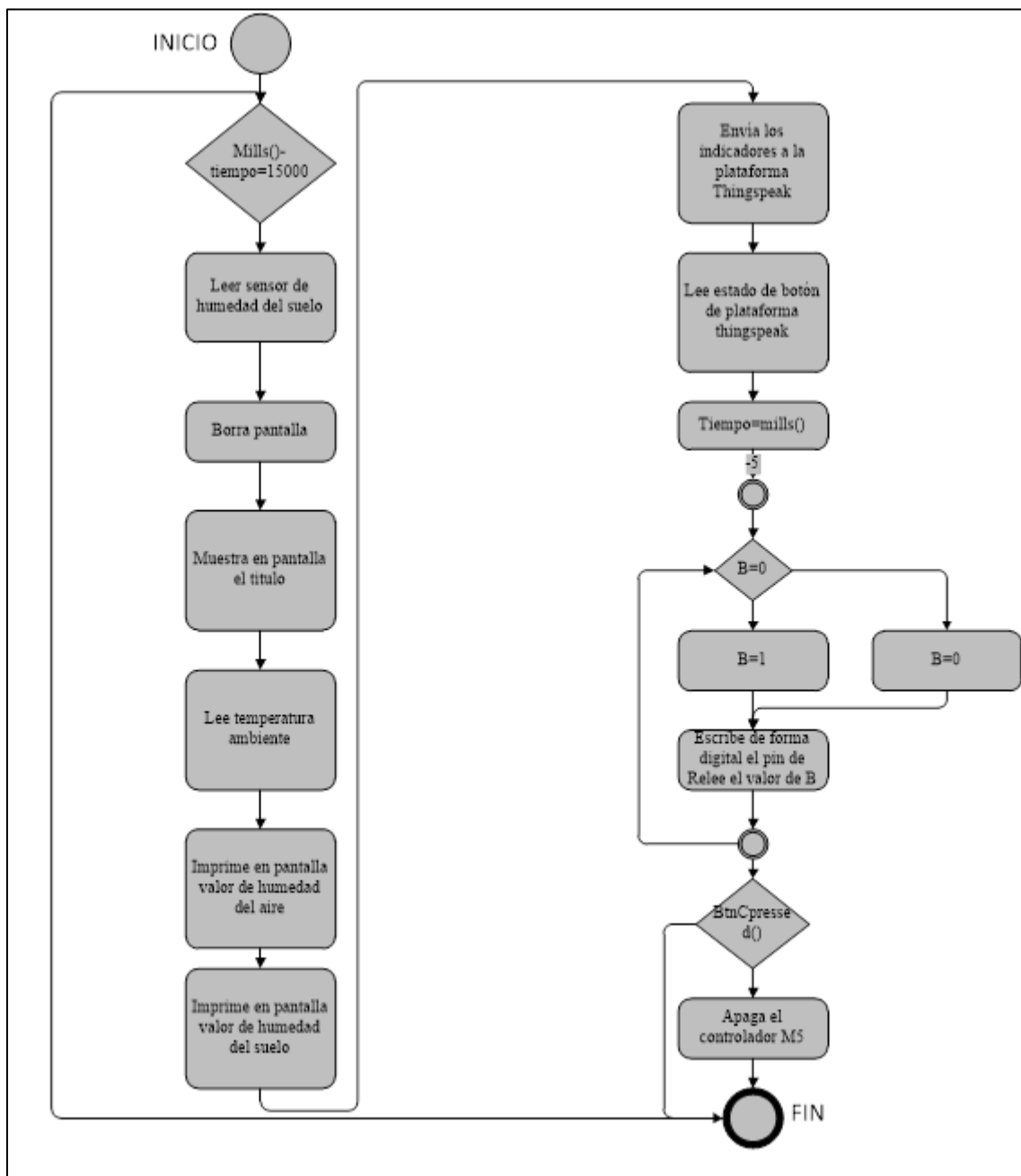
**Figura 22.** Diseño case del montaje.  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.



**Figura 23.** Diseño case del montaje.  
**Elaborado por:** Gavilanes Alex, 2022.

### **Diseño de la programación**

La codificación de la programación se encuentra desarrollada a detalle en el anexo 4. En la Figura 24 se encuentra el diseño de flujo de la programación que se usara para realizar el tablero de control, monitoreo de las variables como la temperatura, humedad relativa y la humedad del suelo.



**Figura 24.** Diseño del flujo de programación.

**Elaborado por:** Gavilanes Alex, 2022.

## **DESARROLLO**

### **Software**

El proceso comienza con la instalación del controlador en la computadora para que el módulo M5Core2 pueda ser reconocido y trabajado con él. El lenguaje de programación utilizado es C a través del IDE de Arduino, la última versión es la 1.8.19. La plataforma es de código abierto y le facilita la codificación y la carga en la placa a través del conector USB tipo C. Este software se puede usar universalmente con cualquier placa SP-32, aunque en este caso está hecho del ESP32. Una gran cantidad de bibliotecas, códigos y ayuda de la comunidad de desarrollo están alojados en GitHub.

Algunas de las bibliotecas instaladas permiten el uso de diferentes recursos externos y se mencionan a continuación. La biblioteca DHT.h permite comunicarse con el sensor DHT22 y obtener valores de temperatura y humedad relativa. La biblioteca M5Core2.h admite acceso a módulos con compatibilidad con la arquitectura ESP32. Entonces, también hay una biblioteca FS.h para manejar el microcontrolador mencionado anteriormente.

La biblioteca SD.h admite trabajar con tarjetas SD externas, lo cual es muy importante para esta aplicación. SPI.h se usa para administrar el protocolo SPI y math.h para realizar operaciones matemáticas básicas. Las variables se utilizarán para recopilar información del sensor sobre la temperatura y la humedad definidas. Se agregan comandos para mostrar mensajes en la pantalla táctil, como parte de la información presentada al usuario. Por lo tanto, también hay 3 opciones de apagado, bomba encendida y pantalla apagada por completo. El display muestra los valores de temperatura en °C y humedad en %.

