



Pontificia Universidad Católica del Ecuador | Sede Ambato

ESCUELA DE INGENIERÍAS

Tema:

PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LA COSAS (IoT) PARA EL MONITOREO DE INVERNADEROS

Proyecto de investigación previo a la obtención del título de Ingeniero de Tecnologías de la Información y la Comunicación

Línea de Investigación:

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Autor:

Jonathan David Llugsa Carrión

Director:

Ing. Mg Santiago Acurio Maldonado

Ambato – Ecuador

Octubre 2022

PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL ECUADOR
SEDE AMBATO
HOJA DE APROBACIÓN

Tema:

PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LA COSAS (IoT) PARA EL
MONITOREO DE INVERNADEROS

Línea de Investigación:

Tecnologías de la Información y la Comunicación

Autor:

Jonathan David Llugsa Carrión

Santiago Alejandro Acurio Maldonado, Ing. Mg.

CALIFICADOR

f. 

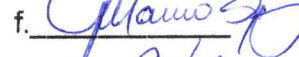
Pablo Israel Amancha Proaño, Ing. Mg.

CALIFICADOR

f. 

Galo Mauricio López Sevilla, Ing. Mg.

CALIFICADOR

f. 

Santiago Alejandro Acurio Maldonado, Ing. Mg.

DIRECTOR ESCUELA DE SISTEMAS

f. 

Hugo Rogelio Altamirano Villarroel, Dr.

SECRETARIO GENERAL PUCESA

f. 


Pontificia Universidad
Católica del Ecuador
SECRETARÍA GENERAL
PROCURADURÍA

Ambato – Ecuador

Octubre 2022


Pontificia Universidad
Católica del Ecuador
BIBLIOTECA

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD

Yo: **LLUGSA CARRIÓN JONATHAN DAVID** con **CC. 180529961-5**, autor del trabajo de graduación intitulado: “PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LA COSAS (IoT) PARA EL MONITOREO DE INVERNADEROS”, previa a la obtención del título profesional de **INGENIERO EN TECNOLOGÍAS DE LA INFORMACIÓN**, en la escuela de **Ingeniería en Sistemas**

1.- Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tiene la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, de conformidad con el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar a la SENESCYT en formato digital una copia del referido trabajo de graduación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.

2.- Autorizo a la Pontificia Universidad Católica del Ecuador a difundir a través del sitio web de la Biblioteca de la PUCE Ambato, el referido trabajo de graduación, respetando las políticas de propiedad intelectual de la Universidad.

Ambato, septiembre 2022



JONATHAN DAVID LLUGSA CARRIÓN

CC. 180529961-5

AGRADECIMIENTO

Mi agradecimiento especial va dirigido a Dios y mis padres por darme el apoyo suficiente a largo de mi vida estudiantil.

A la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato que me abrió sus puertas para formarme académicamente y mediante esto obtener el título de tercer nivel de Ingeniero en Tecnologías de la Información.

A mis maestros de mi formación académica de toda mi vida universitaria que me enseñaron las virtudes y anhelos de un estudiante.

A todos los que me apoyaron, estuvieron en los buenos y malos momentos, que me dieron fuerza para seguir adelante.

DEDICATORIA

Este logro, se lo dedico a Dios por darme la oportunidad de vivir. Se lo dedico a mi padre, por ser un ejemplo de superación, perseverancia, honestidad y sacrificio, a mi madre, por enseñarme a cultivar las virtudes necesarias para ser una persona de bien, a mí hermana que llego a mi vida y es el motivo de seguir luchando en el día a día, a todas estas personas les dedico cada uno de mis logros, diciéndoles simplemente que las amo y todo lo hecho ha sido gracias a Uds.

Lluga Carrión Jonathan David.

RESUMEN

El avance de la tecnología ha impactado profundamente en las acciones de los seres humanos, surge la necesidad de esta investigación surge por la condición de mejorar los escenarios agrícolas al norte de la ciudad de Ambato, mediante la incorporación de las tecnologías actuales; de esta forma permite que estos dos elementos se junten para generar alternativas para controlar y optimizar factores dentro de un invernadero. La investigación tiene un enfoque mixto en donde se lleva a cabo un muestreo de datos, recolección de información y aprobación. El prototipo se enfoca en obtener datos de mediciones de temperatura, humedad relativa y humedad de suelo, los cuales, se muestran en una aplicación, en donde los agricultores toman decisiones oportunas sobre las condiciones en las que se encuentra su cultivo. El prototipo se desarrolla mediante un método híbrido que une el marco de trabajo Scrum junto con la metodología de Programación Extrema (XP), se forma la metodología ágil SXP; la razón por la que se trabaja con esta unión es el protagonismo que se da a los usuarios finales, es decir la principal característica es que el usuario final sea parte del equipo de trabajo para tener un proyecto exitoso. Posterior a la elaboración del prototipo y configuración de la aplicación se obtienen mediciones en tiempo real de los cultivos de tomate riñón, pimiento y pepino dentro del invernadero, junto con sus datos históricos se muestra cómo los agricultores controlan los distintos males que acechan a las condiciones de sus cultivos.

Palabras clave: Internet de las Cosas, prototipo, SXP, Agricultura

ABSTRACT

The advancement of technology has had a significant impact on human behavior. This is how the need for this research arose, as a result of the condition of improving the agricultural scenery to the north of Ambato through the incorporation of current technologies. As a result, these two elements can work together to generate alternatives for controlling and optimizing factors within a greenhouse. This study uses a mixed methodology that includes data sampling, information gathering, and approval. The prototype focuses on gathering information from temperature, relative humidity, and soil moisture readings. This information is shown in an app so that farmers may decide what circumstances are best for their crop. The Extreme Programming (EP) technique and the Scrum framework were combined to create the agile SXP approach, which was used to produce the prototype. The main reason for working with this methodology is the end user's leading role; that is, the end user is part of the work team to have a successful project. Following the development of the prototype and configuration of the application, measurements of the tomato, pepper, and cucumber crops inside the greenhouse are obtained in real time. Along with historical data, it demonstrates how farmers can control various pests that threaten crop conditions.

Key words: Internet of Things, prototype, SXP, Agriculture.

ÍNDICE**PRELIMINARES**

DECLARACIÓN DE AUTENTICIDAD Y RESPONSABILIDAD	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT	vii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO 1. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA.....	8
1.1. Prototipos con IoT.....	8
1.2. Agricultura en Invernaderos.....	13
1.3. Monitoreo IoT de procesos para la productividad de invernaderos.....	21
1.4. Metodologías de prototipos IoT para resolución de problemas	28
CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO	32
2.1. Caracterización de la organización.....	32
2.2. Metodología de investigación	33
2.3. Metodología de Desarrollo.....	43
CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN	66
3.1. Resultados.....	66
3.2. Validación del prototipo.....	73
CONCLUSIONES.....	77
RECOMENDACIONES	79
BIBLIOGRAFÍA	80
ANEXOS	88

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Tipos de Sensores	12
Figura 2. Bases para la Producción en Invernadero	14
Figura 3. Exigencias de Temperatura para Distintas Especies	15
Figura 4: Humedad relativa	16
Figura 5. Partículas del Suelo	17
Figura 6. Infraestructura IoT	23
Figura 7. Estructura de Red LPWAN.....	26
Figura 8. Esquema LoRa.....	27
Figura 9. Metodología en V	30
Figura 10: Estructura LoRaWan	48
Figura 11: Esquema de Circuito	50
Figura 12: Prototipo primera versión	50
Figura 13: Librerías de nodo emisor.....	51
Figura 14: Definición y creación de variables.....	51
Figura 15: Void Setup.....	52
Figura 16: Void loop parte 1	52
Figura 17: Void loop parte 2	52
Figura 18: Prueba 1 de funcionamiento nodo emisor	53
Figura 19: Circuito receptor de datos	53
Figura 20: Módulo receptor, primera edición	54
Figura 21: Logo Blynk.....	54
Figura 22: Configuración Blynk	55
Figura 23: Proceso Blynk Cloud	56
Figura 24: Librerías de módulo receptor.....	56
Figura 25: Conexión Blynk	57
Figura 26: Definición de Pines y Variables	57
Figura 27: Void setut () Módulo Receptor.....	57
Figura 28: Void loop(), Módulo receptor, parte 1	58
Figura 29: Void loop(), Módulo recepto, parte 2	58
Figura 30: Void loop(), notificaciones	58
Figura 31: Prueba conexión a Blynk y recibido de datos.....	59
Figura 32: Inicio de sesión Blynk.....	60

Figura 33: Creación de plantilla en Blynk	60
Figura 34: Configuración flujo datos de plantilla Blynk	61
Figura 35: Configuración eventos en plantilla Blynk.....	61
Figura 36: Configuración Web Dashboard	62
Figura 37: Configuración Mobile Dashboard	62
Figura 38: Prueba de Web Dashboard.....	62
Figura 39: Prueba Mobile Dashboard.....	63
Figura 40: Prueba Notificación web dashboard	63
Figura 41: Prueba notificación mobile dashboard	64
Figura 42: Prueba 1 de distancia de módulos	65
Figura 43: Módulo receptor de Entrega.....	66
Figura 44: Módulo emisor de entrega.....	67
Figura 45: Pedestal de módulo emisor de entrega	67
Figura 46: Resultado del módulo con instalación con el pedestal	68
Figura 47: Web Dashboard de entrega	69
Figura 48: Mobile Dashboard de entrega	69
Figura 49: Ubicación de los módulos en la Finca	71
Figura 50: Distancia de la primera prueba.....	71
Figura 51: Distancia de la segunda prueba	72

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Concepto de Prototipo	8
Cuadro 2: Concepto IoT	9
Cuadro 3: Rangos adecuados para humedad de suelo	18
Cuadro 4: Requerimientos de agua por planta	18
Cuadro 5: Protocolos para IoT	25
Cuadro 6: Agricultores entrevistados	36
Cuadro 7: Comparativa de Metodologías	43
Cuadro 8: Historia de Usuario #1	45
Cuadro 9: Historia de Usuario #2	46
Cuadro 10: Historia de Usuario #3	46
Cuadro 11: Valoración de posibles riesgos	47
Cuadro 12: Elementos para Prototipo	49
Cuadro 13: Resumen de resultados de la Validación del prototipo	74

INTRODUCCIÓN

Para el desarrollo del proyecto cuyo tema es: Prototipo basado en internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de invernaderos, parte de varios estudios relacionados a este tema tanto en bibliográficas técnicas como en páginas de internet donde se muestra las bases principales de IoT en la agricultura, sus definiciones, mecanismos, programas y recolección de datos.

Para los autores Soto, Suárez, Rodríguez, & Cainaba (2019) el campo agrícola es uno de los candidatos más fuertes que permite y permitirá aplicar IoT en las próximas décadas, en asistencias, monitoreo, recomendaciones y soluciones basadas en IoT, todo esto es el paso a seguir para la modernización debido a la demanda que presenta el sector agricultor, además, se afirma que la clave para aumentar la producción agrícola es la aplicación de las tecnologías que llegarían a una efectividad de producción de un 70% a nivel global y por consecuencia generaría un impacto positivo para el año 2050.

En la actualidad el crecimiento de la automatización dentro del campo agrícola tiene una evolución constante, esta evolución ha sido una de las más importantes de los últimos tiempos para el mundo, es por eso, que se realiza este proyecto para controlar de mejor manera la actividad dentro de invernadero, con la recolección de datos se optimizan recursos, enfermedades y plagas en cultivos de tomate riñón, pepino y pimiento.

En el contexto internacional, la empresa Libelium (2022) ubicada en Zaragoza España con su línea Plug & Sense permite la aplicación de redes de Internet de las cosas de forma escalable. Dentro de sus productos tienen el “*Smart Agriculture PRO*” que está diseñado para realizar la monitorización de cultivos en un huerto, la empresa afirma que los modelos de agricultura inteligente permiten controlar parámetros dentro de un cultivo. Basados en ese concepto al “*Smart Agriculture PRO*”, le han dotado de sensores de temperatura y humedad, la principal aplicación de este modelo es en la agricultura de precisión, se da un caso de éxito en Cerdeña tras un proyecto donde se utilizó sensores de la empresa *Libelium* en un espacio

de 5 hectáreas de terreno para cultivo y 5 invernaderos con un área aproximadamente de 6000 metros, se recogía datos del agua y el suelo mediante sensores de esa manera mejoró la fertilidad y la calidad del agua.

Los avances de las tecnologías de información y la comunicación (TIC) en los últimos años han logrado que los conceptos de IoT se integren en la agricultura en diversas soluciones. En la Universidad de Córdova, se realizó un sistema IoT para el monitoreo de cultivos protegidos donde Gómez, Castaño, Mercado, Fernandez, & Garcia (2017), afirman que “Es posible observar, cómo tanto para la agricultura extensiva o en este caso, de invernadero o protegida, el monitoreo y control da como resultado un manejo apropiado, con todo esto se garantiza resultados favorables que ayudan al mejoramiento de la producción alimenticia” (p.27). La propuesta de estos autores se basa en la arquitectura cliente – servidor, para la captura de datos se usa sensores que posteriormente son llevados por el protocolo *MQ Telemetry Transport* (MQTT) el cual hace posible la interconexión de los dispositivos en el sistema dividiéndolo en 4 capas que son:

- Administración y procesos
- Interfaz de servicios a clientes
- Administración y Gestión
- Recuperación y entrega de información

Como resultados, obtuvieron datos en tiempo real de un cultivo protegido a través del sistema que se actualiza automáticamente y es mostrado en una aplicación web. En el contexto nacional en la Universidad de la Fuerzas Armadas (ESPE) los autores Laverde & Laverde (2021), proponen un sistema de riego mediante IoT, afirman que la base de la implementación en la agricultura es reunir datos que muestren el estado del suelo en el campo, con un sensor de humedad de suelo *DFROBOT SEN0114* por el cual, se recoge los datos necesarios y se crea un *Bot* en la aplicación de Telegram, se envía mensajes que dan a conocer los datos que recoge el sensor y así indica la cantidad necesaria de agua que necesita el cultivo, se mejora la eficiencia de los recursos hídricos.

La empresa Claro Ecuador (2020), también ha querido incursionar en el ámbito de la agricultura inteligente en donde presenta su nueva línea *SmartFarming*, que propone monitorear la producción en tiempo real y mejorar la gestión de los cultivos para obtener cosechas de calidad mundial, el beneficio que da este producto es que controla la calidad de aire, agua y tierra, basándose en IoT cuida las condiciones de las plantaciones que busca una innovación a lo tradicional. Por otra parte El Universo (2019), en su informe acerca de la agricultura, también presenta que el concepto de *SmartFarming*, aplica las tecnologías de la información y comunicación para aumentar la calidad de los productos del campo, uno de los retos de mayor relevancia es la industria de producción agrícola se estima que un 25% del suelo en el planeta está degradado, así también el aire y es necesario asumir el reto de control dentro del sector agrícola para obtener excelentes cultivos.

En Ecuador la problemática en la agricultura se presenta principalmente por las plagas, enfermedades y falta de conocimiento por parte de los agricultores. Según Sánchez, Vayas, Mayorga, & Freire (2019) en su informe, se destaca que, el cambio y desarrollo constante en la agricultura, permite combatir diversos fenómenos que se producen en los sembríos, además, debido la expansión de covid-19 a nivel mundial, obliga a incursionar nuevas formas de manejo en la agricultura tanto para negocio como en siembra y cosecha de hortaliza. Una de estas formas es el manejo de las TIC dentro de los campos agrícolas. Para Juca, Aguirre, & Vivanco (2021) las TIC contribuyen y aumentan drásticamente la competitividad agrícola y rural, también el proyecto, Modernización de los sectores Electricidad, Telecomunicaciones y Servicios Rurales (PROMECA) de la Secretaría Nacional de Planificación (CONAM), afirma que en Ecuador existe una gran brecha digital, donde hay agricultores que no tienen acceso a internet y por esta razón se dificulta la aplicación de tecnología.

La problemática también está en el material educativo (DOC, PDF, PPT) de la Pontificia Universidad Católica sede Ambato desarrollado por estudiantes próximos a obtener el título de Ingeniería en Sistemas e Ingeniería en Tecnologías de la Información, no cuenta con una investigación estructurada que proporcione el desarrollo de un prototipo basado en internet de las cosas (IoT) para el monitoreo

de humedad y temperatura de una sección de invernadero, esto sucede porque los estudiantes no tienen un conocimiento de los problemas que hay en el campo agrícola y ciertas áreas donde se llegaría a un mejoramiento a través de IoT.