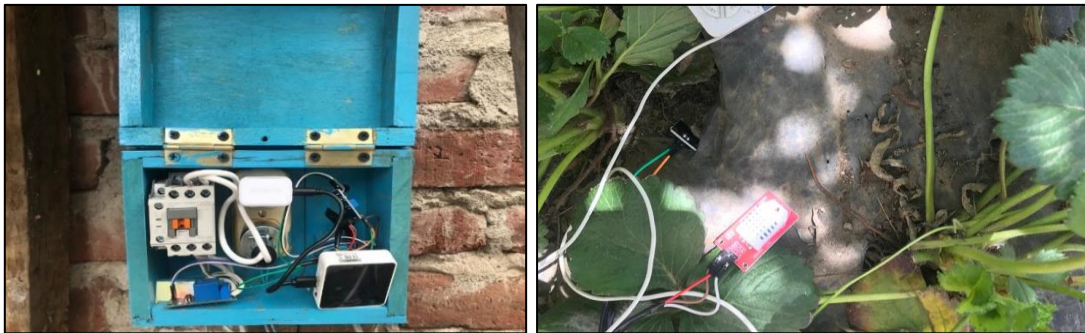
### **Estructura Final**

En esta instancia del proyecto se realiza la implementación, se inicia con la conexión del contactor MC-12b, teniendo en la entrada 110 V, de igual manera en la bobina se alimenta a la línea 1, y el neutro respectivamente para el funcionamiento de la bobina como se presenta en la figura 25.

La toma corriente 110 V es necesario para la conexión del dispositivo de control M5 stack, este dispositivo cuenta con una batería independiente, para el caso que la energía

se ausente entre en funcionamiento y se pueda garantizar el funcionamiento durante 2 días como se encuentra en la figura 26.

Los sensores tanto el fc-32 como el Dht22 se encuentran conectados a la tarjeta m5 Stack core2, a su vez los dos sensores se encuentran ubicados en la cama donde se encuentra la planta para un correcto monitoreo



**Figura 25. Instalación del sistema.**  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.



**Figura 26. Pruebas de funcionamiento.**  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.

## VERIFICACIÓN

Se realiza la comparación del sistema actual de funcionamiento de los sensores, y un equipo externo para determinar, la fiabilidad de los datos monitoreados por el sistema presente en la figura 27.



**Figura 27.** Validación de sensores.  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.

Cuyos resultados se recolectaron durante 5 días posteriores, y se realizan 10 evaluaciones muestrales debido a la inferencia estadística o variación de datos atípicos del estado climático y situaciones adversas que se puedan realizar en los cultivos, es decir dos muestras por día.

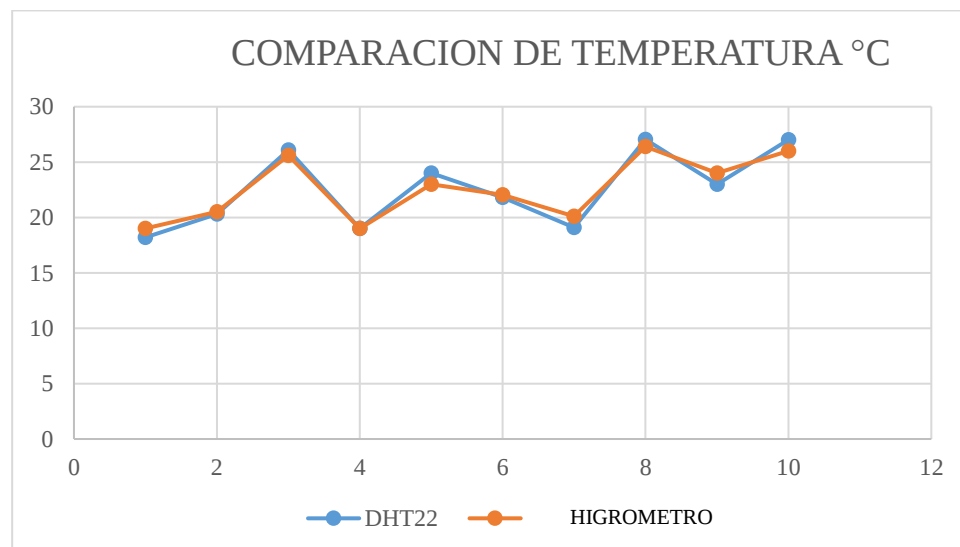
Esto se realiza posterior a la instalación para comprobar la funcionalidad de los sensores y el monitoreo de los mismos, utilizando equipos externos para su comparación, un hidrómetro para medir temperatura y humedad del aire; y un higrómetro para medir la humedad del suelo. Los resultados se muestran en la siguiente tabla:

### Medición de temperatura

**Tabla 4. Comparativo de temperatura**

| INSTRUMENTOS DE MEDICION | Muestra 1 T °C | Muestra 2 T °C | Muestra 3 T °C | Muestra 4 T °C | Muestra 5 T °C | Muestra 6 T °C | Muestra 7 T °C | Muestra 8 T °C | Muestra 9 T °C | Muestra 10 T °C |
|--------------------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|
| DHT22                    | 18,2           | 20,3           | 26,1           | 19,01          | 24,02          | 21,8           | 19,1           | 27,05          | 23,01          | 27,02           |
| HIGROMETRO HTC-2         | 19,01          | 20,5           | 25,6           | 19             | 23             | 22,05          | 20,1           | 26,4           | 24             | 26              |
| E ABSOLUTO               | 0,81           | 0,2            | 0,5            | 0,01           | 1,02           | 0,25           | 1              | 0,65           | 0,99           | 1,02            |
| E RELATIVO               | 4,2631         | 0,97576        | 1,9535         | 0,05158        | 4,434761       | 1,13375        | 4,975438       | 2,462121       | 4,125          | 3,923692        |
| MEDIA ERROR RELATIVO     |                |                |                |                |                |                |                |                |                | 2,829636        |

Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022



**Figura 28. Comparativo de temperatura.**

Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.

Análisis. - En el cuadro comparativo de los datos obtenidos de temperatura en tiempo real, se pueden evidenciar que las curvas de comportamiento de los datos se mantienen similares en comportamiento, y no existen datos atípicos y una media del error relativo de 2.8% este valor siendo un valor inferior a 5; demuestra que los datos no se encuentran

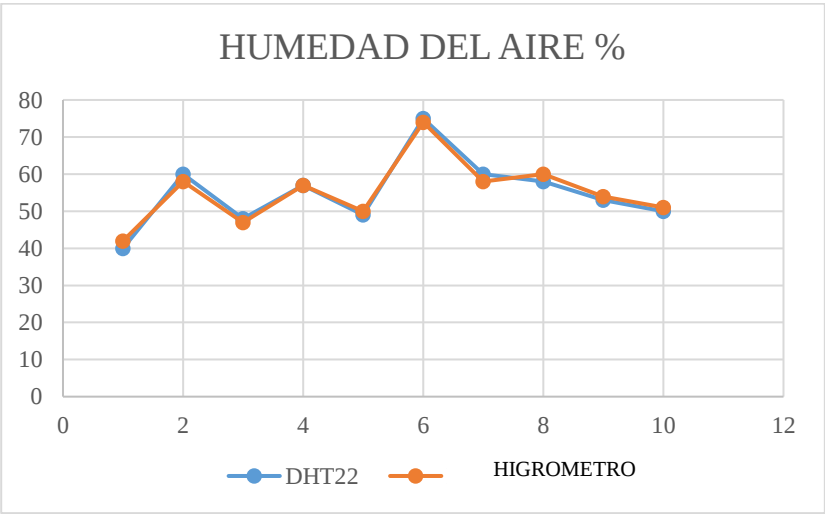
alejados a la media por lo que sus datos son fiables y las lecturas de los sensores son acordes, figura 28.