Dirigiéndonos al problema en el sector del campo, la humedad del suelo dentro de cultivos de invernadero afecta directamente al crecimiento de las plantas, si se habla de la humedad del suelo no es la escasez de agua, sin embargo, el exceso de agua también trae consecuencias drásticas a los cultivos, un claro ejemplo, esto pasa en los cultivos de tomate riñón, pepino y pimiento que cuando el agua se acumula en las plantas tienden a descomponerse porque no hay un buen drenaje (Ortiz, Núñez, Cathala, Rios, & Nalesso, 2021). Por otro lado, la escasez de agua al igual que el exceso trae consecuencias graves a los cultivos dentro de invernadero, ya que provoca la sequía de las plantas (Orizont, 2018). El clima es otro aspecto que se quiere dar solución dentro de invernadero, es necesario estudiar las características del clima de la zona con el fin de conocer los factores favorables y desfavorables para el cultivo y tener en cuenta que dentro de invernadero el clima cambia, donde se llega a tener altas temperaturas (Villagrán, Bojacá, Villagrán, & Bojacá, 2019). Es de esta manera que se identifica el problema, en forma de pregunta: ¿La incorporación de tecnología IoT mejora las condiciones de clima y humedad presentes en un invernadero?

A través de la pregunta problema planteada anteriormente surgen las siguientes preguntas científicas:

¿Cuáles son las teorías y metodologías que sustentan el desarrollo de prototipos de dispositivos IoT para el monitoreo de invernaderos?

¿Cómo se desarrollan los prototipos IoT para el monitoreo de invernaderos?

¿Cuáles son los procesos de desarrollo en los dispositivos IoT para el monitoreo de invernaderos?

Posterior al análisis de la problemática que existe en el Ecuador en general y el problema planteado en forma de pregunta, este proyecto se enfocara cumplir las siguientes tareas:

1. Sustentación teórica y metodológica del desarrollo de dispositivos IoT para el monitoreo de invernaderos
2. Desarrollo de un dispositivo IoT para el monitoreo de invernaderos
3. Evaluación del funcionamiento del dispositivo IoT para el monitoreo de humedad y temperatura de una sección de invernadero y su aplicación web

Para realizar las tareas antes descritas, se requiere utilizar habilidades y capacidades relacionadas con el tema del proyecto. Una metodología provee de los conceptos y procedimientos para alcanzar el cumplimiento de la tarea de forma ordenada. Las metodologías tradicionales o clásicas fueron planteadas principalmente para poner en orden proyectos de desarrollo. Estos modelos tradicionales se presentaron en la década de los 60, dieron una estructura útil para el manejo de trabajos de ingeniería y construyeron un plano potencial para equipos de desarrollo (Cevallos, Montero, & Cuesta, 2018).

El proyecto de implementación de un prototipo basado en IoT para el control de una sección de invernadero está orientado al estudio y desarrollo de un dispositivo que mediante metodologías ágiles permita crear productos rentables en el sector agrícola, donde se utiliza las TIC, el análisis de Big Data y el internet de las cosas que permite crear bases para el desarrollo de un dispositivo automatizado que beneficia el sistema de riego y temperatura. El prototipo requiere de la implementación de diversos componentes que integran un equipo autónomo para la identificación de la condición del cultivo.

Las metodologías ágiles aparecen para dar solución a los problemas que se generan en la implementación de metodologías tradicionales, poseen una alta tolerancia para tratar proyectos. Hoy en día el mundo se basa en un entorno que cambia constantemente y por consecuencia atenderían a nuevas necesidades donde el desarrollo de las soluciones informáticas y tecnológicas se dan de forma ágil y obtienen resultados favorables (Cevallos et al., 2018). Las metodologías ágiles tienen como principal característica, su alta flexibilidad, su comunicación constante con el usuario, son colaborativas y adaptables a los cambios, entre las más notables metodologías ágiles se encuentran:

Scrum

Programación Extrema (XP)

Crystal Clear

Mobile-D

El prototipo se desarrolla en base a las metodologías ágiles de forma que se da un nuevo sentido y dimensión al aplicar las bases de IoT. En base a lo mencionado, el marco de trabajo Scrum es la guía principal del desarrollo del presente proyecto, pues se enfoca en un marco de trabajo diseñado para generar una estructura de correcto funcionamiento, donde se define tres roles: el Scrum *master*, el dueño del producto y el equipo de desarrollo. El Scrum *master*; es la persona que lidera el grupo y hace cumplir las reglas de la metodología, el dueño del producto; es el representante de las personas que utilizan el prototipo y el equipo de trabajo; son las personas que están al mando y encargadas de cumplir los requerimientos del software. (Cevallos et al., 2018)

La metodología *extreme programming* o XP es otra metodología que se emplea dentro del proyecto, esta metodología fue desarrollada por kent Beck en la búsqueda por guiar trabajos de programadores, en ambientes cambiantes. Esta metodología utiliza un proceso llamado *Planning Game* en donde define la fecha de cumplimiento y el alcance de una entrega funcional del proyecto. Los roles que se desempeñan son: programador; el que produce el sistema, cliente; el que hace las pruebas funcionales para aprobar la implementación, encargado de pruebas; ayuda al cliente a validar el funcionamiento, encargado de seguimiento; es el que revisa el proceso XP para mejorar el proyecto, entrenador; este es responsable del proceso global de la metodología, consultor; es un miembro que no está incluido en el proyecto, pero da solución en algún tema específico y gestor; es el vínculo entre clientes y programadores (Ocampo, Ulloa, Azcona, & Carrasco, 2019).

El uso del marco de trabajo Scrum y la metodología XP, se justifica por su enfoque en lo moderno y adaptativo donde estas metodologías pueden combinarse para formar características únicas. El ciclo de vida de XP se determina, que es adecuado para el desarrollo del producto por su enfoque total en el desarrollo de *software* con

un código limpio y legible que facilita la edición de este en un futuro, con sus pruebas que se realiza a lo largo del desarrollo del proyecto garantizan las expectativas del cliente; por otra parte, en lo que corresponde a Scrum tras los eventos y cumplimientos de los roles permite verificar diariamente el trabajo realizado, tareas pendientes, problemas surgidos con su análisis para la solución y las mejoras (Ocampo et al., 2019). De esta manera se aprecia lo bien que Scrum puede perfeccionarse con XP.

El prototipo propuesto busca mediante la aplicación de la teoría y los conceptos de IoT y las TIC, encontrar explicaciones a situaciones de conocimiento que indican en el sector agrícola. Por medio de este proyecto se pretende despertar el interés en los conceptos, sobre prototipos basados en IoT para el monitoreo de una sección de invernadero en la finca que es objeto de estudio, además, es importante saber el trabajo que se desempeña en finca y los procesos que realizan para controlar la humedad relativa, temperatura y humedad de suelo, así Mediante este proyecto se mejoran los procesos y acortar costos de control y monitoreo, de esa forma en un futuro ser accesible a todo público.

De acuerdo con las tareas del proyecto su resultado permite encontrar los mecanismos y datos concretos para determinar e identificar el correcto funcionamiento del prototipo IoT, lo anterior permite demostrar de forma técnica su correcto funcionamiento. Del mismo modo se da lineamientos, elementos, instrumentos y un esquema patrón a seguir, indispensables para evaluarlo por medio de pruebas prácticas se adapta a una sección de invernadero de la finca. Los conceptos estudiados en IoT y programación a lo largo de la carrera universitaria tienen gran importancia, estos nos explican de manera clara cómo funciona cada una de las partes del prototipo y de esta forma comprender las pruebas realizadas en la finca.

Además, contribuye al enriquecimiento técnico y teórico de las futuras generaciones de estudiantes de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador – Ambato.

CAPÍTULO I. ESTADO DEL ARTE Y LA PRÁCTICA

1.1. Prototipos con IoT

Para empezar con la comprensión del presente proyecto, es importante conceptualizar el término de prototipo, con base a los criterios de varios autores, mostrados a continuación:

Cuadro 1: Concepto de Prototipo

Autor	Definición
(ASALE & RAE, 2021)	Es un ejemplar original o primera forma en que se fabrica una silueta. También es el modelo más característico de algo.
(Salazar, 2018)	Desde un punto de vista de la Ingeniería del Software, demuestra que un prototipo se define como la representación, simulación, o demostración que es fácilmente modificable y manejable.
(Ruales, 2018)	El prototipo, se define como un modelo preliminar del producto que se diseña, de la misma forma el autor define que un prototipo es algo tangible como una máquina o una mesa, pero en otros casos es un elemento virtual.

Fuente: elaboración propia

A partir de los conceptos antes mencionados, se define al prototipo mediante diversos ámbitos en los que se trabaja, en este caso al prototipo se lo conceptualiza como una herramienta que se utiliza para crear el primer ejemplar de un producto, en el caso puntual de la investigación, la primera versión del sensor para monitorear temperatura, humedad relativa y humedad del suelo de una sección de un invernadero, con características que permiten llevar a cabo diversas pruebas que concluyen con un producto final, el cual es modificable basándose en los elementos físicos y virtuales que tiene el prototipo.

También hay que comprender y conceptualizar el término IoT, con base al criterio de los siguientes autores:

Cuadro 2: Concepto IoT

Autor	Definición
(Muñoz, 2019)	Este concepto viene en constante evolución por la interconexión digital que tienen los objetos cotidianos alrededor de la red de internet donde se produce una relación inteligente de cosas, personas o procesos, de esa forma se logra sistemas que al combinarse con otras tecnologías como la inteligencia artificial y la analítica de datos dan paso a que los objetos interactúen entre sí, sin la necesidad de intervención del ser humano.
(Novillo, Rojas, Olivo, Ríos, & Villavicencio, 2018)	El IoT en la actualidad ha evolucionado tanto que intercambian información y toman acciones de acuerdo con la información recibida, y para lograr esto se conectan al internet, los componentes más utilizados para IoT son los sensores y actuadores, los cuales, permiten una manipulación remota de los objetos.
(Páez, Pineda, & Sánchez, 2019)	El IoT es la interconexión digital de los objetos cotidianos por medio de internet donde para entender su funcionamiento se conoce sus capas que son: Capa de detección, consiste en una red inalámbrica con sensores, actuadores y terminales <i>Machine to Machine</i> (M2M). Capa de transporte, se encarga de la transferencia entre la capa de detección y la capa de aplicación. Capa de operación y gestión, procesa los datos obtenidos por el objeto IoT. Capa de aplicación, es la acción que hace el usuario con los dispositivos conectados.

Fuente: elaboración propia

Con los conceptos principales, se inicia con el análisis de los detalles que se toman en cuenta para la construcción del prototipo IoT; como herramienta principal se utiliza el procesador que contiene la unidad central del prototipo, además, es el encargado de cumplir funciones programadas y capturar los datos por medio de los puertos de entrada. Tras la búsqueda e investigación realizada se encontraron algunos prototipos que son orientados al sector agrícola, esto permite conocer de mejor manera los beneficios que tienen.

Respecto a lo expuesto, existen algunas experiencias en otros países, en México, Vega et al. (2020) construyen un prototipo a escala de un sistema de riego y ventilación de un invernadero bajo el concepto de IoT, este proyecto consiste, en las condiciones de temperatura y humedad del invernadero, en donde si los sensores detectan una temperatura no óptima se activa un ventilador y si la humedad no es adecuada se activan aspersores de agua. En otro proyecto en Colombia, Guerrero & Martínez (2021) realizaron un prototipo electrónico para el monitoreo del medioambiente, con el objetivo de monitorear los procesos de fertilización orgánica del suelo que utilice técnicas IoT, donde el prototipo IoT es lo más importante dentro del proyecto para completar acciones automatizadas de fertilización en suelos colombianos.

También existen experiencias con prototipos IoT dentro de nuestro país, es así que, Cedeño & Poquizá (2021) en Guayaquil realizaron el diseño de un prototipo basado en IoT para el monitoreo y protección de los cultivos ante la caída de ceniza volcánica, el proyecto consiste que a través de herramientas basadas en tecnología como sensores de temperatura, humedad de suelo, riego de agua y nebulización puedan salvaguardarse los productos del sector agrícola ecuatoriano en caso de presentarse un evento volcánico que conlleve la caída de ceniza. Otra experiencia se da en la ciudad de Quito, Pazmiño (2019), realiza un prototipo IoT con semáforos con una infraestructura de computación en la niebla, principalmente sirve para que vehículos de servicio médico y seguridad, a través de un control conectado a internet implementado en sus tableros vehiculares, interactúan con los semáforos en casos de emergencia extrema.

Como se evidencia en los párrafos anteriores, Internacional y nacionalmente se presenta el trabajo de varios autores con prototipos IoT. Esto aclara de mejor manera el objetivo, uso y concepto de lo que es un prototipo IoT, en los casos presentados se aprecia que, un objeto electrónico controlado por internet para monitorear, controlar e interactuar con el sector agrícola y objetos de la ciudad. Según Smelpro (2021), menciona que un prototipo tiene los siguientes componentes para su funcionamiento exitoso:

Procesador

Son microcontroladores y/o microprocesadores que tienen una unidad central junto con módulos que cumplen acciones programadas, los datos son capturados por puertos de entrada y arrojados por medios de salida (Cervantes, Scheleguel, & Bracho, 2018). El procesador hace referencia a la unidad en donde está la parte principal del prototipo, dentro de ella está la tarjeta de prototipado, de acuerdo con la necesidad del proyecto implementan diversas tarjetas que existen en el mercado, en el informe de Cervantes, Scheleguel, & Bracho, se dio un enfoque en Arduino y NodeMCU.

Arduino, es considerada la tarjeta con la que mayor se desarrollan proyectos de electrónica alrededor del mundo Naylamp Mechatronics (2021), en su detalle conceptualiza que utiliza el microcontrolador ATmega328P (Atmel/Microchip) y tiene todo lo necesario para su funcionamiento. Algo importante que resaltar para la placa Arduino, es que necesita adicionalmente de un Módulo ESP Wi-Fi para su conexión a inalámbrica a Internet.

NodeMCU, su plataforma de funcionamiento es similar a ARDUINO. Naylamp Mechatronics (2021), afirma que tiene como núcleo el SoM ESP-12E que a su vez está basado en el SoC Wi-Fi ESP8266, tiene puertos para la entrada y salida de datos. Lo interesante de esta placa, no necesita ninguna tarjeta adicional para conectarse a Internet, pues directamente la tarjeta tiene integrado un módulo para su conexión inalámbrica.

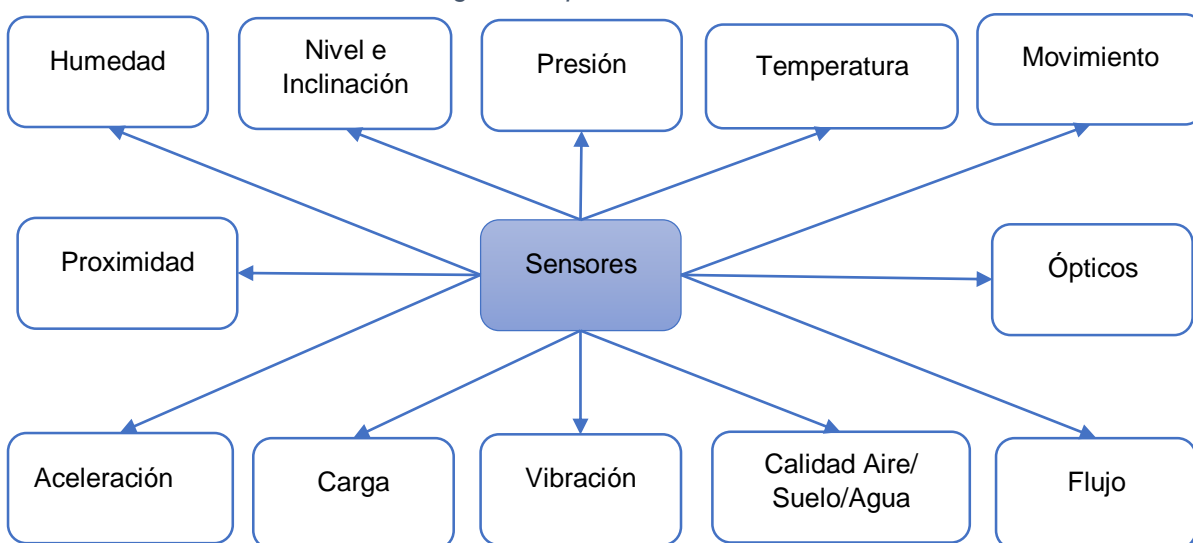
Sensores y Actuadores

Los sensores y actuadores son parte fundamental para iniciar un prototipo IoT. Según la definición de Parada (2018), "Un sensor puede ser un conjunto de contactos que detectan componentes de nuestro alrededor, también es un potenciómetro que cambia la resistencia cuando un humano gira un dial o un robot extiende un brazo" (p.2). De la misma forma Flores, Berón, Riesco, & Henriques (2018), afirma "El controlador incluye una interfaz gráfica de usuario (GUI), se utiliza

para para cambiar la configuración del sensor, de forma local o remota” (p.739). Con los conceptos dados por los anteriores autores, el sensor es aquel que detecta los niveles de oxígeno, hidrógeno, aluminio, temperatura y humedad, para posteriormente convertirlo en una señal eléctrica que se interpreta. Por otra parte, el actuador es el encargado de controlar los sensores, por ejemplo, un sensor de movimiento es configurado para detectar roedores, pero no personas.

En la siguiente figura se muestra los sensores más utilizados en IoT:

Figura 1. Tipos de Sensores



Fuente: elaborado a partir de Parada (2018)

La mayoría de los sensores, se conectan a los módulos del procesador IoT por medio de una interfaz digital o analógica, estos permiten llevar los datos detectados a la realidad y monitorearlos. Los sensores primordiales para el presente proyecto son: sensores de calidad aire/suelo/agua/humedad/temperatura, todos estos orientados a un mismo objetivo, el de capturar información de forma rápida, automatizada y segura con la más mínima actuación del ser humano, con la disponibilidad de información adecuada al usuario junto con el cumplimiento que propone realizar el prototipo.

Lenguaje de Programación y Entorno de Desarrollo Integrado (IDE) de trabajo

Para la programación de cada una de las acciones que se realiza en la placa procesadora; es decir, las órdenes específicas de trabajo para cada sensor con su

respectiva manera de interpretar los resultados y las acciones de los actuadores se utiliza el IDE, Arduino que está basado en el lenguaje de programación JAVA.

Dashboard

Es la plataforma que directamente muestra los datos obtenidos del prototipo de forma visual dinámica, aquí es donde también manipulan y monitorean de acuerdo con la programación que esté establecida en la tarjeta y sensores. Ubidots es una de las plataformas que mayormente se usa para mostrar datos de dispositivos IoT. Para Espinosa & Orellana (2021) “ Ubidots permite crear aplicaciones para el IoT en un corto tiempo y con una interfaz amigable, tiene servicio para desarrolladores en un entorno de computación en la nube asequible, fiable y utilizable” (p.19). Al criterio anterior mencionado Ubidots es una plataforma de gran utilidad para soluciones de *hardware* y *software* que se orientan principalmente a monitorizar qué es lo que nos interesa para el tema general del presente proyecto.

Con los componentes anteriormente detallados se establece que estos ayudan a crear, explorar, analizar y probar el elemento que se establece como prototipo IoT, el procesador, es la placa que contiene los sensores donde se programa las acciones que se realiza para posteriormente observar los resultados programados en elementos de salida como el *dashboard*, el modelo final de prototipado mantiene datos y registros de diferentes variables que se obtiene mediante el trabajo de los sensores conectados y llegan a cumplir con la necesidad de un usuario final que nota la mejoría de un problema mediante en control, monitoreo y automatización de forma inalámbrica conectada a internet.

1.2. Agricultura en Invernaderos

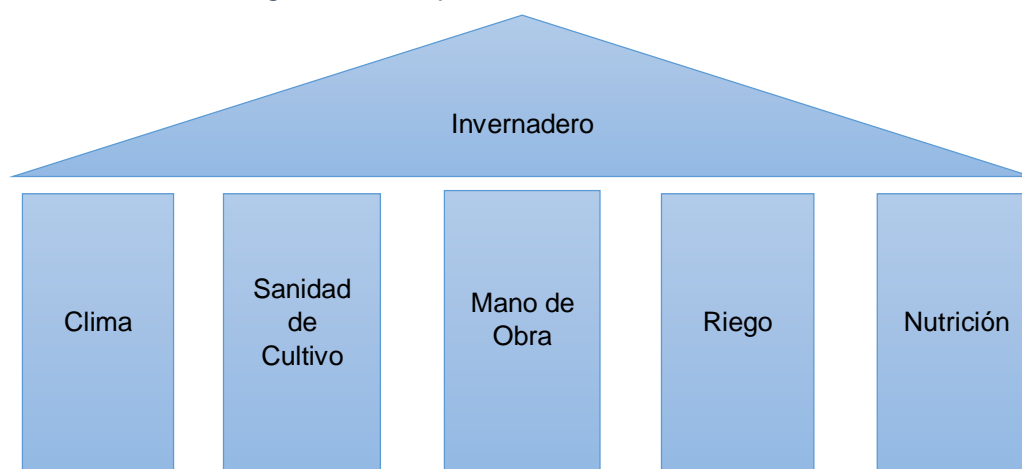
En los últimos años el sector agrícola ha experimentado un cambio de productividad y rentabilidad con productos que se cultivan al aire libre. Por esa razón los agricultores han optado por utilizar estructuras cubiertas de materiales de madera, metal y semitransparentes para la protección de cultivo y así obtener mejores productos. Según Espinosa & Orellana (2021) afirma que, tener cultivos protegidos

permite tener condiciones artificiales de clima en donde las plantas pueden desarrollarse de mejor manera, principalmente en zonas en donde hace demasiado frío. Las hortalizas que son parte de este estudio bajo invernadero son: el tomate riñón, pimiento y pepino, también se producen más cultivos como: babaco, cebolla, plantas medicinales, entre otros. En la actualidad los agricultores que se dedican a la siembra y cosecha dentro de invernadero están sujetos a repentinos cambios ambientales que son perjudiciales para la producción.

Nutricontrol (2020) destaca que, dentro del invernadero hay que tener en cuenta que la productividad depende de las condiciones climáticas y cuidados que se den a las plantas, puesto que si no se toman en cuenta los factores antes mencionados se contraen plagas, enfermedades, sequías y pudrición del cultivo.

El autor Potrillo (2018) menciona los 5 pilares fundamentales para alcanzar estándares deseados para un invernadero productivo, así se muestra:

Figura 2. Bases para la Producción en Invernadero



Fuente: elaborado a partir de Potrillo (2018)

Para comprender de mejor manera la orientación de este proyecto se hace énfasis en dos pilares, los cuales, son el clima y la sanidad del cultivo. Dentro de estos dos factores se encuentran:

Temperatura

Las plantas al igual que cualquier otro ser vivo necesitan de una temperatura adecuada para sobrevivir, es así como se explica, el invernadero alcanza diversos estados de temperatura y por consecuencia la plantas contraen enfermedades, plagas o inclusive llegar a morir. En la siguiente imagen se muestran los estándares internacionales de las exigencias de temperatura óptimas y letales en un cultivo de invernadero con plantas de tomate, pimiento, berenjena, pepino, calabaza y sandía.

Figura 3. Exigencias de Temperatura para Distintas Especies

						
T° MÍNIMA LETAL	0-2	(-1)	-	(-1)	0-1	0
T° MÍNIMA BIOLÓGICA	11	11	11	11	13-15	12
T° ÓPTIMA	13-16	13-18	17-22	18-18	18-21	17-20
T° MÁXIMA BIOLÓGICA	21-27	23-27	22-27	20-25	25-30	23-28
T° MÁXIMA LETAL	33-38	33-35	43-53	31-35	33-37	33-37

Fuente: tomado de Nutricontrol (2020)

En la figura 3, se refieren las temperaturas óptimas para los cultivos como: el tomate riñón, pimiento y pepino, que oscila entre los 13°C a 27°C para que la planta disfrute de buena salud, todos los invernaderos tienen un sistema de ventilación por medio de ventanas que se abren y se cierran y así controlar la temperatura de su interior, los inconvenientes suceden cuando el agricultor descuida y/o la naturaleza del sector en donde está plantado el cultivo es cambiante; por ejemplo, para el tomate “temperaturas mayor a 30 – 35°C afectan la fructificación por falta de óvulos, temperaturas superiores a 27°C e inferiores a 12°C la fecundación es nula, valores superiores a 30°C y cercanos a 10°C presentan malformación de frutos”(Potrillo, 2018, p.10).

Humedad Relativa (HR)

El siguiente factor importante para la agricultura en invernaderos es la humedad relativa que se trata de la cantidad de agua que está contenida en el aire. “Las plantas necesitan un grado de humedad relativa intermedio de 50-75% para las condiciones bajo invernadero” (Flores, Gonzáles, & Escalona, 2020, p.3). En la siguiente imagen se muestra la humedad relativa mínima, máxima y óptima que varios cultivos alcanzan durante su ciclo de vida.

Figura 4: Humedad relativa

HUMEDAD RELATIVA PARA DISTINTAS ESPECIES (%)						
						
HR MINIMA	40	50	45	60	60	60
HR ÓPTIMA	50	60	55	75	65	65
HR MÁXIMA	60	70	70	90	75	75

Fuente: tomado de Nutricontrol (2020)

Con el detalle de la figura anterior el nivel óptimo de HR es dependiente de la temperatura. Larrazábal (2020), tras su experiencia e investigación afirma que estos dos factores dentro de invernadero establecen:

- Cantidad de vapor de agua en la atmósfera
- Déficit de presión de vapor (DPV)
- Estado de estrés de la planta
- Capacidad de transpirar y crecer

También da un detalle rápido de las consecuencias que trae si no se controla los niveles de HR, niveles superiores a 75 % trae enfermedades como hongos y bacterias, malformación de frutos y aborto de flores, por otro lado, los niveles menores a 50% producen un estrés hídrico y afecta la fotosíntesis de la planta.

Suelo

Como base principal hay que tener en cuenta la calidad de suelo junto con las prácticas de trabajo y las condiciones climáticas. Los autores Fernández et al. (2018), mencionan que los suelos en invernadero de acuerdo con la zona, están compuestos por partículas de diferente tamaño como se detalla en la siguiente imagen:

Figura 5. Partículas del Suelo



Fuente: tomado de Fernández et al. (2018)

La textura de sus partículas influye en diversas condiciones como: la facilidad de circulación de agua, la retención del agua y la capacidad de administrar nutrientes. El suelo ideal para un cultivo bajo invernadero según Fernández et al. (2018), son los suelos francos, estos suelos están compuestos con características intermedias entre arena y arcilla, además, tendrían un pH que oscile entre los 6.5 y 7.5. Los rangos adecuados para humedad de suelo se detalla continuación:

Cuadro 3: Rangos adecuados para humedad de suelo

Valor (en cb) (%)	Interpretación
0-10	Suelo saturado de agua, condición que no se alarga demasiado tiempo.
10-25	Humedad y aireación adecuadas para la mayoría de los cultivos y en todo tipo de suelos.
25-40	No se espera falta de humedad en la mayoría de los cultivos. Es el momento de iniciar el riego en suelos arenosos
40-60	Conviene iniciar el riego en suelos de textura media o con raíces inferiores a 50 cm de profundidad.
60-70	Sin peligro para sistemas radicales de más de 75 cm en suelo franco.
+70	Comienza el riesgo de estrés hídrico en suelos francos y arenosos y momento de iniciar el riego en suelos arcillosos

Fuente: tomado de Fernández et al. (2018)

Agua

La mayoría de los cultivos en invernadero tienen un sistema de riego por goteo, este sistema es beneficioso, permite llegar la cantidad de agua necesaria a la planta y así no se tiende a desperdiciar. En la siguiente tabla se detalla el requerimiento de agua por planta en invernadero:

Cuadro 4: Requerimientos de agua por planta

Cultivo	Requerimiento de agua por planta/día	Etapas del cultivo en días	Total, de agua para la etapa
Tomate	1.50 litros/planta	Trasplante 1 a 30	45.00 litros
	3.50 litros/planta	Desarrollo 31 a 70	140.00 litros
	3.50 litros/planta	Floración y llenado de fruto 71 a 110	140.00 litros
	2.00 litros/planta	Cosecha 111 a 135	50.00 litros
			Total 375.00 litros
Pimiento	1.50 litros /planta	Trasplante 1 a 30	45.00 litros
	3.50 litros/planta	Desarrollo 31 a 70	140.00 litros
	3.00 litros/planta	Floración y llenado de fruto 71 a 110	140.00 litros
	2.00 litros/planta	Cosecha 111 a 135	50.00 litros
			Total 375.00 litros
Pepino	1.50 litros /planta	Trasplante 1 a 20	30.00 litros
	3.50 litros/planta	Desarrollo 21 a 50	105.00 litros
	5.00 litros/plantas	Floración y llenado de fruto 51 a 90	200.00 litros
	3.00 litros/plantas	Cosecha 91 a 110	60.00 litros
			Total 395 litros

Fuente: Tomado de Rojas (2021)

La tabla expuesta anteriormente muestra el detalle de la cantidad de agua que necesitan las plantas de tomate, pimiento y pepino en cada una de sus etapas de

crecimiento, se observa que la cantidad de agua es variable desde el trasplante hasta la cosecha de la hortaliza.

Con el detalle expuesto de los factores importantes dentro de la agricultura en invernadero, se determina que dentro del trabajo, el nivel de conocimiento que se necesita es alto para ejecutar y aplicar diversas técnicas de trabajo para controlar la temperatura, humedad relativa, calidad del suelo y cantidad de agua durante la siembra y cosecha del cultivo, algo que hay que resaltar son los factores de clima y construcción que tiene el invernadero, estos proporcionan fallas de productividad y se necesitaría una posible investigación y experimentación que complemente al presente proyecto.

Tras la investigación de la importancia de la agricultura dentro de invernadero, en Argentina los autores Lenscak & Iglesias (2019), realizan un estudio de invernaderos, establecen objetivos que persigue la agricultura bajo invernadero que son:

- Obtener producción fuera de época, esto quiere decir que debido a las condiciones artificiales climáticas que llega a tener el invernadero llega a tener productos que al aire libre no lo puede.
- Incremento de producción, esto se da debido al alto índice de conservación y protección que tienen las estructuras de un invernadero de esa forma se llegan a tener una producción más duradera.
- Calidad de comercio y producción, es la consecuencia de tener un trabajo de calidad y control dentro del invernadero,

Otro estudio realizado en España por Diego (2020), en su artículo de la importancia del invernadero para la agricultura y ecología, sustenta que en los últimos años se ha producido momentos críticos para la agricultura en invernadero por el calentamiento global, sin embargo agricultores de las provincias Almería, Granada y Málaga, implantaron sistemas de cosecha con la que se consigne una fresca y vida útil del cultivo y así lograr mantener la biodiversidad, calidad del agua y suelo por medio de fertilizantes naturales y orgánicos.

En el ámbito ecuatoriano el Ministerio de Agricultura Ganadería y Pesca, MAGAP (2019), implementa un programa de innovación en el sector agrícola, el cual se trata de producir cultivos bajo invernadero y fortalecer la agricultura en la provincia de Cañar, los factores principales de humedad, temperatura, suelo y agua, el objetivo es mejorar la calidad de productividad de frutilla, tomate y hortaliza en general. Por otro lado Yara (2018) hace énfasis en la producción de tomates de invernadero detalla la importancia de la agricultura dentro del mismo, afirma que acceden al cultivo de tomate sin limitación de temporada y llegar a un ciclo de vida de 11 meses entre la siembra y cosecha, la productividad dentro de invernadero requiere altos volúmenes de agua, control de temperatura y calidad del suelo.

Con lo descrito en los párrafos anteriores, se dice que la importancia del proceso y calidad de la agricultura en invernaderos, tienen varios factores que son estudiados para el trabajo productivo, los estudios de forma internacional como nacional deducen que la temperatura, humedad, suelo y agua son los factores que se toma en cuenta para lograr un excelente rendimiento de las plantas, de esa forma lograr calidad y aumento de producción. Además, en la finca que es objeto de estudio, mediante experimentación se explica de forma sencilla el proceso y los objetivos del trabajo en invernadero, mencionado:

- El proceso para el cultivo de invernadero depende de mucho cuidado, pues las plantas tienden a ser frágiles y propensas a diversas enfermedades.
- El suelo es el estudio principal antes de la plantación de algún cultivo de esa forma detallan que tipo de planta conviene más al sector.
- El agua al igual que el suelo es controlada con medición de salinidad y nutrientes que poseen, de esa forma evitar daños al suelo y a la raíz de la planta.
- La temperatura y humedad relativa se convierten en un problema por los cambios bruscos de clima y falta de elementos de medición.
- La falta de tecnología y conocimiento es un factor que en ocasiones tiene grandes pérdidas de productividad.

Tras cumplir con el detalle por medio de investigación y experimentación del sector agrícola bajo protección, en algunos sembríos es más fácil y otros es complejo detallar la importancia, pero seguir con un trabajo de investigación es el futuro que permite la implementación de la tecnología para mejorar la agricultura en invernadero.