**Medición de humedad del aire**

**Tabla 5. Comparativo de humedad el aire**

| INSTRUMENTOS DE MEDICION | Muestra 1<br>humedad del aire % | Muestra 2<br>humedad del aire % | Muestra 3<br>humedad del aire % | Muestra 4<br>humedad del aire % | Muestra 5<br>humedad del aire % | Muestra 6<br>humedad del aire % | Muestra 7<br>humedad del aire % | Muestra 8<br>humedad del aire % | Muestra 9<br>humedad del aire % | Muestra 10<br>humedad del aire % |
|--------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| DHT22                    | 40                              | 60                              | 48                              | 57                              | 49                              | 75                              | 60                              | 58                              | 53                              | 50                               |
| HIGROMETRO HTC-2         | 42                              | 58                              | 47                              | 57                              | 50                              | 74                              | 58                              | 60                              | 54                              | 51                               |
| E ABSOLUTO               | 2                               | 2                               | 1                               | 0                               | 1                               | 1                               | 2                               | 2                               | 1                               | 1                                |
| E RELATIVO               | 4,761906                        | 3,448286                        | 2,127957                        | 0                               | 2                               | 1,351355                        | 3,448276                        | 3,333333                        | 1,855185                        | 1,960431                         |
| MEDIA ERROR RELATIVO     |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 |                                 | 2,428369                         |

Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022



**Figura 29. Comparativo de humedad el aire.**  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.

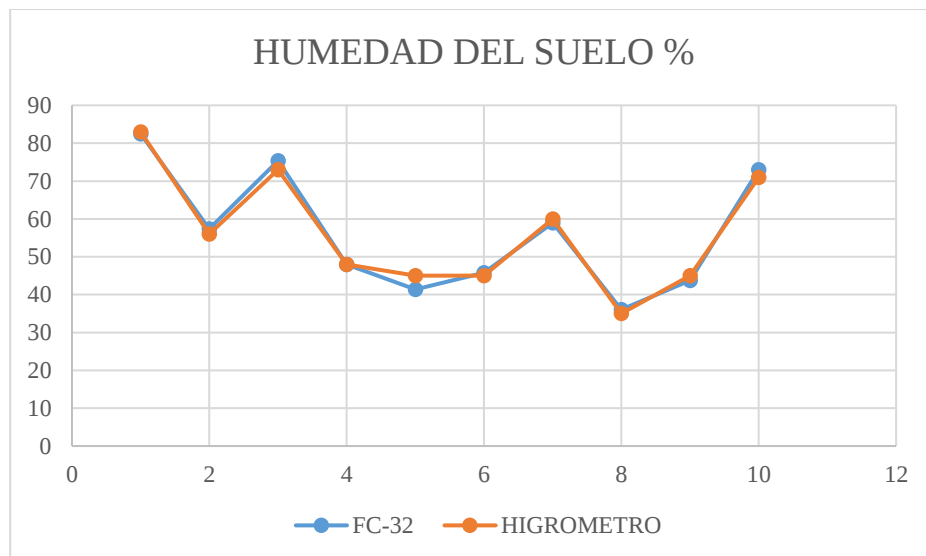
Análisis. – En la figura 29, en el cuadro comparativo de los datos obtenidos de humedad del aire, de manera porcentual y gráficamente se puede evidenciar que el comportamiento de los datos corresponde a la similitud de las líneas de tendencia, y no existen datos atípicos que sobresalen de la media y una media al error absoluto de 2.4%; con este valor inferior se demuestra la confiabilidad de los datos obtenidos por los equipos instalados.

## Medición de humedad del suelo

**Tabla 6. Comparativo de humedad del suelo**

| INSTRUMENTOS DE MEDICION | Muestra 1<br>humedad del suelo % | Muestra 2<br>humedad del suelo % | Muestra 3<br>humedad del suelo % | Muestra 4<br>humedad del suelo % | Muestra 5<br>humedad del suelo % | Muestra 6<br>humedad del suelo % | Muestra 7<br>humedad del suelo % | Muestra 8<br>humedad del suelo % | Muestra 9<br>humedad del suelo % | Muestra 10<br>humedad del suelo % |
|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|----------------------------------|-----------------------------------|
| FC-32                    | 82,5                             | 57,4                             | 75,35                            | 48                               | 41,39                            | 45,76                            | 59                               | 36,05                            | 43,71                            | 73                                |
| HIGROMETRO               | 83                               | 56                               | 73                               | 48                               | 45                               | 45                               | 60                               | 35                               | 45                               | 71                                |
| E ABSOLUTO               | 0,5                              | 1,4                              | 2,35                             | 0                                | 3,61                             | 0,76                             | 1                                | 1,05                             | 1,29                             | 2                                 |
| E RELATIVO               | 0,602409                         | 2,5                              | 3,219178                         | 0                                | 8,022222                         | 1,688888                         | 1,666667                         | 3                                | 2,866667                         | 2,81141                           |
| MEDIA ERROR RELATIVO     |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  |                                  | 2,6382936                         |

Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022



**Figura 30. Comparativo de humedad del suelo.**  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.

Análisis. – En la figura 30, en el cuadro comparativo de los datos obtenidos de humedad del suelo, gráficamente se puede evidenciar que el comportamiento no sobresale de la media de la línea de tendencia, y no existen datos atípicos de manera significativa y una media al error absoluto de 2.6%; con este valor inferior se demuestra la confiabilidad de

los datos obtenidos por los equipos instalados para la recolección de datos de humedad del suelo.

### Control en tiempo real en Thingspeak

En este sistema se realiza el monitoreo en tiempo real de los datos del sistema de riego, para la manipulación del mismo se realizó la adquisición de una licencia para realizar un sistema con todas las herramientas de funcionamiento del programa, licencia en el anexo 4. El valor fue de 45 dólares americanos.