1.3. Monitoreo IoT de procesos para la productividad de invernaderos

Para iniciar con el siguiente epígrafe, se tiene en cuenta el concepto de monitoreo. El monitoreo es un proceso que consiste en evaluar el cumplimiento de actividades que son o fueron programadas para determinar el alcance que se propone en el proyecto (Pereira, Cabezas, Verdesoto, & Erazo, 2018). Adicional a ello, se determina que el monitoreo es útil para evaluar, prevenir y solucionar los errores, de esa forma reforzar las debilidades, también si esta acción tiene efectos positivos permite aprovechar al máximo lo estructurado, donde se determina cada cuanto tiempo se realiza el monitoreo, la forma de captura de datos y el análisis de lo antes ejecutado.

La tecnología IoT, se une a la acción de monitorear un invernadero con el objetivo de capturar datos mediante objetos como sensores que se conectan a un procesador programado y mediante un módulo conectado a internet llegan a mostrar los datos en un panel virtual o *dashboard*, así se observa de forma inalámbrica y dinámica los datos que se obtienen tras la captura de lo ya mencionado. Los autores Lenscak & Iglesias (2019), “La producción protegida de hortalizas es relativamente reciente en América Latina por lo que su desarrollo tecnológico es aún insuficiente para lograr una mayor eficiencia productiva de calidad” (p.10). La evolución tecnológica en los invernaderos es importante para combatir los cambios ambientales, por esa razón existe un monitoreo de producción para mejorar su calidad, es así que se plantea que los agricultores manejan los factores ambientales y de cultivo en base a su experiencia de prueba y error, de forma que los rendimientos del cultivo en invernadero resultan poco favorables, pues son pocas las veces en las que cultivo es óptimo y de gran beneficio, al no existir una base tecnológica implementada que logre el máximo desarrollo, no se

aprovecha la potencialidad productiva que podría darse bajo las condiciones de un monitoreo tecnológico.

En la actualidad los avances de las TIC en la última década logran que los conceptos de IoT se integren en diversos campos como medicina, seguridad, monitoreo y otros, para brindarles soluciones. Gómez et al. (2017) deducen que por su adaptabilidad y viabilidad de usar estos avances el monitoreo de cultivos es posible a través de componentes físicos con sistemas basados en IoT e integrar objetos como procesadores y sensores de diferentes tipos, que recolectan datos y los analizan. El uso de estas soluciones basadas en IoT en el sector agrícola permite el desarrollo de diferentes técnicas de análisis que ayudan a mejorar la producción de los cultivos, El ejemplo del autor Gómez et al. (2017), los trabajos relacionados en algunas partes urbanas se trata de monitorear las variables medioambientales dentro de la ciudad, en donde basándose en la estación se recolecta información y luego es puesta a disposición del público y autoridades. En otras partes del mundo también se desarrollan proyectos que aprovechan el ejemplo del autor antes mencionado con un solo propósito, el mejorar la calidad de las condiciones climáticas, esto es muy similar al monitoreo en invernadero, persigue el mismo objetivo el de mejorar los estándares de ambiente y como resultado aumentar la rentabilidad de la producción.

Un sistema IoT para monitorear y mejorar la calidad de las plantas en invernadero según Hernández, Ramírez, Cruz, & Alarcón (2019), tiene que tener una arquitectura que cumpla con parámetros de características escalables, flexibles, eficientes, seguras y robustas, entre los modelos de capas de arquitectura a continuación presentamos un modelo de 4 capas que se encargan de gestionar el proceso de monitoreo, como se muestra en la imagen:

Figura 6. Infraestructura IoT



Fuente: tomado de Benítez (2017)

Capa de dispositivo

Es la capa inferior de la arquitectura, aquí se generaliza, se detallan algunos dispositivos, pero al tratarse de IoT estos tienen algún tipo de comunicación a internet. El autor Golondrino, Alarcón, & Ríos (2020) resaltan que cada dispositivo tiene una identidad como, por ejemplo:

- Un identificador único (*Unique identifier*, UUID)
- Identificador *Bluetooth* y Dirección MAC del WiFi
- Un *token refresh/bearer OAuth2*
- Identificador guardado en memoria no volátil como una EEPROM

Capa de Red

Esta capa tiene la capacidad de la conectividad en los dispositivos, aquí se emplean protocolos para la comunicación entre los objetos que se implementan. Para el autor Vega (2020) los dos protocolos más usados en la arquitectura IoT son:

Message Queue Telemetry Transport (MQTT)

Este protocolo, se basa en mensajería publicación/suscripción de forma libre, simple y ligera, este es ideal para etapas donde la red o recursos de memoria son limitados. Este protocolo, se encuentra sobre *Transmission Control Protocol/Internet Protocol (TCP-IP)* y posee 3 cualidades de control de servicio, donde el mensaje se ejecuta como mucho una vez, al menos una vez o exactamente una vez, esto garantiza que el mensaje sea efectivo a su llegada. MQTT, se basa en la arquitectura tipo estrella, donde los clientes se conectan a un servidor, llamado bróker, este gestiona la entrega de los mensajes, *Mosquitto* es un bróker muy utilizado con propiedades de código abierto que trabaja con biblioteca C y de esa forma implementar clientes MQTT.

- *Constrained application protocol (CoAP)*

Este protocolo fue creado para trabajar con dispositivos electrónicos que se comunican con internet, está pensado para la conexión de sensores de baja potencia y aplicaciones de intercambio *Machine to Machine (M2M)*. CoAp utiliza mensajes de dos tipos que son petición y respuesta de forma simple y binaria, algo más que resaltar, es que este protocolo es adecuado para aparatos que trabajen con batería o extracción de energía y así determinarlo como ligero y con conexión permanente.

En la siguiente tabla se hace una comparación de los protocolos dentro de esta capa, por la cual, se deduce que protocolo es conveniente usar para el sistema de monitoreo.

Cuadro 5: Protocolos para IoT

	MQTT	MQTT-NS	CoAP
Protocolo de red	TCP/IP	No especificado	UDP
Tipo de carga útil	Binario	Binario	Binario
Adecuado para microcontroladores	Si	Si	Si
Seguridad	SSL/TLS	No especificado	DTLS
Escalabilidad	Simple	Simple	Complejo
Arquitectura de red	basado en el bróker (publicar/suscribir)	Cliente/servidor basado en bróker, cliente/cliente	Cliente/servidor
Patrón de comunicación	Basado en Topic's	Basado en Topic's	Arquitectura
Opciones de qos	Si	Si	Si
Disponibilidad de código abierto	Sí	Aplicación específica	Sí

Fuente: elaborado a partir de Vega (2020)

Capa de Servicio

Esta capa actúa en la agregación y ejecución como bróker de las comunicaciones. Para Golondrino, Alarcón, & Ríos (2020) los principales puntos de su importancia son:

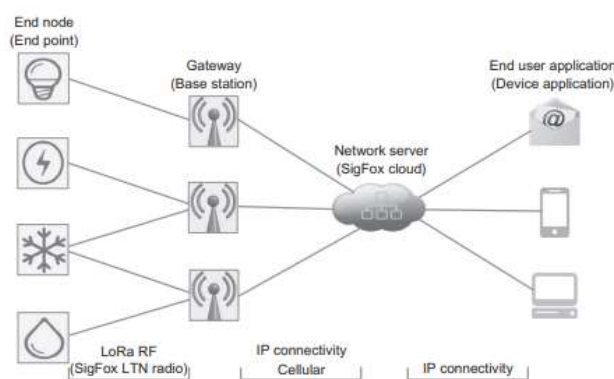
- Soporta como bróker MQTT para comunicarse entre dispositivos.
- Combina y agrega conexiones de distintos dispositivos.
- Transforma los protocolos.

Capa de Aplicación

Esta capa procesa la información que es capturada y la pone en uso. Con el detalle de la arquitectura de IoT para realizar el monitoreo descrito anteriormente, la conectividad que emplean para un monitoreo de cultivo es otro concepto que se estudia, para el monitoreo de un invernadero se presenta un detalle, este, es que el invernadero o la mayoría de ellos siempre están ubicados en zonas rurales donde

se dificulta la conexión a internet, es por eso, se destaca las redes de área amplia y de bajo consumo (LPWAN). Bautista & Rosero (2021), refieren que estas tecnologías permiten la comunicación de largo alcance con consumo bajo de energía donde las baterías de sus dispositivos finales son de duración larga, actualmente las tecnologías de comunicación LPWAP para IoT que se emplean son: SigFox, LoraWan, Weighthless, NB-IoT y RPMA, estas tecnologías tienen un alcance de 1 a 5 km en áreas urbanas, en cambio para áreas rurales tienen un alcance de 10 a 50 Km.

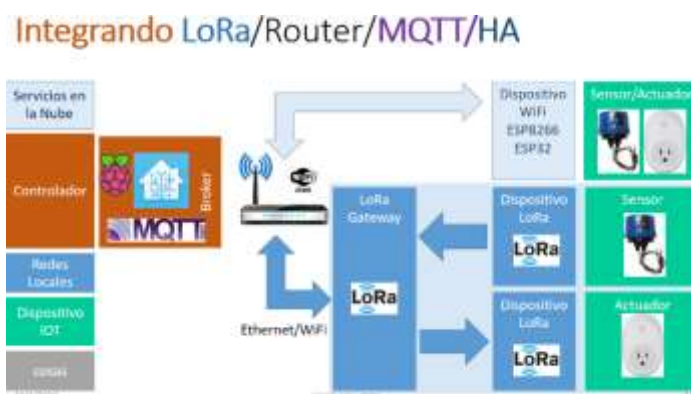
Figura 7. Estructura de Red LPWAN



Fuente: Tomado de Kashoash & Kemp (2017)

En la imagen anterior, se muestra como es la estructura que utiliza la conectividad LPWAN utiliza recursos de LoRaWan y SigFox que según Kashoash & Kemp (2017), estas tienen 4 elementos: un punto final, una estación base, un servidor de red y una la aplicación del usuario final, estas tecnologías se basan en una comunicación inalámbrica de un solo salto, de esa forma transfieren la información al servidor de red. A continuación, Con la presentación de la siguiente imagen se explica de mejor manera como funciona esta conectividad:

Figura 8. Esquema LoRa



Fuente: Tomado de Rosario (2021)

La tecnología de LoRa, como se aprecia en la figura 8, este esquema contiene un Gateway, es aquel que se conecta a internet de forma inalámbrica y también por medio de una onda de radio envía y recibe datos al siguiente componente nombrado como dispositivo, este, está conectado a los sensores

Tras la investigación y búsqueda de trabajos que hagan referencia al monitoreo IoT en invernaderos, se encontró varios autores donde cada solución y propuesta trata de mejorar la calidad de un producto dentro del sector agrícola, enfocándose en el estado del suelo, la humedad, temperatura, entre otros, brinda así una crítica o solución a los resultados positivos o negativos obtenidos del monitoreo, en un análisis fuera de nuestro país, la empresa Libelium (2022), ha estado en constante evolución fijándose no sólo en aparatos que monitoreen el sector agrícola, si no que tiene una amplia variedad de productos IoT que analizan el medio ambiente, la calidad de agua, las ciudades y el parqueo de vehículos, estos dispositivos tienen su propio *dashboard* denominado "Libelium Cloud" en donde almacenan datos, visualizar y analizar datos los recibidos, estos datos se envían al *Cloud* a través de protocolos 4G, WiFi, SigFox y LoRaWAN. Otra investigación interesante es la de los autores Briceño & Cubides (2020) en la ciudad Bucaramanga – Colombia realizan una solución IoT con el fin de monitorear las condiciones adecuadas de un cultivo hidropónico de flores en invernadero, se elabora una aplicación web propia para visualizar los datos que muestran las variantes de la temperatura, pH y humedad, con estos resultados ven las condiciones en las que se encuentran las flores, de esa forma mejorar la calidad y el control en la industria de la floricultura.

En Ecuador las investigaciones y realización de prototipos IoT orientados a un invernadero en su gran mayoría se lo ha hecho de manera representativa, es decir, un modelo a escala o se ha realizado un estudio teórico, en Riobamba, Paredes & Valverde (2017), en su trabajo de titulación, cuyo tema es la implementación de un sistema de monitoreo y control aplica IoT, para automatización de un invernadero, realizan un prototipo de invernadero con medidas reducidas y recipientes que simulan el cultivo, implementan una placa Arduino con sensores y actuadores para la recolección de datos, por otro lado para su conectividad utilizan un módulo Wi-Fi para su conexión a internet de forma inalámbrica y los datos se muestran en un sistema móvil. En la Universidad Técnica de Cotopaxi también Chango & Llanez (2021), elaboraron un sistema de monitoreo de temperatura, humedad y control de agua para siembras en invernadero, este proyecto mejoró el cultivo de rosas del invernadero #2 del “centro experimental Salache”, debido al análisis de datos que se obtiene de los sensores y actuadores implementados.

Con lo precedentemente expuesto, el monitoreo en invernaderos busca realizar un trabajo basado en IoT, para mejorar el factor ambiental y calidad de los cultivos dentro de estructuras que permitan aumentar el desarrollo e incremento de producción, la arquitectura junto con el protocolo adecuado llega a optimizar recursos de energía y conexión que hacen que el prototipado de monitoreo sea viable especialmente en áreas apartadas de la ciudad, en trabajos futuros se integran recursos con plataformas que interactúen de forma automática. Como ejemplo la acción de cerrar y abrir ventanas del invernadero es de forma automática de acuerdo con la necesidad o rangos de temperatura en los que esté el cultivo.

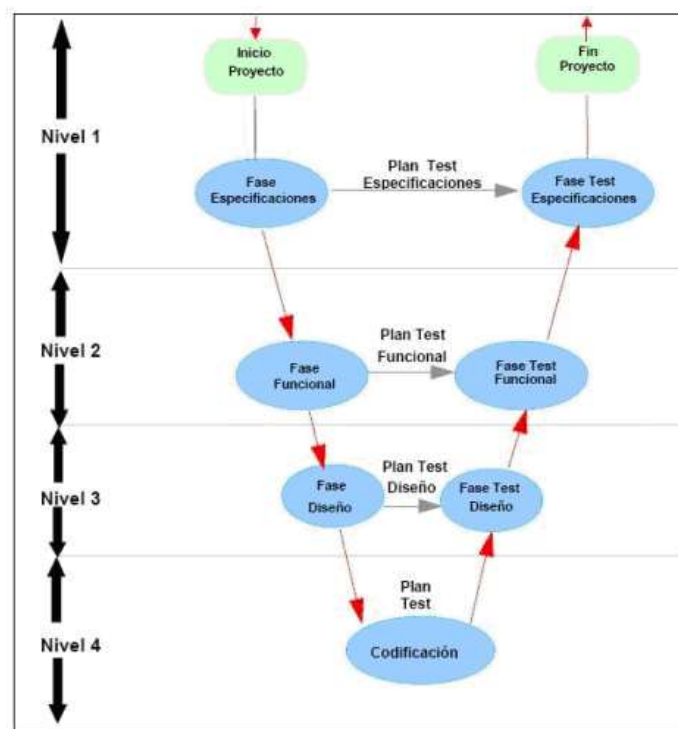
1.4. Metodologías de prototipos IoT para resolución de problemas

Otra parte importante que destacar en este capítulo es la metodología que se usa para prototipos IoT, tras la investigación y búsqueda realizada se encontró autores que trabajaron con metodologías que brindan una la solución a un problema planteado. Gámez & Sánchez (2018), en el desarrollo de su trabajo de crear un prototipo con IoT para la medición y control de magnitudes físicas se aplicó la gestión de proyectos AGILE, esta es una metodología que es usada ampliamente

en proyectos de nivel empresarial, su mayor virtud es la capacidad de modificar el producto a lo largo del proyecto, además, se divide en tres fases: inicio, desarrollo y cierre, en cada una de estas fases incorporan una versión utilizable que permite ajustar los objetivos del proyecto, de esa forma mejorar un producto final que alcance las expectativas del usuario. Los resultados de Gámez & Sánchez (2018) con la metodología antes detallada fue con la demostración de un modelo basado en IoT que integren hardware y software de bajo costo y con una comunicación accesible para generar procesos exitosos.

Peña, Chan, Espinoza, López, & Pacho (2018), en su trabajo IoT y sistemas embebidos para monitorear área de cultivo, también presentan sus metodologías empleadas, para la parte de investigación se realiza en un ciclo pre experimental que lo representaron con la simbología de GXO donde, G: representa las áreas de cultivo para pruebas, X: es la consulta de las variables establecidas y O: constituye a la medición de las variables de X, en su segunda metodología empleada lo plantean de forma experimental con el modelo en V, esta metodología surge para proyectos de software con una infraestructura robusta presentado en 4 niveles como se muestra en la figura 9. El nivel 1 orientado al cliente; marcan el inicio y fin del proyecto, el nivel 2; es donde se realizan las pruebas funcionales del prototipo, el nivel 3; emplea la parte de hardware y software del sistema y el nivel 4; es la fase de implementación. Con el detalle antes mencionado Peña et al. (2018), obtienen un resultado efectivo donde es posible ver la solución con un presupuesto corto, infraestructura, protocolos y una interfaz de visualización fácil de entender.