La pantalla principal de visualización en Thingspeak de todos los indicadores de humedad del suelo, humedad del aire y temperatura, en tiempo real se muestran en el anexo 5, y la figura 31.

### Humedad del suelo



**Figura 31.** Humedad del suelo.  
**Elaborado por:** Gavilanes Alex, 2022.

En el campo 1 de ThingSpeak lo que se muestra es la Humedad del suelo siendo un valor de 50% de humedad del suelo con fecha 02-08-2022 a las 18:11 de la tarde

## Temperatura del aire

En el campo 2 de ThingSpeak se encuentran los datos evidenciados de temperatura del aire se puede analizar que existe un registro de todos los datos analizados y que en la pantalla de visualización se refleja 16,60 grados centígrados, con fecha 02-08-2022 a las 18:11 de la tarde como en la figura 32.



**Figura 32.** Temperatura del aire  
**Elaborado por:** Gavilanes Alex, 2022.

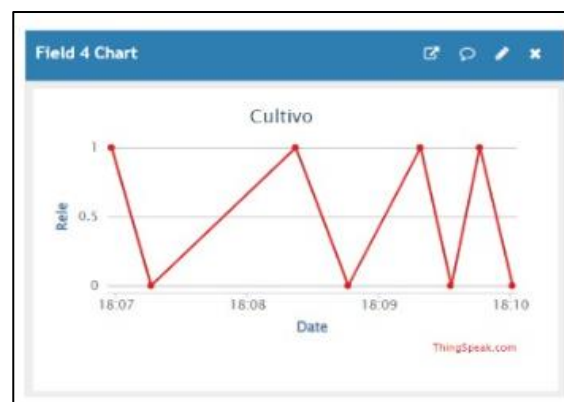
## Humedad del aire

En el campo 3 de ThingSpeak se encuentra la humedad del aire el análisis de datos de manera porcentual es de 55 siendo un valor medio en el que se debe mantener para garantizar la vitalidad del cultivo, siendo el ideal entre 40% y 60%, con fecha 02-08-2022 a las 18:11 de la tarde, en la figura 33.



**Figura 33.** Humedad del aire.  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.

### Indicador de encendido del relé.



**Figura 34.** Indicador de encendido del relé.  
Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.

En este valor representativo a los picos de encendido de la bomba es proporcional al incremento de la humedad del suelo en las horas de comparación con fecha 02-08-2022 a las 18:10 de la tarde el último dato enviado para que la bomba se apague, figura 34.

### Encuesta de satisfacción

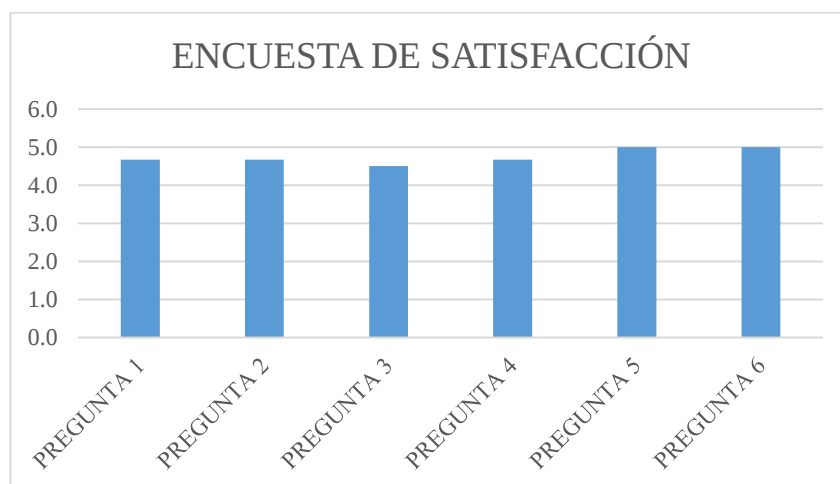
Las encuestas de satisfacción se obtienen para determinar el porcentaje de cumplimiento de satisfacción del sistema empleado y aporte social que tiene, el respaldo se tiene en el anexo 6. Se evalúa a los 6 beneficiarios del sistema según la Tabla 7.

**Tabla 7. Resultados encuesta de satisfacción.**

|            | DENISSE | CARLOS | JUAN | EDUARDO | DIEGO | PATRICIO | PROMEDIO |
|------------|---------|--------|------|---------|-------|----------|----------|
| PREGUNTA 1 | 4       | 5      | 4    | 5       | 5     | 5        | 4,7      |
| PREGUNTA 2 | 4       | 5      | 4    | 5       | 5     | 5        | 4,7      |
| PREGUNTA 3 | 5       | 4      | 4    | 5       | 4     | 5        | 4,5      |
| PREGUNTA 4 | 5       | 4      | 4    | 5       | 5     | 5        | 4,7      |
| PREGUNTA 5 | 5       | 5      | 5    | 5       | 5     | 5        | 5,0      |
| PREGUNTA 6 | 5       | 5      | 5    | 5       | 5     | 5        | 5,0      |

Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022

En la figura 35, se evidencia que en todas las preguntas realizadas se concuerda la mayoría ALTAMENTE SATISFECHO un total de 25 ítems, seguido de MUY SATISFECHO 11, llegando a la totalidad de respuestas adquiridas, con ello se demuestra una buena aceptación de la aplicabilidad del sistema, la media se encuentra en 4.8; valor próximo a 5 que es el 95% de satisfacción, lo que indica que es ALTAMENTE SATISFACTORIO.



**Figura 35. Indicador de encendido del relé.**

Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022.

## Cronogramas de actividades

**Tabla 8. Cronograma de actividades**

| ACTIVIDADES                                                     | MES 1    |          |          |          | MES 2    |          |          |
|-----------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                 | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 |
| Validación del prototipo                                        |          |          |          |          |          |          |          |
| Capacitación a un operador del manejo del sistema               |          |          |          |          |          |          |          |
| En la plataforma Thingspeak se efectúa la compra de la licencia |          |          |          |          |          |          |          |
| Pruebas de funcionamiento remoto del sistema de riego           |          |          |          |          |          |          |          |
| Revisión de factibilidad del proyecto                           |          |          |          |          |          |          |          |
| Recomendaciones del mantenimiento del sistema                   |          |          |          |          |          |          |          |
| Check de satisfacción largo plazo                               |          |          |          |          |          |          |          |
| Realizar pruebas de revisión del sistema de manera trimestral.  |          |          |          |          |          |          |          |

Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022

En la tabla 8 se identifica la validación del prototipo, su implementación en el campo de estudio, seguido de la ejecución en su programa y la validación de la utilización de la plataforma, el mismo que los gastos detallados se encuentran en la tabla 8.