Figura 9. Metodología en V



Fuente: Tomado de Peña et al. (2018)

En el trabajo del autor Ordoñez (2020), para su trabajo que consistía en realizar un prototipo para el monitoreo de productos agrícolas de cultivos urbanos, hace énfasis en que esta metodología está basada en el análisis crítico con la participación activa de las personas o cosas implicadas en el proyecto donde combina el proceso de conocer y el de actuar con el fin de obtener resultado viables, tras aplicar las cuatro fases metodológicas se obtiene:

1. Observación participante: Aquí, recolecta los datos teóricos e interactúa con la comunidad,
2. Investigación participativa: Realiza visitas técnicas y cumplimiento de los objetivos.
3. Acción participativa: Socializa con la comunidad y define los requerimientos,
4. Evaluación: Hace referencia a la entrega del diseño final.

Tras cumplir con estos 4 niveles Ordoñez (2020) afirma, los resultados con los datos de las condiciones de cultivo en zonas urbanas, demuestran que el prototipo es seguro y concurrente, logra dar información durante un mes cada 25 minutos. En trabajos realizados en el ámbito nacional, los autores Cedeño & Poaquizá (2021), mencionados anteriormente, en su diseño de prototipo IoT para monitorear cultivos ante la caída de ceniza volcánica, destacan la metodología de CISCO llamada PPDIOO que constituye de 6 fases detalladas de la siguiente manera:

- Preparación: Donde se pretende realizar el diseño de una carpa, que tiene un actuador que controla el techo y las paredes de manera remota.
- Planificación: Destaca las medidas de la carpa con un análisis de espacio.
- Diseño: Realizan dibujos de lo que se tienen en mente a elaborar.
- Implementación: Se pone en marcha la elaboración del proyecto con los materiales necesarios.
- Operación: Se da el funcionamiento del prototipo con sus respectivos componentes.
- Optimización: Funcionamiento del prototipo al 100%.

Por otro lado Pazmiño (2019), en su prototipo IoT con semáforos con una infraestructura de computación en la niebla, emplea el método inductivo experimental, este se basa en el análisis de la investigación que por consecuencia da a conocer las herramientas para la elaboración e implantación del prototipo, de esa forma mejora los tiempos de respuesta enfocados en vehículos de emergencia. En el siguiente capítulo, se presenta un estudio comparativo de las metodologías descritas con el objetivo de seleccionar la que mejor se acople a la solución de la problemática descrita.

CAPÍTULO II. DISEÑO METODOLÓGICO

En este capítulo, se determina el diseño metodológico, se da a conocer las características de la organización que obtiene el beneficio del proyecto, también se detalla los métodos, técnicas, población y análisis de la investigación y se cierra el capítulo se procede a detallar la ejecución del trabajo guiándose por metodología de desarrollo.

2.1. Caracterización de la organización

Al norte de la ciudad de Ambato, la Parroquia Izamba se caracteriza por ser una zona de alta producción agrícola que beneficia a distintas ciudades, dentro de la Parroquia exactamente en la zona de Quillan se encuentra la finca “La Ladera” con una extensión dividida de 80,000 m², de esta extensión, aproximadamente 50,000 m² son dedicados a la construcción de invernaderos en los cuales se trabaja en la siembra y cosecha de tomate riñón, pepino y pimiento.

Consta de 10 propietarios que se dedican a la producción agrícola desde 1980, al pasar el tiempo evolucionaron e introdujeron nuevos cultivos y técnicas de trabajo es así como, en año 1995 se construye el primer ejemplar de invernadero de forma artesanal, se usa materiales de madera y plástico de textura, con un tamaño de 500 m², entre los años siguientes hasta 2013 se construyeron invernaderos con mucha más dimensión dedicados únicamente al tomate riñón. Para los años siguientes se implementan los cultivos de pimiento y pepino, de igual forma la construcción de invernaderos evolucionó al grado que en la actualidad lo hacen en materiales de hormigón y metal con un diseño y estudio previo.

La finca actualmente se enfoca en producir hortalizas de buena calidad para el comercio y consumo en zonas urbanas y rurales dentro de la provincia de Tungurahua, junto con la colaboración del personal que trabaja en la organización, sigue en constante actualización con sus técnicas de trabajo.

La finca busca aprovechar sus áreas para que a futuro ya sea con nuevos cultivos, técnicas, construcciones y/o tecnología prevalezcan en el tiempo de manera que cuenten con un equipo capaz de evolucionar la organización hacia el éxito y sea transmitida durante generaciones.

2.2. Metodología de investigación

Cohen & Gómez (2019), afirman que es una herramienta que sirve para el campo de la investigación, que mediante su estructura y contenidos cubren los puntos específicos que dirigen un proyecto de manera didáctica.

A continuación, se muestra las características del presente trabajo de investigación, que permite dar respuesta al problema que se enfrenta el sector agrícola en invernaderos de la finca.

Enfoque de la investigación

La investigación es de carácter mixto, es decir, cuantitativo por el estudio del prototipo permite hacer pruebas para medir la humedad y temperatura mediante una cobertura IoT inalámbrica, cualitativo por la información que se recopila mediante el análisis de entrevistas a ingenieros agrónomos y agricultores que trabajan junto a la finca corroboran que el proceso IoT brinda la mejora a la organización.

Tipo de investigación

El tipo de investigación que se emplea es de campo, Guzmán (2019), afirma que este tipo de investigación se aplica directamente con las personas y el lugar donde ocurre la problemática a estudiar con el propósito de recoger datos actuales mediante la ejecución de instrumentos como entrevistas, encuestas, estudios de caso, etc. Este estudio no trabaja de forma individual, sino que se complementa con un estudio documental.

Para realizar una investigación de campo Guzmán (2019) recomienda estos pasos a seguir:

Planeación de equipo. – Se crea el equipo de trabajo que lleva a cabo la investigación, los cuales, estarían centrados en el proyecto para tomar decisiones en base a los resultados.

Definir a su público. – Para generar esta parte se necesita dirigirse a las personas o grupos que beneficia el proyecto.

Crear preguntas de enfoque. – Se establece las preguntas precisas para hacerlas de acuerdo con un enfoque que ayude a centrar el objetivo del proyecto.

Levantamiento de campo. – Es el lugar donde se va a producir la investigación, es importante que el investigador cuente con el material necesario para completar el estudio

.

Análisis de datos. – Se explican los objetivos de estudio y para que se utiliza los datos recopilados para posterior profundizar en los resultados.

Informe de resultados. – Se presenta el informe de análisis y evidencias de la recolección de datos útiles y necesarios para determinar la investigación.

Técnicas e instrumentos de recolección de información

Para los autores Díaz, Torruco, Martínez, & Varela (2013), la entrevista es una gran técnica que sirve en el proceso de la investigación que se define como una conversación que se lo realiza con el fin de obtener información y analizarla, es muy ventajosa principalmente en estudios de detalle e investigaciones de campo, sus principales características son:

Su propósito es obtener datos importantes de un tema específico.

Los datos obtenidos del tema son claros y precisos.

Conseguir significados adecuados para el tema en cuestión.

El investigador tiene una actitud positiva durante la entrevista.

Análisis de los resultados obtenidos para tener una comprensión profunda.

Según la estructuración de la investigación Folgueiras (2016), presenta tres topologías de entrevista:

- Estructurada: para este tipo de entrevista se toma en cuenta el tipo de información que se quiere obtener para realizar un guión de forma fija y secuencial.
- Semiestructurada: se decide qué tipo de información se obtiene y se realiza un guión de preguntas de forma abierta que permite tener datos más relevantes para la investigación.
- No estructurada: se realiza sin un guion previo, sigue un modelo de conversación donde depende de las respuestas que el entrevistado brinde.

El tipo de entrevista que se escogió para el presente proyecto es semiestructurado puesto que se realiza preguntas abiertas donde se obtiene respuestas claras y enriquecedoras, de esa forma dar avance a la investigación, permite conocer el proceso actual del manejo de la temperatura y humedad con la que los propietarios de la finca trabajan, además, se les propone preguntas donde como consideran que el monitoreo inteligente puede beneficiarse. Además, se realiza entrevistas abiertas a los ingenieros agrónomos, los cuales, trabajan para los propietarios de la finca; con el fin de obtener datos técnicos y precisos de las condiciones de invernadero, y lo que recomiendan una vez que se obtenga los datos del monitoreo con el prototipo IoT.

Población y Muestra

En este caso, la solución está orientada a la finca “La Ladera” que compone de 10 propietarios, los cuales, trabajan en el sector agrícola. En el siguiente cuadro se muestra el detalle de las 10 personas las cuales son la población con la que se aplican las técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Cuadro 6: Agricultores entrevistados

Número de entrevista	Nombre	Cargo	Años de experiencia
1	Hernán Llugsá	Agricultor, comerciante y Manejo de maquinaria agrícola	34
2	Vinicio Llundo	Agricultor y comerciante	27
3	Alfredo Ronquillo	Agricultor y comerciante	36
4	Rene Llugsá	Agricultor y comerciante	22
5	Marcelo Carrión	Agricultor, comerciante y Manejo de maquinaria agrícola	26
6	Martha Llugsá	Agricultor y comerciante	24
7	Mario Llundo	Agricultor y comerciante	23
8	Braulio Quinatoa	Agricultor y comerciante	24
9	Danny Quinatoa	Militar y Agricultor	17
10	Edgar Nata	Agricultor y comerciante	22

Fuente: elaboración propia

Análisis de la información recopilada

A continuación, se muestra un análisis de los resultados obtenidos de las entrevistas realizadas con la guía del Anexo 1 las cuales fueron llenadas por los agricultores como se evidencia en el Anexo 2:

Preguntas:

1. ¿Qué condiciones (técnicas, climáticas y de suelo) se analizan para comenzar un cultivo en Invernadero?

Análisis: Se aprecia que todos los agricultores entrevistados coinciden que para comenzar el cultivo en invernadero hay que revisar el sistema de riego (los 10 agricultores usan sistema de riego por goteo) mediante observación revisan que las mangueras estén en perfectas condiciones, seguido a eso revisan las condiciones de la estructura del invernadero donde consideran su material, en estructuras hechas de madera tienen un grado de pudrición de materiales por exceso de lluvia, los cuales, cambian por otro lado en estructuras hechas de metal donde en sus uniones de armado usan pernos y tornillos estos tienden a perder su ajuste y es necesario rectificar esos detalles, también revisan las condiciones del plástico laminado que recubre la estructura, si está roto, se necesita reemplazar o hacer un parche adaptable. Luego hacen un análisis visual del suelo para ver la necesidad de

desinfectar, fertilizar y humedecer para luego plantar, esto lo hacen al inicio de la mañana o al caer la tarde puesto que en estos horarios consideran que la temperatura de invernadero es estándar y no corren riesgos de muerte del sembrío.

2. ¿Qué variedades de hortalizas siembra o ha sembrado en invernadero?

Análisis: Las hortalizas dentro del invernadero que se cultivan en la finca “La Ladera” son: Tomate, pepinillo y pimiento.

3. ¿Cómo controlar las condiciones de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de sus hortalizas mencionados anteriormente?

Análisis: De acuerdo con las entrevistas aplicadas, los agricultores lo hacen de forma empírica basándose en su experiencia, visualización, percepción, horarios y recomendaciones, consideran que para los tres tipos de hortaliza que son el tomate, pimiento y pepino las condiciones según su manera tradicional de trabajo no tiene tanta variedad. Para la temperatura los horarios en los que consideran adecuado abrir la ventilación es entre 10 y 11 de la mañana y para cerrar lo hacen entre 3 y 5 de la tarde, otros en cambio a manera de percepción abren y cierran los ductos de ventilación según consideren necesario. La humedad para los agricultores varía un poco, a manera de horarios lo hacen con intercalaciones de días, se toma en cuenta que el pepino es la hortaliza que necesita mayor humedad, también lo hacen de manera visual con una determinación de si es o no necesario humedecer el suelo.

4. ¿Sabe cuáles son los grados y porcentaje adecuados de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo que tiene un invernadero durante el proceso de cultivo de las hortalizas mencionadas en la pregunta 2?

Análisis: Se aprecia, en las respuestas dadas, los agricultores conocen de este tema a breves rasgos según lo que han visto, leído o les han hablado, conocen ciertas características y afirman que para los cultivos de tomate, pimiento y pepino los grados de temperatura y humedad son parecidos, de esa forma deducen que la temperatura adecuada para estos cultivos son entre 18 °C a 27 °C como máximo 30 °C para que las plantas gocen de buena salud, para la humedad se deduce que el porcentaje adecuado está entre 40% y 60%. Los agricultores conocen algo del tema, pero no lo han profundizado y tampoco han puesto en práctica recursos de medición que muestran estos resultados.

5. ¿Qué tipo de enfermedades produce una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficiente?

Análisis: Los agricultores coincidieron en las respuestas, de la misma forma las enfermedades en los 3 tipos de cultivos mencionados son las mismas o parecidas. Los agricultores, se refieren a la temperatura con el calor o frío, en altas temperaturas trae enfermedades como: oídio, roya, mal formación de frutos, maduración temprana y fruto partidos, en temperaturas bajas se provoca también la malformación de frutos, estrés en las plantas, lanchas y aborto de flor. Los problemas de humedad lo refieren como el exceso de agua o escasez de ésta, la humedad alta presenta enfermedades como botrytis, bacteria, phytophthora intestinal, pudrición y tizón tardío, en la humedad baja aparece los parasitoides de minadores de hojas y la plaga de mosca blanca.

6. ¿Qué opina sobre un prototipo que le permita monitorear la temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de su invernadero en tiempo real?

Análisis: La opinión sobre el prototipo, a los agricultores les pareció muy buena, puede ayudarles a recolectar de manera técnica y eficaz los datos de los invernaderos en los que trabajan, así saber qué es lo que precisamente

necesita el cultivo para tomar acciones inmediatas, además, permitiría mejorar sus técnicas de trabajo, reducir costos de insumos e insecticidas agrícolas de control de plagas y enfermedades, en consecuencia a lo descrito se obtendría frutos de mejor calidad que aumente su rentabilidad.

7. ¿Cree usted que una solución de internet de las cosas (sistema siempre conectado a internet para monitorear) le resultaría útil?

Análisis: Los agricultores consideraron que una solución basada en internet de las cosas (IoT), ayudaría mucho en su proceso de cultivo, pero necesitan una capacitación previa para estudiar, analizar costos y aplicar, de esa forma mejorar la calidad de vida de las plantas y prevenir las plagas y enfermedades.

En esta entrevista logró obtener información que valida la factibilidad del prototipo. Principalmente todos los entrevistados asumieron que necesitan implementar este tipo de proyectos en sus cultivos, porque los cambios de clima son bruscos e impredecibles, pero con un monitoreo inteligente toman acciones inmediatas que reduzcan las complicaciones de plagas y enfermedades. Con esta información recolectada se tomó decisiones en proyecto que ayuda a los 10 agricultores de la finca controlar de mejor manera sus cultivos.

En base a las respuestas de la entrevista anterior se logró obtener datos generales para la efectividad de la investigación, después de un análisis, se concluye que es necesario aplicar una segunda entrevista, que es dirigida a los ingenieros agrónomos que trabajan con los 10 propietarios de la finca, dieron especificaciones técnicas y necesidades específicas para el desarrollo del proyecto. Se tomaron los datos de la entrevista del Anexo 1 para elaborar la entrevista que está descrita en el Anexo 3 y se evidencia en el Anexo 4, a continuación, se presenta un resumen de lo escrito en las preguntas de la guía que realizaron los ingenieros agrónomos.

¿Qué consideraciones técnicas, climáticas y de suelo se toman en cuenta para implementar y administrar un invernadero?

Análisis: En la respuesta brindada por los profesionales coinciden en que, lo importante para implementar y administrar un invernadero es tipo de suelo, tipo de riego, ambiente de la zona, topografía del terreno, accesibilidad al sitio, comerciabilidad del producto que se va a sembrar y calidad del plástico, que mediante un estudio brinda las mejores decisiones que el agricultor toma.

1. ¿Qué condiciones (grados y porcentaje) de humedad de suelo, humedad ambiente y temperatura del tomate, pimiento y pepino son las adecuadas para el proceso del cultivo?

Análisis: En un resumen general de las respuestas que tiene que, para los 3 cultivos descritos en la pregunta, los valores son similares, Manobanda uno de los profesionales entrevistados, afirma que, para esta zona, con las mediciones previas a logrado determinar una humedad de suelo de 40% a 70 % como máximo, la humedad relativa en valores cercanos a 65 % y en temperatura oscila entre 12 y 27 °C. Los otros dos profesionales entrevistados coinciden en valores similares.

2. ¿Qué tipos de enfermedades se asocian a los problemas causados por temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo en cultivos de tomate, pimiento y pepino?

Análisis: Las enfermedades para los 3 cultivos tienen el mismo nombre, se afectan por las mismas condiciones, en caso de temperatura no óptimas nacen enfermedades foliares y descompensación nutricional de las plantas como Botrytis y con el mal manejo de la humedad crecen problemas de oídio, roya y phytophthora.

3. ¿De qué manera se realiza el monitoreo y control en los invernaderos en relación con los elementos citados en la pregunta 2?

Análisis: Los ingenieros entrevistados afirman que en esta zona no se ha empleado herramientas de monitoreo, pero depende de los cambios climatológicos, se realizan con termómetros y luxómetros que brinden los datos, que mediante un seguimiento manual obtienen conclusiones y dan los resultados.

4. ¿Conoce sobre la utilidad del internet de cosas (IoT) en el campo agrícola (explique)?

Análisis: Dos de los profesionales entrevistados han visto que tanto en el ámbito nacional como internacional aplican sistemas de riego de agua inteligente mediante un sensor que se comunica al internet y tiene la capacidad de encender una bomba de agua a luz. Además, conocen un proyecto en el campo de las rosas bajo invernadero, donde se ha realizado un sensor que se conecta a internet y determina el tamaño y edad de la flor. Por otro lado, uno de los tres profesionales no conoce a fondo del tema, en este sector de Quillan no se aplica o las personas tienen el temor de aplicarlas, pero afirma que gustaría estudiar el tema e implementarlo en la finca "La Ladera".

5. ¿Un prototipo basado en Internet de las cosas (IoT) ayudaría a monitorear temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo en cultivos de tomate, pimiento y pepino en la finca "La Ladera"?

Análisis: Los profesionales entrevistados consideran que, un sensor con características de medición es de gran ayuda para los agricultores de esa forma reducir costos de curación y aumentar la rentabilidad, pues a pesar que hay instrumentos de medición para obtener los datos de la temperatura y humedad estos se hacen de forma manual y no es un sistema en tiempo real, con un dispositivo conectado a internet visualizan datos reales y tomar

acciones a tiempo, lo anterior descrito; con capacitación a los agricultores resultaría ser de gran beneficio a largo plazo.

6. ¿Qué tipo de decisiones se verían beneficiadas con las mediciones constantes del prototipo que por medio de un *dashboard* se muestran los datos de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo en los invernaderos que producen tomate, pimiento y pepino?

Análisis: Los resultados obtenidos tras la entrevista se define la toma de acciones, con un ejemplo expuesto por Manobanda donde si se tiene una temperatura de 12 °C lo cual es letal, recomienda aumentar mallas de lona para cubrir alrededor de los sistemas de ventilación, también recomienda que se evite el regadío de las plantas hasta que la temperatura esté en condiciones óptimas. En otro ejemplo, si tenemos una temperatura de 25 °C lo cual es efectivo, pero si tenemos una humedad de 30% las plantas corren peligro, inmediatamente se da mayor ventilación y se humedece la tierra. Se dice que con los resultados dados en tiempo real determinan en qué momento se humedece la tierra para que las plantas tengan buena vida, además, con los datos obtenidos se aplican recomendaciones fitosanitarias que beneficien al cultivo.

7. ¿Cuántos de estos prototipos deberían implementarse en un invernadero para monitorearlo por completo?

Análisis: Los profesionales coinciden que con uno o dos de estos modelos se llegarían a un monitoreo de un invernadero de aproximadamente 1500 metros, Los estudios previos y constantes como revisar sistema de riego, drenajes, condición de estructura y calidad de plástico se asume que el invernadero tendría una humedad y temperatura uniforme, la temperatura varía en las zonas que están cerca de las cortinas de ventilación, pero con dos modelos que sean fáciles de moverlos de lugar se trabajaría sin ninguna dificultad. También hay que tener en cuenta la conectividad del prototipo, en la finca no hay accesibilidad a internet.

Después de la entrevista realizada a los ingenieros agrónomos que trabajan en la finca, se logra obtener información que valida la eficiencia del prototipo. Los ingenieros asumen que el presente proyecto beneficia de gran manera en los cultivos de tomate riñón, pimiento y pepinillo de los agricultores, con las mediciones obtenidas en tiempo real toman acciones que benefician a la planta y se evita enfermedades alternarias, mildiu, pythium y pudrición.

2.3. Metodología de Desarrollo

En la siguiente tabla, se muestra una comparación de ventajas y desventajas de los distintos métodos de desarrollo que se han empleado en varios proyectos con prototipos IoT detallados anteriormente en el capítulo 1.

Cuadro 7: Comparativa de Metodologías

Metodología	Fuente	Ventajas	Desventajas
AGILE (Ágil)	(Arévalo, Cedillo & Moscoso, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> -Permite que el proyecto se divida en etapas. -Adaptabilidad a medida de su progreso. -Identifica las tareas más relevantes. -Encuentra errores de forma rápida. -Flexibilidad. -Interacción de grupo de trabajo y cliente. 	<ul style="list-style-type: none"> -Difícil determinación del tiempo y dinero. -El equipo de trabajo tiene conocimientos y habilidades previas. -Peligro al establecer límites en el proyecto.
Modelo en V o modelo de cuatro niveles	(Salazar & González, 2018)	<ul style="list-style-type: none"> -Buena comunicación para asumir responsabilidades. -Menores riesgos por su planificación de roles. -Productos de calidad controlada con sus medidas integradas. -Costos reducidos. 	<ul style="list-style-type: none"> -Es demasiado simple para abarcar todo el proceso del proyecto. -Su estructura rígida lo hace poco flexible.
IAP (Investigación, Acción, Participación.)	(Montañés & Gutiérrez, 2017)	<ul style="list-style-type: none"> -Anticipación a las demandas actuales. -Intervención del público para generar propuestas que optimicen recursos. -Participación por medio de distintos procesos como debates. 	<ul style="list-style-type: none"> -Tiempos extensos de investigación. -Manipulación a investigadores. -Falta de compromiso por parte de la comunidad.
PPDIOO (Preparar, Planear, Diseñar, Implementar, Operar y Optimizar)	(Gallardo, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> -Flexible a los cambios -Errores de diseño de menor tamaño. -Incremento de productividad. -Rápida corrección de errores. -Optimización -Robustez -Movilidad 	<ul style="list-style-type: none"> -Consumo de tiempo excesivo.
Inductivo Experimental	(Vargas, 2019)	<ul style="list-style-type: none"> -Fácil para personas con poca experiencia. -Su interpretación es fácil de entender. -Efectivo al corregir errores. 	<ul style="list-style-type: none"> -Algunos objetivos no son identificados.

SXP (Scrum y programación extrema)	(López, 2020)	-Flexibilidad -Diseño incremental -Integración continua -Colectividad de código -Uso de radiadores de información	-Alto nivel de conocimiento técnico.
------------------------------------	---------------	---	--------------------------------------

Fuente: elaboración propia

Tras el detalle expuesto en el cuadro 7, las metodologías dentro de todos los casos presentados buscan establecer un prototipo de forma funcional que cumpla con los requerimientos que se definen al principio de la investigación, para entregar un software y hardware a medida y con el tiempo establecido, algo en común que tienen todas las metodologías, es su buena respuesta a problemas y errores que se presentan durante la elaboración del proyecto, el tener la capacidad de resolver errores a tiempo es muy importante, se optimiza tiempo y recursos, de esa forma llegar a un producto final eficiente.

Para realizar el desarrollo metodológico de este proyecto se necesita evitar el exceso de información, se optimiza la información obtenida para lograr un desarrollo eficiente, además, se necesita que el cliente aporte como un miembro más del proyecto, con lo anterior se determina que la metodología que brinda esa capacidad es una híbrida basada en Scrum y XP denominada en las siglas SXP. La metodología de desarrollo SXP fue formulada por Kent Beck, Orozco (2013) afirma que lo más destacado de usar SXP es hacer parte del equipo al usuario final el cual se beneficia del proyecto, determina que es uno de los parámetros que llevan al éxito. Esta metodología está compuesta de 4 fases.

Fase 1 Planificación – Definición

Para iniciar esta fase, se tiene como visión que este proyecto apueste por mejorar el trabajo del agricultor impulsado por el desarrollo tecnológico y técnico, de esa manera aporta a la soberanía de los frutos de tomate riñón, pimiento y pepino de la finca “La Ladera”. Se tuvo una buena expectativa por parte de los agricultores, el prototipo ayudó a tomar decisiones con exactitud en tiempos adecuados. Monitorear las condiciones de temperatura y humedad para los ingenieros asesores

que trabajan con los agricultores afirman que incrementa el valor en el mercado, de esa forma manejan nuevas estrategias financieras.

Se realizó una nueva entrevista con la guía del Anexo 5, la cual ayudó a completar las historias de usuario sobre la instalación y configuración, monitoreo en tiempo real y reporte del monitoreo en función del tiempo. Para aplicar el instrumento ya mencionado se escogió 4 personas, 3 de los 10 agricultores, las razones de selección se dan por su mayor conocimiento de las condiciones en el campo agrícola y buen manejo de herramientas tecnológicas, se selecciona a 1 de los 3 ingenieros agrónomos asesores, el profesional tomado en cuenta es el que mayor participación tiene junto con los propietarios de la finca. A continuación, se detalla las historias de usuario, las guías de entrevista fueron completadas por las 4 personas seleccionadas evidenciadas en el Anexo 6.

Cuadro 8: Historia de Usuario #1

Historia de Usuario	
Número: 1	Usuario: Agricultor
Nombre de historia: Instalación y configuración	
Prioridad: Alta	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos estimados: 3	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Jonathan Llugsa	
Descripción	
Se recoge información sobre el método, técnica o forma que desea instalar el prototipo y su configuración para entrar a la visualización de los datos monitoreados.	
Criterios de aceptación	
<p>1. A los agricultores les gustaría que sea un objeto fácil de mover de un lugar a otro para ubicarlo en la mitad del invernadero y las partes laterales, donde se encuentran los ductos de ventilación, además, que sea inalámbrico donde no requiere conexiones complejas para su funcionamiento. Este mismo criterio comparte el profesional entrevistado, sugiere que se instale en la mitad del invernadero para comenzar con el monitoreo y posteriormente moverlo al lugar donde el agricultor desee.</p> <p>2. En la configuración para el acceso al <i>dashboard</i> de visualización los agricultores desean que se acceda con una cuenta personal para seguridad, que sea mediante una aplicación web o móvil de manera que lo observen desde sus computadoras o celulares.</p>	

Fuente: elaboración propia

Cuadro 9: Historia de Usuario #2

Historia de Usuario	
Número: 1	Usuario: Agricultor
Nombre de historia: Monitoreo en tiempo real	
Prioridad: Alta	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos estimados: 3	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Jonathan Llugsa	
Descripción	
Se recoge información sobre la forma en la que los agricultores quieren que se presenten los datos del monitoreo en tiempo real.	
Criterios de aceptación	
<ol style="list-style-type: none"> 1. Para que se presente los datos en el primer criterio expuesto con gráficas numeradas. 2. Se muestran en gráficos de medidores con los valores incluidos. 3. Los datos que se presente solo de forma numérica, con conocimientos previos sería suficiente los datos en números para tomar acciones. <p>El profesional entrevistado desde su punto de vista menciona que la mejor forma técnica y visual es que se presente en tablas y diagramas junto con los datos numéricos.</p>	

Fuente: elaboración propia

Cuadro 10: Historia de Usuario #3

Historia de Usuario	
Numero: 1	Usuario: Agricultor
Nombre de historia: Reporte del monitoreo en función del tiempo	
Prioridad: Alta	Riesgo en desarrollo: Bajo
Puntos estimados: 3	Iteración asignada: 1
Programador responsable: Jonathan Llugsa	
Descripción	
Se recoge información sobre la manera de presentación que los agricultores quieren que se presente las estadísticas de su monitoreo de acuerdo con el tiempo.	
Criterios de aceptación	
Se tiene una coincidencia de criterios, los agricultores desean la información histórica del monitoreo de manera visual gráfica, donde se escogen lapsos entre fechas y ver los datos de monitoreo, para posterior pasarlos a un documento físico. El profesional entrevistado recomienda que se presente en gráficos estadísticos.	

Fuente: elaboración propia

Se hace la valoración de los riesgos probables que se tienen tras una mala programación y configuración, estos riesgos se valoran de forma alta aquellos que salen del manejo del creador del prototipo, de forma media si el prototipo está en manos del creador y del cliente a la vez, de forma baja son considerados los riesgos que exclusivamente hace el creador del prototipo, se elabora una tabla para identificar los diferentes problemas.

Cuadro 11: Valoración de posibles riesgos

ID	Riesgo	Causas	Consecuencias	Valoración de riesgo
1	Prototipo	<ul style="list-style-type: none"> - Mal manejo del objeto por parte de los usuarios. - Mala alimentación de voltaje. - Fallas de la antena del prototipo. - Problemas de soldadura o unión de los circuitos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Mal funcionamiento del prototipo. - Pérdida de efectividad. - Puntos flojos de conexiones entre componentes. 	Alto
2	Programación	<ul style="list-style-type: none"> - Baja accesibilidad a internet. - Creación de usuarios. - Programación de los módulos - Mal manejo de la codificación del prototipo y su enlace a la aplicación web. 	<ul style="list-style-type: none"> - Pérdida de datos de monitoreo. - Pérdidas de cuenta de usuario. 	Bajo
3	Configuración de dashboard	<ul style="list-style-type: none"> - Mala asignación de direccionamiento de los sensores. - Mal manejo de los datos históricos - Pérdida de datos 	<ul style="list-style-type: none"> - Datos erróneos de los sensores. - Mala visualización de los medidores del monitoreo en el <i>dashboard</i>. 	Medio

Fuentes: elaboración propia

Para finalizar esta fase, se determina las condiciones en las que la aplicación se presenta a los agricultores y las características del prototipo para su fácil manejo e instalación, mediante la recolección de información se da inicio al trabajo en la siguiente fase para desarrollar el prototipo con su aplicación y desaborad.

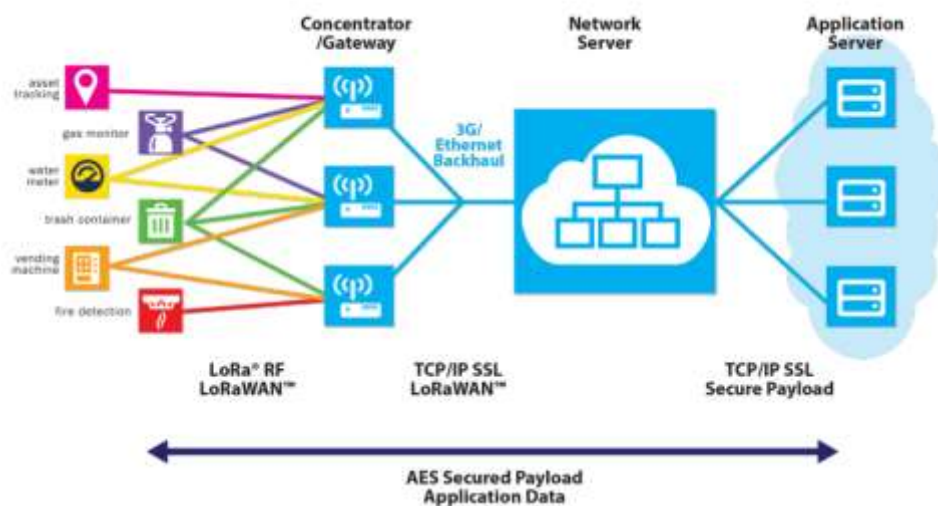
Fase 2 Desarrollo

Tras el estudio de las historias de usuario detalladas en la fase 1, se define usar los datos adquiridos para realizar el prototipo conectado a internet, pero aparece un problema, conectar en un área amplia donde los dispositivos tienen menos capacidad de conexión, menos ancho de banda y menos energía disponible, por esa razón la conexión tradicional como WIFI, para el presente proyecto es limitada. Basándose en el análisis detallado en las anteriores líneas, existen tecnologías para lograr la conexión de internet de las cosas en campo abierto, LoRa, son equipos de comunicación que cuenta con grandes ventajas para proyectos de IoT por medio de dispositivos que se comunican a grandes distancias a bajo consumo eléctrico, es la solución para alcanzar las expectativas de los agricultores y cumplir

con las tareas de investigación, los autores Cárdenas, Gonzáles, & Retamal (2018), afirman que la principal ventaja de utilizar LoRa es su comunicación, además, tiene gran robustez ante las interferencias pues utiliza potencias menores de las que utilizan WiFi, estos equipos de comunicaciones para redes LPWAN (*Low Power Wide Area Network*), su funcionamiento se basa por medio de radiofrecuencia que fue patentado por *Chirp Spread Spectrum* que opera en la banda de ISM (*Industrial, Scientific and Medical*) con frecuencias de 433 Mhz en Asia, 868 Mhz en Europa y 915 MHz en América.