## Análisis de costos del proyecto

### Datos de costos del proyecto

**Tabla 9. Cronograma valorado**

| ACTIVIDADES                                                    | MES 1    |          |          |          | MES 2    |          |          |
|----------------------------------------------------------------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
|                                                                | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 | Semana 4 | Semana 1 | Semana 2 | Semana 3 |
| Validación del prototipo                                       | 348      |          |          |          |          |          |          |
| Capacitación a un operador del manejo del sistema              |          | 100      |          |          |          |          |          |
| En la plataforma Thingspeak licencia por año.                  |          |          | 50       |          |          |          |          |
| Pruebas de funcionamiento remoto del sistema de riego.         |          |          | 100      |          |          |          |          |
| Revisión de factibilidad del proyecto.                         |          |          |          | 100      |          |          |          |
| Recomendaciones del mantenimiento del sistema.                 |          |          |          |          | 50       |          |          |
| Realizar pruebas de revisión del sistema de manera trimestral. |          |          |          |          |          |          | 150      |

Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022

En la tabla 9 se puede evidenciar los resultados de los costos del cronograma de ejecución del funcionamiento del sistema y sus pruebas de revisión, encontrando un valor de \$ 550,00 dólares americanos. Sin considerar los costos de validación del prototipo, estos valores se recopilan en fundamentación de los dos meses de la revisión del sistema y la comprobación de su funcionamiento, valores financiados de manera propia por el autor el proyecto.

### Estudio de costos del proyecto

El análisis de costos dentro de un proyecto es fundamental su identificación, dado que, permite cuantificar los recursos en términos monetarios la ejecución del proyecto. Del

mismo modo, se determina la factibilidad y viabilidad del proyecto como tal, la descripción inicial de la inversión general del proyecto se evidencia en la tabla 9. En la cual se detalla todos los elementos utilizados, para la validación del prototipo, incluyendo la descripción y la cantidad utilizada y su marca comercial, los valores son precios comerciales y adquiridos en el año de investigación los mismos que pueden variar dependiendo de la marca y la funcionalidad.

**Tabla 10.** Costos directos.

| <b>Costos directos</b> |                 |                       |                    |
|------------------------|-----------------|-----------------------|--------------------|
| <b>Descripción</b>     | <b>Cantidad</b> | <b>Valor unitario</b> | <b>Valor total</b> |
| Sensor DHT 22          | 1               | \$ 10                 | \$ 10              |
| Cables de conexión     | 1               | \$ 20                 | \$ 20              |
| M5 Stack Core2         | 1               | \$ 80                 | \$ 80              |
| Relé JQC-3FF-S-Z       | 1               | \$ 10                 | \$ 10              |
| Contactor              | 1               | \$ 20                 | \$ 20              |
| Sensor FC-32           | 1               | \$ 8                  | \$ 8               |
| Mano de obra           | 1               | \$ 200                | \$ 200             |
| <b>TOTAL</b>           |                 |                       | <b>\$ 348</b>      |

Elaborado por: Gavilanes Alex, 2022

## **CAPITULO IV**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **Conclusiones**

- En la presente investigación se realizó el estudio para la implementación del sistema de riego utilizando agricultura 4.0, para mejorar el sistema de riego de los agricultores de la asociación de Miñarica. Evaluando la necesidad de implementación en el sector con una evaluación de campo, un listado de observación de los propietarios de la tierra, donde se evidenció la necesidad de la aplicación del estudio, su implementación y evaluación del funcionamiento.
- En el diagnóstico del sistema de riego, para el cálculo diario de los minutos que se podrá regar el agua en la plantación se realiza una división del total de minutos para los catorce días. Con estos datos nos da como resultado que tanto la bomba como el reservorio es el apropiado para que la plantación no se quede sin su principal recurso para poder subsistir, partiendo de esta premisa que existe la cantidad suficiente de agua, es factible la implementación del sistema de agricultura 4.0.
- Con la implementación de agricultura 4.0 usando dispositivos de bajo costo para el sistema de riego de un cultivo de fresa, se mejora la eficiencia del sistema de riego. Siendo el aporte de los socios el valor de la implementación, por tanto, son los beneficiarios directos del funcionamiento del sistema, con 348 dólares el valor de los equipos utilizados.
- En la encuesta final se evidencia que en las preguntas realizadas los propietarios concuerdan que están altamente satisfecho, seguido de muy satisfecho. Esto demuestra una buena aceptación de la aplicabilidad del sistema de riego, la media se encuentra en 4,8; valor próximo a 5 dando una satisfacción del 95% lo que indica que es altamente satisfactorio.

## **Recomendaciones**

- Para trabajar en el sector productivo de una manera más rauda y económica, se recomienda utilizar sistemas basados en la agricultura 4.0, debido a que la sociedad tiene la necesidad de agilizar el trabajo para incrementar la producción. Entonces, estos sistemas nos ayudan a monitorear la producción y la medición de campo, además, pueden aumentar rápidamente las ganancias monetarias y ayuda a proteger los ingresos que se ha logrado.
- Es importante que, al momento de implementar algún sistema, los encargados revisen que todos los equipos funcionan adecuadamente, por ejemplo: la bomba de agua. Porque si no se está en constante mantenimiento o revisión cada cierto tiempo de los equipos, al momento de querer ocupar el sistema nos enfrentaremos con diferentes falencias en el proceso.
- Finalmente, el desarrollo de la agricultura 4.0 es un gran apoyo tecnológico para las personas dedicadas a la agricultura, que, en ciertos lugares es un sector olvidado, y su recurso hídrico debe ser bien aprovechado.

## BIBLIOGRAFÍA

- ¿Qué es la agricultura 4.0? (29 de Septiembre de 2020). Recuperado el 10 de Junio de 2022, de ¿Qué es la agricultura 4.0?: <https://agrospray.com.ar/blog/agricultura-4-0/>
- Acero, C., & Lanchipa, E. (2021). Implementación de un sistema de internet de las cosas para optimizar la gestión del agua en la agricultura en la región Tacna. 3(1).
- Cantalejo, M. (2020). Desarrollo de la agricultura de precisión. En M. Cantalejo, *Desarrollo de la agricultura de precisión*. Madrid, España : Universidad Politécnica de Madrid.
- Ceballos, J. (2020). Análisis regional de frecuencia de sequías. En J. Ceballos, *Análisis regional de frecuencia de sequías*. Jiutepec: IMTA.
- Claudia, A. (10 de Enero de 2018). *Herramientas de programación por bloques*. Obtenido de Herramientas de programación por bloques: <https://blogedprimaria.blogspot.com/2018/01/programacion-por-bloques.html>
- Clavijo, Q. D. (2021). *Análisis de la Industria 4.0 En América Latina: Caso México y Colombia* (Vol. 1). Granada: Universidad de Granada.
- Erazo, L. (2021). La industria 4.0 y cuál es su situación en España. 1(2).
- Escobar, C., & Farfán, K. (2018). Diseño de un sistema de riego para la implementación de cultivos automatizados. En C. F. Escobar, *Diseño de un sistema de riego para la implementación de cultivos automatizados* (Vol. 1). Guayaquil: Universidad de Guayaquil.
- Esparza, M. (2014). La sequía y la escasez de agua en México. (89).
- Fernández, R. (2010). *Manual de riego para agricultores*. Sevilla: Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera.

Fernández, Y. (2020). Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno. *Xataka Basics*.

Fibras y Normas de Colombia S.A.S. (2020). ¿Qué es un sistema de riego? 1.

Garcés, J. (2021). Evaluación de tres fertilizantes orgánicos para mejorar la producción de fresa. En J. Garcés, *Evaluación de tres fertilizantes orgánicos para mejorar la producción de fresa*. Cevallos, Ambato: Universidad Técnica de Ambato.

García, E. (2014). Índices de vulnerabilidad a la sequía en la cuenca del río bravo. En E. García, *Índices de vulnerabilidad a la sequía en la cuenca del río bravo*. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México.

Gómez, J. (2006). Descripción del comportamiento de insectos y enfermedades asociadas al cultivo de fresa. En J. Gómez, *Descripción del comportamiento de insectos y enfermedades asociadas al cultivo de fresa*. Managua, Nicaragua: Universidad Nacional Agraria.

Industria 4.0, Oportunidades y desafíos . (2019). 1.

Lamo, J. (2017). *Manual de métodos de riego*. Colombia: SUNA.

Llumiquinga, P. (2017). Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de fresa. En P. Llumiquinga, *Evaluación de fertilización mineral y órgano/mineral con fertirriego en el cultivo de fresa*. Quito, Ecuador: Universidad Central del Ecuador.

Lorenzon, E. (2020). Sistemas y Organizaciones. En E. Lorenzon, *Sistemas y Organizaciones*. Buenos Aires, Argentina: EDULP.

Loureiro, R. (2015). Estudio Plataformas IOT. En R. Loureiro, *Estudio Plataformas IOT* (pág. 5).

Lozano, A. (2017). Agricultura 4.0 para el sector fresero. 1.

McCormick. (2021). Agricultura 4.0.

- Muñoz, L. (2021). Qué es el Riego por Microaspersión.
- Ortiz, J. L. (2021). Desarrollo de un prototipo de un sistema de riego automatizado para el procesamiento, monitoreo y análisis de datos utilizando lógica difusa e IoT. En J. L. Ortiz, *Desarrollo de un prototipo de un sistema de riego automatizado para el procesamiento, monitoreo y análisis de datos utilizando lógica difusa e IoT*. Cuenca, Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca.
- Pozo, S. (2017). Curso de programación en C++. En S. Pozo, *Curso de programación en C++* (pág. 13).
- PROPA Oriente. (s.f.). Repelente Natural y Bioestimulante EM-5. *CENTA*, 2.
- Roman, S. (2020). Agricultura 4.0, la asignatura pendiente. *1*(1).
- Universidad Internacional del Riego. (2022). IOT y digitalización del riego 4.0. *1*(1).
- Vargas, P., & Best, S. (2020). Estimación del rendimiento y la calidad de los huertos de arándanos. *1*(1).
- Verdejo, J. E., & J. M. (2003). *Transmisión de datos y redes de computadores*. Prentice Prentice-Hall. Obtenido de Prentice Prentice-Hall

## ANEXOS

### Anexo 1. Encuesta inicial del proyecto

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

### Información general

Nombre: ..... Edad:.....

Instrucción: .....

### Nota:

- Lea detenidamente cada pregunta y elegir una respuesta con sinceridad

1. ¿Ha observado mayor frecuencia de plagas y enfermedades, por la sequía o por exceso de agua?

Si ☐ No ☐

2. ¿Conoce o ha escuchado sobre la Automatización?

Si ☐ No ☐

3. ¿Conoce acerca de un sistema de riego Automatizado?

Si ☐ No ☐

4. ¿Desearía monitorear sus cultivos de su casa u otro sitio?

Si ☐ No ☐

5. ¿Qué necesita que le monitoree en su plantación?

a.- La humedad del aire

b.- La temperatura del aire

c.- La humedad del suelo

d.- Todas las anteriores

6. ¿Sabe usted o ha escuchado sobre el monitoreo del cultivo desde el internet?

Si ☐ No ☐

7. ¿Estaría dispuesto en invertir en infraestructura y adquisición de tecnología para disminuir plagas y muertes en las plantas?