El complemento de la comunicación LoRa para proyectos IoT es el protocolo LoRaWan, la estructura de este protocolo se muestra en la figura 10, con un detalle desde la izquierda de la imagen, se tiene los llamados nodos que contienen un módulo LoRa que transmite hacia un concentrador para posterior convertir los datos recibidos y mediante internet subirlos a un Network Server, finalmente se visualiza en una aplicación de forma dinámica.

Figura 10: Estructura LoRaWan







Fuente: Cárdenas, Gonzáles, & Retamal (2018)

De esa forma para el monitoreo de invernaderos que en su mayoría se encuentran en partes urbanas donde en ocasiones no tienen acceso a internet inalámbrico puedan hacerlo sin ninguna dificultad.

Módulo emisor

Para desarrollar el nodo que se aplica en el proyecto, se utilizaron varios elementos y se detalla los más importantes a continuación:

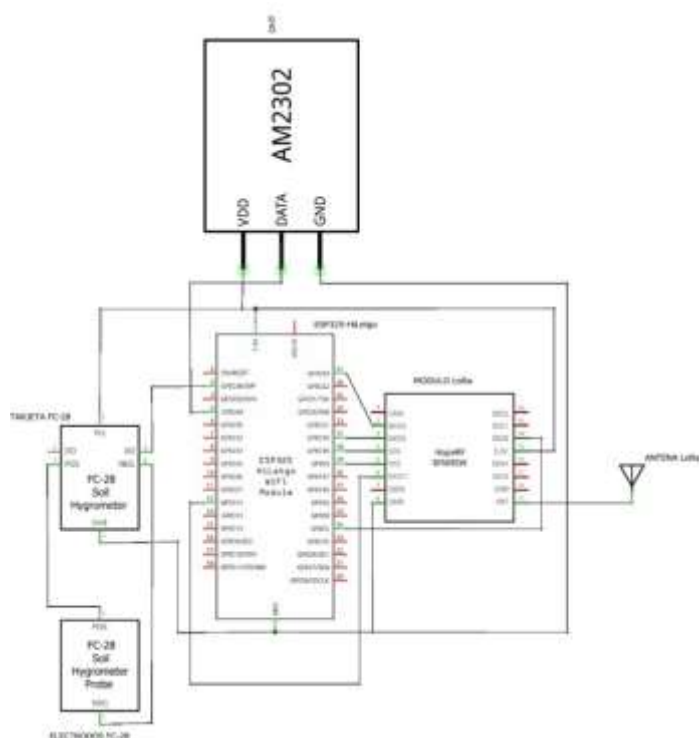
Cuadro 12: Elementos para Prototipo

Dispositivo	Imagen	Descripción	Fuente
ESP32		Creado por Espressif Systems, con el fin de ser utilizado en aplicaciones de electrónica y de IoT, este tiene un consumo ultra bajo de energía, cumple la función de realizar de procesos que son previamente programados en el entorno de desarrollo.	(Saravia, 2019)
RFM95		Cuentan con el módem de largo alcance LoRaTM que proporciona comunicación y mínimo consumo de corriente.	(Hope Microelectronics, 2006)
DHT21		Sensor digital de temperatura y humedad relativa con microcontrolador que realiza conversión analógica a digital, muy robusto por su empaque de plástico es eficiente para aplicaciones en exteriores.	(Mactronica, 2018)
FC-28 Anticorrosivo		Mide de forma sencilla la humedad del suelo a través de dos electrodos que están conectados a una tarjeta de acondicionamiento.	(MylapMechatronics, 2016)

Fuente: elaboración propia

Tras el detalle de los objetos utilizados para el nodo, a continuación, se muestra el circuito de integración que se realizó para el armado del prototipo:

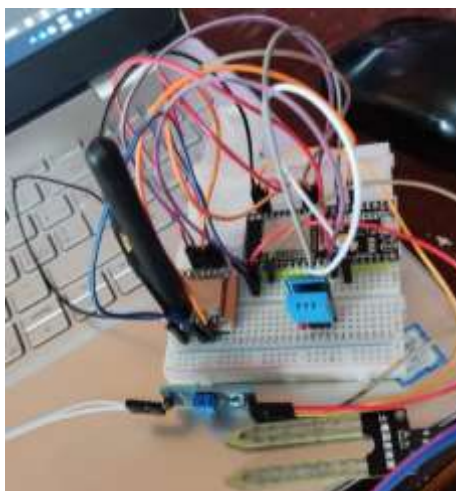
Figura 11: Esquema de Circuito



Fuente: elaboración propia

La figura anterior detalla cómo son las conexiones del prototipo, los pines utilizados los cuales, se utilizan para la alimentación eléctrica y puertas lógicas, que por medio de la programación actúan para recibir los datos de los sensores y enviarlos por medio del módulo RFM95. Como se muestra en la siguiente figura el prototipo ya implementado de forma física en su primera versión.

Figura 12: Prototipo primera versión



Fuente: elaboración propia

Se realiza una conexión de prueba en base a la figura 11 de manera que se valide el funcionamiento y hacer las primeras pruebas. A continuación, se muestra el código utilizado en el nodo para capturar los datos de los sensores y enviarlos a través de LoRa. Para la programación se utilizó Arduino IDE (Integrated Development Environment), que consiste en un entorno de aplicación que permite la edición de código, compilación, depuración e incorpora herramientas que cargan el programa ya compilado en el hardware del módulo que se utilice.

Funcionamiento del Código

- 1) Se incluyen las bibliotecas de los sensores y el módulo LoRa

Figura 13: Librerías de nodo emisor

```
#include <SPI.h> //Librería de Comunicación de dispositivos basado SPI
#include <LoRa.h> //Librería de Comunicación para el modulo LoRa
#include <Wire.h> //Librería de comunicación por medio de modulo interno i2c
#include <DHT.h> //Librería para el sensor DHT
```

Fuente: elaboración propia

- 2) Definición de los pines que usa el módulo RFM95 para enviar los datos, pin de conexión con sensor DHT y creación de variables.

Figura 14: Definición y creación de variables

```
//DEFINICIÓN DE PINES
#define DHTPIN 4 //Pin con el que se conecta el sensor DHT
#define ss 5 //Pin de conexión ss para el modulo RFM95
#define rst 14 //Pin de conexión reset ss para el modulo RFM95
#define dio0 2 //Pin de conexión puerta logica dio0 para el modulo RFM95
//DEFINICIÓN DE VARIABLES
int SensorPin = A0; //Definición de señal analógica A0
String LoRaMessage = ""; //Variable definida para guardar el message de envío
int counter = 0; //Variable definida para contar los mensajes enviados
//Inicialización del sensor DHT
DHT dht(DHTPIN, DHT11);
```

Fuente: elaboración propia

3) Inicialización de conexión con módulo RFM95 y sensor DHT

Figura 15: Void Setup

```
void setup() {
  Serial.begin(115200); //Velocidad de comunicación serial
  dht.begin(); //Empazar sensor DHT
  while (!Serial);
  Serial.println("LoRa Exitoso"); //Mensaje de instalación LoRa
  LoRa.begin(ss, rst, dio0); //Conexión por medio de los pines ss, rst, dio0
  if (!LoRa.begin(91586)) { //Banda de frecuencia en la que trabaja LoRa en América
    Serial.println("Conexión LoRa Falló!"); //Mensaje de conexión LoRa fallido
    while (1); //Equivalente a True
  }
}
```

Fuente: elaboración propia

4) Configuración del void loop para obtener los datos de los sensores conectados al ESP32

Figura 16: Void loop parte 1

```
void loop() {

  int humedad = analogRead(sensorPin); //Guarda el valor obtenido del sensor
  int valor = (humedad / 10.23)/2; //Realiza una operación para obtener el valor del sensor FC-28

  float h = dht.readHumidity(); //Guarda el valor de humedad relativa del sensor DHT
  float t = dht.readTemperature(); //Guarda el valor de Temperatura del sensor DHT

  if (isnan(h) || isnan(t)) //Valida el funcionamiento del sensor DHT
  {
    Serial.println("ERRORE EN EL SENSOR DHT");
    return;
  }
  Serial.print("HUMEDAD DE SUELO: ");
  Serial.println(valor); //Imprime en el monitor serie el valor calculado de humedad de suelo
  Serial.print("Temperatura: ");
  Serial.println(t); //Imprime en el monitor serie el valor calculado de temperatura
  Serial.print("Humedad relativa: ");
  Serial.println(h); //Imprime en el monitor serie el valor calculado de humedad relativa
  Serial.println();
  Serial.print("Sending packet: ");
  Serial.println(counterc);
}
```

Fuente: elaboración propia

5) Configuración del void loop para enviar mensaje por medio del módulo LoRa

Figura 17: Void loop parte 2

```
LoRaMessage = String(counterc) + "/" + String(valor) + "A" + String(t)
              + "B" + String(h); //Guarda los datos de humedad de suelo, humedad relativa y temperatura

LoRa.begin(LoRa.begin()); //Inicio para envío de datos por LoRa RFM95
LoRa.begin(LoRa.begin()); //Mensaje que se envía y se visualiza en el monitor conectado
LoRa.begin(LoRa.begin()); //Fin de envío de datos por LoRa RFM95

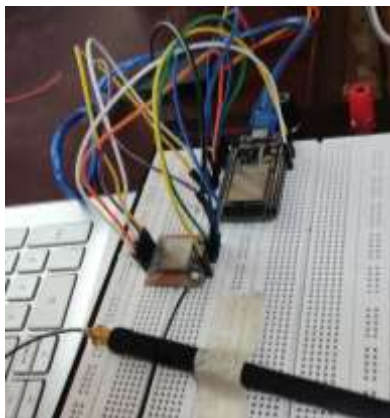
counterc++; //Contador del grupo de datos enviados
delay(1000);
}
```

Fuente: elaboración propia

Seguido al código se muestra las pruebas de funcionamiento en monitor serie de Arduino IDE

En la primera edición del módulo receptor se presenta en la siguiente imagen.

Figura 20: Módulo receptor, primera edición



Fuente: elaboración propia

Para entender la codificación y la configuración en la plataforma de visualización se detalla:

Plataforma Blynk

Figura 21: Logo Blynk



Fuente: tomado de blynk.io (2022)

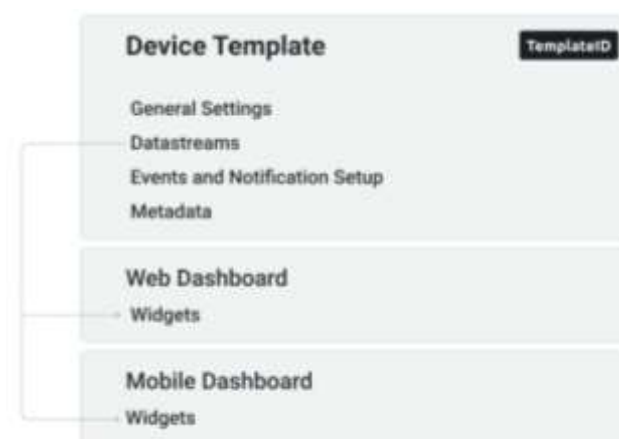
Blynk es una plataforma dedicada al software para proporcionar infraestructura para IoT, *Blynk* (2022) afirma que operan con un servicio en la nube que ofrece servicios desde registros de usuarios hasta aprovisionamiento de dispositivos, análisis de datos de sensores y aprendizaje automático, su plataforma IoT se basa en un conjunto de potentes productos para creación de aplicación, conectar cosas personas y datos, la infraestructura se basa en una nube que está en constante crecimiento de confiabilidad y seguridad. *Blynk* se basa en 4 herramientas para su funcionamiento: *Blynk.Cloud* que corresponde a sus servidores en la nube, *Blynk.Aplicaciones* que se refiere a la creación aplicaciones móviles mediante widgets, *Blynk.Edgent* es el agente de hardware que admite 400

microcontroladores y módems, *Blynk.Consola* es la plataforma web donde se administra los datos, usuarios y dispositivos que están conectados.

¿Cómo funciona *Blynk*?

Blynk comienza con una creación de cuenta en *Blynk.Console* en donde hay que tener una cuenta de modo desarrollador, que es un usuario especial que tienen el acceso a toda la funcionalidad requerida para configurar la plataforma para el uso de los usuarios finales, *Blynk* se basa en plantillas que contienen una gran cantidad de configuraciones.

Figura 22: Configuración *Blynk*



Fuente: tomado de blynk.io (2020)

Como se muestra en la figura 22 la Plantilla de dispositivo (*Device template*) contiene las configuraciones generales (*General Settings*), el flujo de datos (*Datastream*) que son los datos que se envía desde la placa programada mediante la conexión a *BlynkCloud*, con la guía de los flujos de datos se desarrolla el *Web Dashboard* y *Mobile Dashboard* que se basa en la inserción y edición de *widgets* para posterior presentarlo al usuario final, los eventos y notificaciones (*Events and Notification Setup*) este apartado se basa en las notificaciones que llegan al *Web Dashboard* y *Mobile Dashboard* mediante eventos que se programa desde la placa de trabajo. A continuación, se muestra una imagen de forma dinámica la representación del proceso que realiza *Blynk* para mostrar los datos en su *dashboard*.

Figura 23: Proceso Blynk Cloud



Fuente: tomado de docs.hu (2020)

Los elementos importantes para la conexión de la placa Esp32 ha *Blynk.Cloud* es el *TemplateID* y *DeviceName* son identificadores únicos de cada plantilla que se define desde el código del dispositivo que se ve en la figura 25, otra parte importante para la comunicación mediante WiFi desde la placa Esp32 es el token de autenticación que corresponde a un identificador único de *Blynk.Cloud* para la conexión y se define con *char auth[]* (figura 25) junto a estas se establece el nombre de red y su contraseña.

Funcionamiento del código

- 1) Se incluyen las bibliotecas para la conexión WiFi, LoRa y acceso a *Blynk Cloud*

Figura 24: Librerías de módulo receptor

```
#include <WiFi.h> //Librería de conexión WiFi para ESP32
#include <WiFiClientSecure.h> //Librería de conexión WiFi para ESP32
#include <BlynkSimpleEsp32.h> //Librería de plataforma Blynk para ESP32
#include <SPI.h> //Librería de Comunicación de dispositivos basado SPI
#include <LoRa.h> //Librería de Comunicación para el modulo LoRa
```

Fuente: elaboración propia

- 2) Definición para conexión a plataforma Blynk.io y conexión a red WiFi para enviar los datos a *Blynk Cloud*

Figura 25: Conexión Blynk

```
//CONEXION A BLYNK
#define BLYNK_TEMPLATE_ID "TMPLKGu5vj5W" //Identificador de la plantilla elaborada en Blynk
#define BLYNK_DEVICE_NAME "MONITORED IoT DE INVERNADERO LA LAJERA" //Identificador del nombre de la Plantilla
#define BLYNK_PRINT Serial //Habilitar salida de monitor serial

char auth[] = "9d4X713G-1Mv96Kc0F0g-e3evC30Y74i"; //Token de autenticación unico de Blynk Cloud
char ssid[] = "FAMILIA LUISA - CARRION"; //Nombre de la red WiFi para conectar
char pass[] = ".1805296013ic.."; //Clave de la red WiFi para conectar
```

Fuente: elaboración propia

- 3) Definición de pines de conexión con LoRa emisor y definición de variables de datos recibidos.