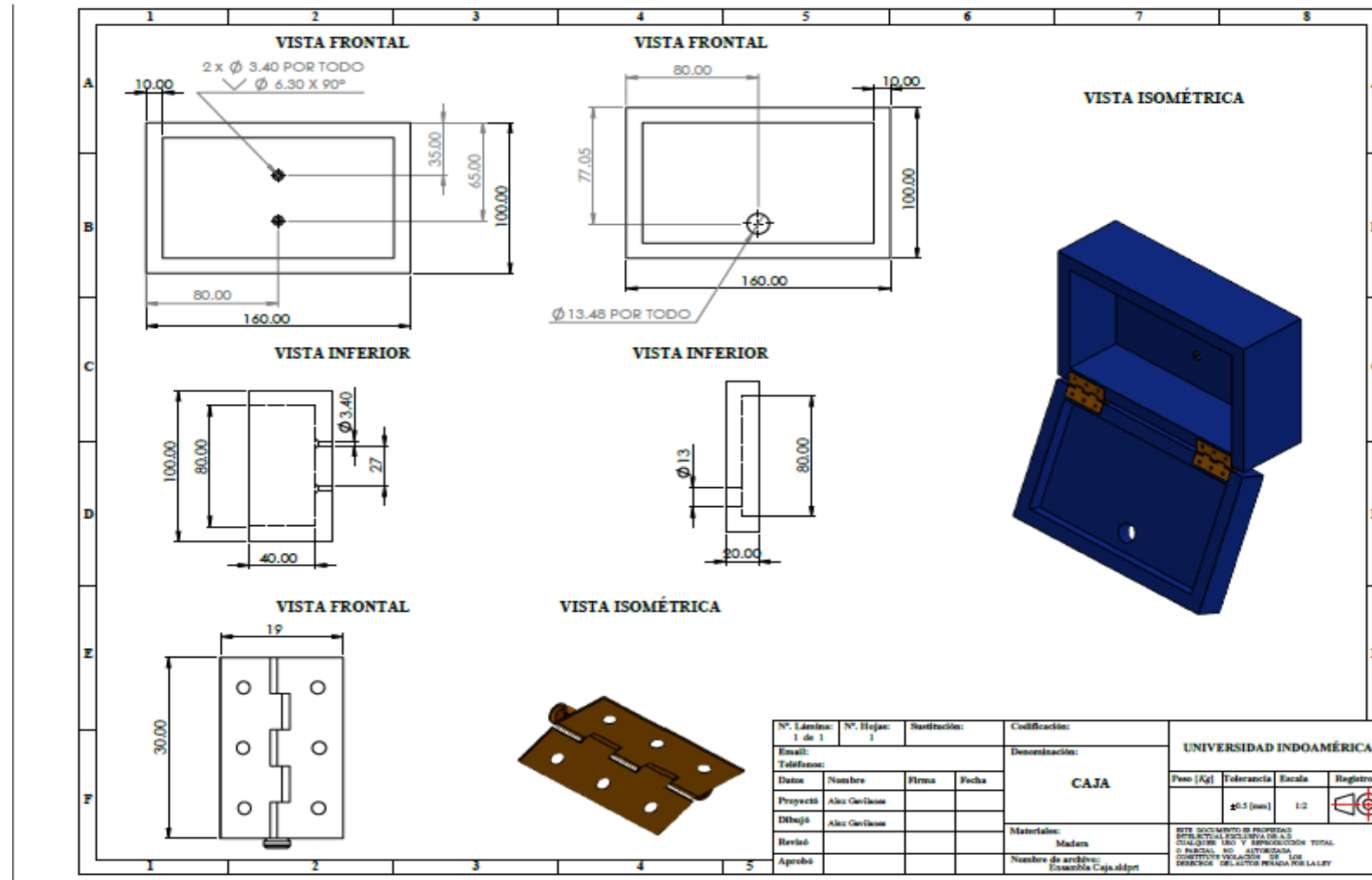
Si ☐ No ☐

8. ¿Cree que es más caro invertir en tecnología que mantener sanos a sus cultivos?

Si ☐ No ☐

***Gracias por su atención***

## Anexo 2. Planos de la caja de control



### Anexo 3. Programación del microcontrolador M5Core2

```
#include <M5Core2.h>
#include <DHT.h>

#include <WiFi.h>
#include <ThingSpeak.h>
#define nombreRed "EXTREME_BAYAS"
#define claveRed "@1803549292@"

#define Canal 1786076
#define Clave "5ZYKJ1C0PC9COFVD"

WiFiClient cliente;
DHT Sensorth(19,DHT22);
int puertoH=35;
int rele=27;
long tiempo;
int relethingspeak,lectura=0,lecturaA=0;
int b=0;
void setup() {
    Sensorth.begin();
    M5.begin();
    M5.lcd.clear();
    M5.Lcd.fillScreen(BLACK);
    M5.Lcd.setTextColor(BLUE);
    M5.Lcd.setTextSize(3);
    pinMode(rele,OUTPUT);
    M5.begin();
    ConectarWiFi();
    ThingSpeak.begin(cliente);
    tiempo=millis();
}
void loop() {

    if (millis()-tiempo > 5005)
    {
        int HS=analogRead(puertoH)/40.95;
        M5.lcd.clear();

        M5.Lcd.setTextColor(RED);
        M5.Lcd.setCursor(45,0);
        M5.Lcd.print("CONTROL DEL ");
        M5.Lcd.setTextColor(RED);
```

```

    M5.Lcd.setCursor(10,30);
    M5.Lcd.print("CULTIVO DE FRESA");

M5.Lcd.setTextColor(BLUE);
    M5.Lcd.setCursor(0,70);
    M5.Lcd.print("Temp:");
    M5.Lcd.setCursor(160,70);
    float TA=Sensorth.readTemperature();
    M5.Lcd.print(TA);
    M5.Lcd.setCursor(250,70);
    M5.Lcd.print("oC");


    M5.Lcd.setCursor(0,115);
    M5.Lcd.print("H.Aire:");
    M5.Lcd.setCursor(160,115);
    int HA=Sensorth.readHumidity();
    M5.Lcd.print(HA);
    M5.Lcd.setCursor(250,115);
    M5.Lcd.print("%");


    M5.Lcd.setCursor(0,165);
    M5.Lcd.print("H.suelo:");
    M5.Lcd.setCursor(160,165);
    M5.Lcd.print(HS);
    M5.Lcd.setCursor(250,165);
    M5.Lcd.print("%");


    M5.Lcd.setTextColor(GREEN);
    M5.Lcd.setCursor(10,210);
    M5.Lcd.print("Bomba      Apagar");


    if (HS<100 && HA<100 && TA<50)
    {
    ThingSpeak.setField(1,HS);
    ThingSpeak.setField(2,TA);
    ThingSpeak.setField(3,HA);
    ThingSpeak.writeFields(Canal,Clave);
    //relethingspeak = ThingSpeak.readIntField(Canal,4);
    //digitalWrite(rele,relethingspeak);
    }

    tiempo=millis();
}

```

```

M5.update();

lectura = ThingSpeak.readIntField(Canal, 4);
if (lectura!=lecturaA)
{
    lecturaA=lectura;
    b=lecturaA;
    digitalWrite(rele,b);
}
if (M5.BtnA.wasPressed())
{
    if (b==0)
        b=1;
    else
        b=0;
    digitalWrite(rele,b);
    ThingSpeak.setField(4,b);
    ThingSpeak.writeFields(Canal,Clave);
}
if (M5.BtnC.wasPressed())
    M5.shutdown();

}

void ConectarWiFi(){
    WiFi.begin(nombreRed,claveRed);
    M5.lcd.clear();
    M5.Lcd.setCursor(0,0);
    M5.Lcd.print("Connecting");
    while (WiFi.status() != WL_CONNECTED){
        M5.Lcd.print(".");
        delay(500);
        //WiFi.begin(nombreRed,claveRed);
    }
    M5.Lcd.print("OK");
}

```

Anexo 4. Licencia en Thingspeak

Compra confirmada

Finalizar compra de forma segura

✓ Su pedido se ha procesado

Número de pedido: 12830331

Comenzar a utilizar sus mensajes ahora

Comprobar estado del pedido

Información de facturación

Información de pago

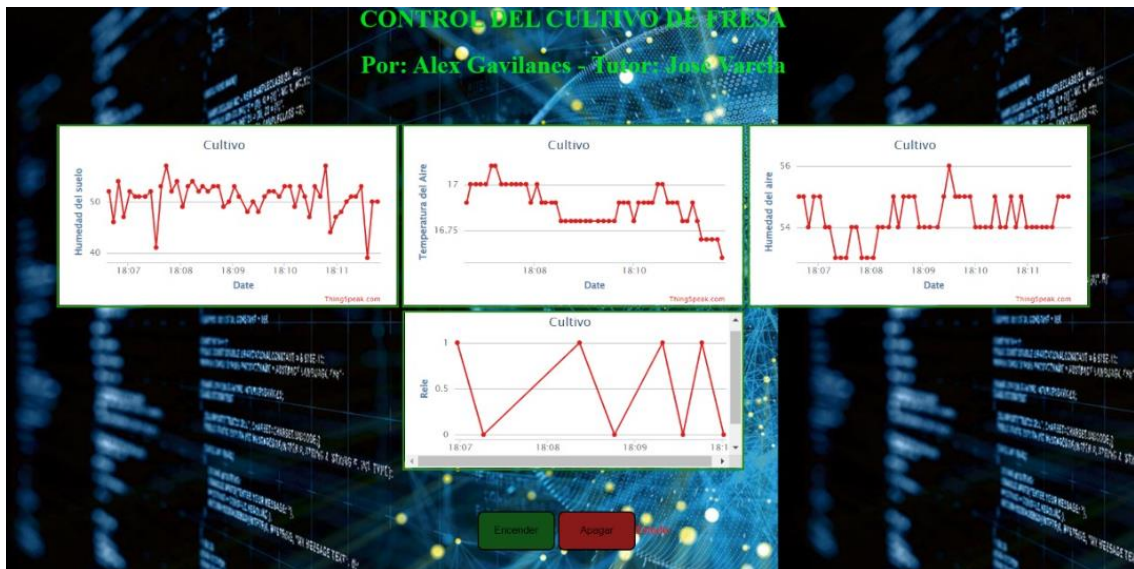
Alex Damian Gavilanes Pilco  
Indoamerica  
Tungurahua  
Ambato  
EC

Visa  
XXXXXXXXXXXX6003  
exp: 06/2024

Nueva licencia de ThingSpeak

| Producto   | Periodo de servicio       | Cantidad | Precio por unidad | Precio    |
|------------|---------------------------|----------|-------------------|-----------|
| ThingSpeak | 26 Jul 2022 - 31 Jul 2023 | 1        | USD 45.00         | USD 45.00 |
| Subtotal   |                           |          |                   | USD 45.00 |

## Anexo 5. Pantalla principal de visualización en Thingspeak



## Anexo 6. Encuesta de satisfacción

# UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

CARRERA: INGENIERÍA INDUSTRIAL

### Información general

Nombre: ..... Edad: .....

Instrucción: .....

### Nota:

- Lea detenidamente cada pregunta y elegir una respuesta con sinceridad, siendo la escala de Likert.
- **1 nada Satisfecho, 2 Poco satisfecho, 3 Satisfecho, 4 Muy Satisfecho, 5 Altamente satisfecho**

1.- Es útil la m5 stack core 2 para el sistema de riego.

| Nada satisfecho | Poco satisfecho | Satisfecho | Muy Satisfecho | Altamente Satisfecho |
|-----------------|-----------------|------------|----------------|----------------------|
|                 |                 |            |                |                      |

2.- Es útil la web para el sistema de riego

| Nada satisfecho | Poco satisfecho | Satisfecho | Muy Satisfecho | Altamente Satisfecho |
|-----------------|-----------------|------------|----------------|----------------------|
|                 |                 |            |                |                      |

3.- Esta satisfecho de la lectura de campo que muestra la pantalla de visualización.

| Nada satisfecho | Poco satisfecho | Satisfecho | Muy satisfecho | Altamente Satisfecho |
|-----------------|-----------------|------------|----------------|----------------------|
|                 |                 |            |                |                      |

4.- Esta satisfecho de la lectura mostrada en la web.

| Nada satisfecho | Poco satisfecho | Satisfecho | Muy Satisfecho | Altamente Satisfecho |
|-----------------|-----------------|------------|----------------|----------------------|
|                 |                 |            |                |                      |

5.- Esta satisfecho con el control de campo de operación de encendido y apagado de la bomba.

| Nada satisfecho | Poco satisfecho | Satisfecho | Muy satisfecho | Altamente Satisfecho |
|-----------------|-----------------|------------|----------------|----------------------|
|                 |                 |            |                |                      |

6.- Esta satisfecho con el control desde la web de operación de encendido y apagado de la bomba.

| Nada satisfecho | Poco satisfecho | Satisfecho | Muy satisfecho | Altamente Satisfecho |
|-----------------|-----------------|------------|----------------|----------------------|
|                 |                 |            |                |                      |

## **Anexo 7. Carta de conformidad de la persona beneficiada**

Ambato 11 de agosto del 2022

Ing.

María Belén Rúales

DECANA DE LA FACULTAD DE INGENIERÍA Y TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN Y COMUNICACIÓN

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA

Presente

De mis consideraciones

Yo LUIS EDUARDO LANDA SACA , portador de la cedula de ciudadanía N 1804311908 miembro de la ASOCIACIÓN DE CAMPESINOS DE MIÑARICA de la provincia de Tungurahua, cantón Ambato declaro que la asociación se encuentra conforme y muy agradecido con el trabajo de investigación realizado por parte del Sr. GAVILANES PILCO ALEX DAMIÁN portador de la cedula de ciudadanía N 1804218350 en calidad del estudiante de la UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA INDOAMÉRICA con el tema: OPTIMIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO USANDO AGRICULTURA 4.0 PARA EL CULTIVO DE FRESAS EN LA ASOCIACIÓN DE CAMPESINOS DE MIÑARICA

Particular que comunico para fines pertinentes.

Atentamente



LUIS EDUARDO LANDA SACA

1804311908