Figura 26: Definición de Pines y Variables

```
//DEFINICIÓN DE PINES PARA RFM95 LoRa
#define ss 5 //Pin de conexión ss para el modulo RFM95
#define rst 14 //Pin de conexión reset para el modulo RFM95
#define dio0 2 //Pin de conexión dio0 para el modulo RFM95

//DEFINICIÓN DE VARIABLES DE DATOS RECIBIDOS POR LORA EMISOR
String counter; // Contador de los paquetes recibidos
String humsuelo; //Guarda los datos recibidos de humedad de suelo
String temperatura; //Guarda los datos recibidos de temperatura
String humaire; //Guarda los datos recibidos de humedad relativa
```

Fuente: elaboración propia

- 4) Configuración de *void setup()*

Figura 27: Void setut () Módulo Receptor

```
void setup() {
  Serial.begin(115200); //Velocidad de comunicacion serial
  Blynk.begin(auth, ssid, pass); //Establece la conexión con Blynk mediante WiFi
  while (!Serial);
  Serial.println("LoRa Exitoso"); //Mensaje de instalación LoRa
  LoRa.setPins(ss, rst, dio0); //Conexión por medio de los pines ss, rst, dio0
  if (!LoRa.begin(915E6)) { //Banda de frecuencia en la que trabaja LoRa en America
    Serial.println("LoRa Falló!"); //Mensaje de conexión lora fallido
    while (1); //Equivalente a True
  }
}
```

Fuente: elaboración propia

- 5) Configuración de *void loop ()*, lectura de datos enviados por el chip RFM95 LoRa y transformación de los datos recibidos

Figura 32: Inicio de sesión Blynk



Fuente: elaboración Propia

- 2) Una vez en la plataforma, se crea la plantilla (*templates*), en esta parte se crea la plantilla con la cual se reciben los datos de *Blynk.cloud*.

Figura 33: Creación de platilla en Blynk



Fuente: elaboración propia

Una vez dentro, se tiene los elementos que se describe en la figura 22, en la parte derecha se visualiza las líneas de código por lo cual se establece la conexión a *Blynk*, posteriormente se configura el flujo datos por los cuales se recibe los datos establecidos desde el código (figura 29).

Figura 34: Configuración flujo datos de plantilla Blynk

ID	Name	Alias	Color	Pin	Data Type	Units	Scale	Unit
1	Temperatura	Temperatura	Yellow	V1	Double	°C	False	0
2	Humedad Relativa a Aire	Humedad Relativa a Aire	Blue	V2	Double	%	False	0
3	Humedad del Suelo	Humedad del Suelo	Orange	V3	Double	%	False	0

Fuente: elaboración propia

Los eventos (*events*) son las notificaciones que llegan mediante codificación como se explicó anteriormente con la figura 30, en la siguiente imagen se observa los eventos que tiene desde el sensor y se muestra en pantalla.

Figura 35: Configuración eventos en plantilla Blynk

ID	Name	Code	Color	Type	Description
1	Online	ONLINE	Green	Critical	ALERTA
2	Offline	OFFLINE	Red	Critical	ALERTA
3	Estado de Temperatura	estado_de_temperatura	Red	Critical	ALERTA
4	Estado de Humedad en el Aire	estado_de_humedad_en_el_aire	Red	Critical	ALERTA
5	Estado de Humedad en el Suelo	estado_de_humedad_en_el_suelo	Red	Critical	ALERTA

Fuente: elaboración propia

Por último, se configura el *Web Dashboard* y *Mobile Dashboard* que se presenta al agricultor

Figura 36: Configuración Web Dashboard



Fuente: elaboración propia

Figura 37: Configuración Mobile Dashboard



Fuente: elaboración propia

- 3) Prueba de funcionamiento y visualización de datos en *Web Dashboard* en tiempo real

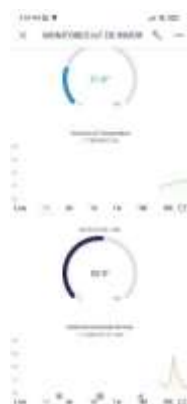
Figura 38: Prueba de Web Dashboard



Fuente: elaboración propia

Prueba en tiempo real de visualización de datos en *Mobile Dshaboard*

Figura 39: Prueba Mobile Dashboard



Fuente: elaboración propia

- 4) Prueba de notificaciones, para esta prueba se forzó al sensor de humedad de suelo para visualizar de manera rápida el mensaje en *web dashboard* y *mobile dashboard*

Figura 40: Prueba Notificación web dashboard



Fuente: elaboración propia

Notificación en *Mobile dashboard*

Figura 41: Prueba notificación mobile dashboard



Fuente: elaboración propia

Una vez que ya se ha probado el funcionamiento correcto de la configuración y programación se procede hacer la prueba de distancia entre módulos. En la primera prueba de distanciamiento se estableció una distancia aproximada de 400 metros, en la siguiente figura, con la ayuda de *Google Maps* se realizó el recorrido marcado por los puntos rojos, en la posición uno contenía el módulo receptor y la posición dos fue el módulo emisor, se obtuvo como resultado, un envío de datos frecuente con una pérdida de paquetes mínimos.

Figura 42: Prueba 1 de distancia de módulos



Fuente: elaboración Propia

Tras lo detallado en la fase dos se concluye con la elaboración preliminar del prototipo en el siguiente capítulo del proyecto se describe la fase tres y cuatro que corresponde a la entrega y mantenimiento que corresponde a la parte del resultado obtenido del desarrollo de la investigación

CAPÍTULO III. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS DE LA INVESTIGACIÓN

En este capítulo, se determinan los resultados de la investigación que parte desde la elaboración de las dos últimas fases de la metodología de desarrollo, la razón de posicionar estas fases en este capítulo es porque se pone en marcha el producto elaborado para hacer la entrega al cliente, el entrenamiento o capacitación de uso del prototipo, resultados de los clientes y el soporte al cliente con una gestión de cambios.

En este capítulo, se da a conocer la fase de entrega, fase de mantenimiento, método de evaluación y para finalizar el capítulo se procede a resaltar los resultados de la validación.

3.1. Resultados

Fase 3 Entrega

En esta fase, la primera parte, compone de soldar los componentes del módulo receptor en una placa y puesto en una caja de paso, como se observa en figura 43.

Figura 43: Módulo receptor de Entrega



Fuente: elaboración propia

Seguido, se suelda los componentes del módulo emisor y un sistema de alimentación mediante baterías de litio recargable de 3.7 voltios.

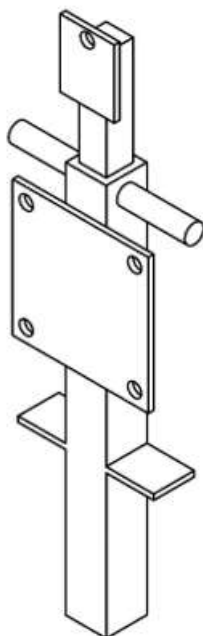
Figura 44: Módulo emisor de entrega



Fuente: elaboración propia

Para que el módulo emisor sea instalado en un invernadero se opta por realizar un pedestal de acero como se muestra en la figura 45

Figura 45: Pedestal de módulo emisor de entrega



Fuente: elaboración propia

El pedestal compone de una base punteguda que permite la fácil introducción en el suelo del invernadero, posterior se posiciona una barra metálica para atornillar el módulo destacado en la figura 44, seguido a eso se ubica dos componentes metálicos que sirven para ejercer presión e introducir el pedestal en la tierra y finalmente se posiciona un soporte para ubicar el sensor DHT21. Las medidas del pedestal se observan en el Anexo 7.

Como resultado el módulo emisor para la entrega se observa en la figura 46.

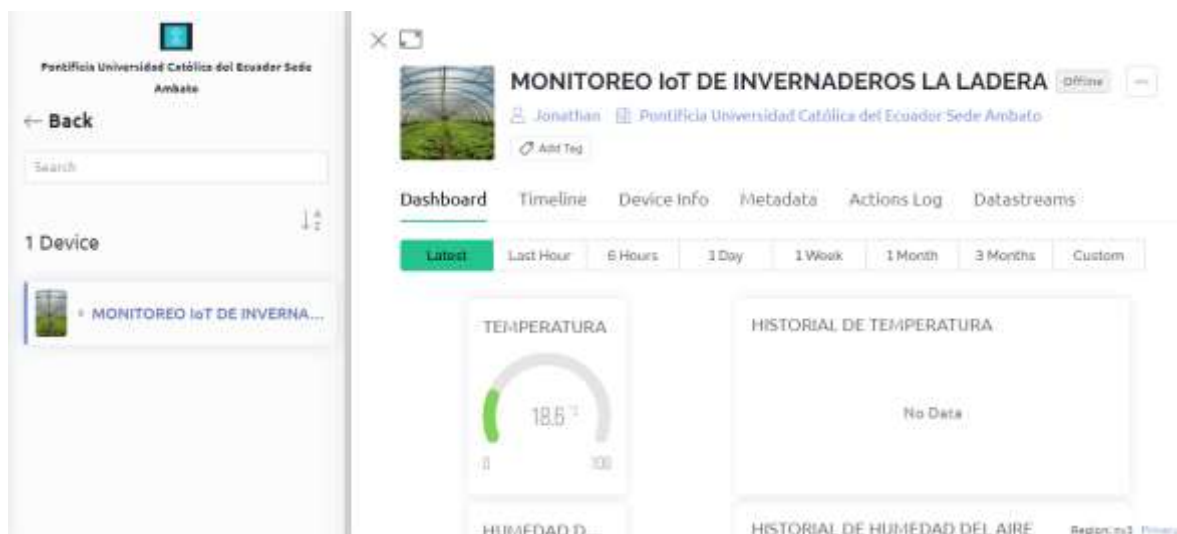
Figura 46: Resultado del módulo con instalación con el pedestal



Fuente: elaboración propia

En la plataforma de *Blynk* para su entrega se edita el diseño para su mejor presentación obtenido el resultado de entrega en el panel de *Web dashboard* de la siguiente manera

Figura 47: Web Dashboard de entrega



Fuente: elaboración propia

Para el *Mobile dashboard* también se hace una edición para su entrega, se visualiza en la figura 48

Figura 48: Mobile Dashboard de entrega



Fuente: elaboración propia

Como ya se establecieron los diseños y módulos de entrega se procede a realizar la capacitación a los agricultores sobre el uso y funcionamiento del prototipo, el entrenamiento se dio directamente en campo como se muestra en el Anexo 8, se trató los siguientes temas claves para explicar su funcionamiento:

a. Introducción a la Capacitación

Se presentó los temas a tratar y datos del expositor

b. Conceptos Básicos

Se dio a conocer los conceptos de IoT, prototipo y la combinación de la tecnología con la agricultura.

c. Prototipo basado en internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de invernaderos

Se centró en el funcionamiento del prototipo elaborado y el funcionamiento de y explicación de sus antenas.

d. Rangos de temperatura

Se dio a conocer los rangos de temperatura que registra el sensor DHT21 y los rangos apropiados para los cultivos de tomate riñón, pimiento y pepino.

e. Rangos de humedad relativa

Se dio a conocer los rangos de humedad que registra el sensor DHT21 y los rangos apropiados de HR para los cultivos de tomate riñón, pimiento y pepino.

f. Rangos de humedad de suelo

Se explicó cómo funciona la medición de humedad de suelo con el sensor FC-28 y los rangos adecuados para cultivos de tomate riñón, pimiento y pepino.

g. Instalación del prototipo en el invernadero

Se dio a conocer el manual de operación y mantenimiento para que los usuarios instalen el prototipo.

h. Como se muestran las mediciones

Se mostró el funcionamiento de la aplicación en computadora y en celular.

i. Accesos de aplicación

Se dio acceso por medio de cuentas que parten de una invitación del desarrollador.

j. Prueba práctica de funcionamiento

Se pusieron a prueba los módulos ya instalados en campo.

k. Conclusiones

Se obtuvo buenos criterios de los usuarios que pusieron a prueba el prototipo.

Cada uno de los temas se cumplió con un resultado exitoso, en las pruebas de funcionamiento en el campo se observa en el Anexo 9, las pruebas con los agricultores de la finca ubicada al norte de Ambato se la realizaron a una distancia de 200 y 450 metros en la siguiente figura se observa donde fueron posicionados cada uno de los módulos.

Figura 49: Ubicación de los módulos en la Finca



Fuente: elaboración propia

El módulo receptor fue ubicado en una vivienda que forma parte de la finca la cual tiene acceso internet estable y electricidad. Con la aplicación de *Google Maps* se logró ubicar la finca, donde mediante el cálculo de distancia de la aplicación se logró determinar su extensión como se muestra en la siguiente figura.

Figura 50: Distancia de la primera prueba



Fuente: elaboración propia

En la figura 51, se presenta la extensión de la segunda prueba con los agricultores, esta es; a la máxima distancia que los agricultores determinan necesario la conexión entre módulos, se tubo resultados exitosos sin interrupción de conexión .

Figura 51: Distancia de la segunda prueba



Fuente: elaboración propia

Los agricultores realizaron las pruebas en cultivos de tomate riñón, pimiento y pepino, donde mediante los datos en tiempo real determinaron que, en uno de los invernaderos puesto a prueba, tiene un problema con la humedad relativa, inmediatamente los agricultores determinaron que se necesita implementar métodos como tuberías de calor para controlar el problema.

Fase 4 Mantenimiento

En esta fase, se realiza un manual de operación y mantenimiento detallado en el Anexo 10, donde se explica cada una de las partes del prototipo, es distribuido en teoría, símbolos, procesos y de qué manera se mantienen los módulos en funcionamiento.

Posterior a ello, de acuerdo con el alcance establecido para el proyecto esta fase concluye con el manual de la primera versión del prototipo; por tanto, el mantenimiento a futuro es en función del tiempo de uso y con los ajustes que sea necesario realizar.

3.2. Validación del prototipo

Para la validación del prototipo, se realiza el método de evaluación de usuarios con un instrumento matriz denominado prueba de usuario. El método de evaluación con usuarios para Rodríguez, Santamaría, & Saez (2011), permite identificar si los procesos, interfaces y diseño están bien elaborados, además, se identifica si los usuarios encuentran inconsistencias e inconformidades en el objetivo del producto. Rodríguez, Santamaría, & Saez (2011) afirman que, por medio del instrumento matriz de prueba de usuario varia, desde lo más sencillo que es contener una tarea y pocos usuarios, hasta evaluaciones complejas que evalúan un conjunto grande de tareas y con un volumen alto de personas, en las pruebas de usuario hay que realizar las siguientes tareas:

1. Definir objetivo de la evaluación
2. Descripción de la temática
3. Definir el perfil del usuario participante
4. Definición de las tareas y aspectos necesarios para la prueba
5. Análisis de resultados y conclusiones
- 6.

La ventaja principal de realizar la prueba de usuario es que permite evaluar la usabilidad del prototipo de una manera fiable, uno de los inconvenientes es el tiempo y el desplazamiento de los usuarios involucrados para la prueba.

Una vez sustentado teóricamente el método e instrumento de evaluación, se procede a elaborar una matriz que esta detallada en el Anexo 11 que fue puesta a prueba con los 10 agricultores de la finca “La Ladera”, en donde las tareas a realizar se pudo establecer la validación de la estructura física de los módulos receptor y emisor, revisión de accesos y funcionalidad de la aplicación, la coherencia de los datos de medición y la adaptabilidad del prototipo en el campo en diferentes secciones del invernadero

Resultados de validación

Se logró que los agricultores tras seguir la capacitación y el manual de operación y mantenimiento, arrancar con el fruncimiento del prototipo, mediante el instrumento de validación que fue escrito y detallado por los agricultores como se observa en el Anexo 12, las tareas fueron cumplidas correctamente.

Para los aspectos positivos, se trabajó con ítems, en cada tarea, se completaron de acuerdo con el análisis que cada agricultor tiene del prototipo. Los aspectos negativos, aspectos por mejorar y aspectos que le sorprendieron fueron espacios abiertos donde cada usuario escribe su criterio, obtenido los siguientes resultados:

Cuadro 13: Resumen de resultados de la Validación del prototipo

Tareas	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Aspectos por mejorar	Aspectos que le sorprendieron
Tarea 1: Validación de la estructura física del prototipo en campo	Formato innovador 9 de 10 usuarios marcaron este ítem Material 9 de 10 usuarios marcaron este ítem Tamaño 9 de 10 usuarios marcaron este ítem Instalación del prototipo 10 de 10 usuarios marcaron este ítem Alimentación eléctrica 7 de 10 usuarios marcaron este ítem	3 de 10 usuarios ven como aspecto negativo el diseño físico del prototipo el resto de los usuarios está conforme	5 de los 10 usuarios necesitan que se acondicione un panel solar. 1 de los 10 usuarios necesita que se use una batería más grande. 1 de los 10 usuarios opina que el pedestal tiene que ser de mejor calidad El resto de los usuarios se siente conforme.	Los 10 usuarios comentan en este aparatado que, no es común ver este tipo de proyectos en la zona de Quillan donde está ubicado la finca es por eso que llega a ser algo innovador que les ayuda a ver las condiciones de su invernadero y prevenir enfermedades. Les sorprende que se vean datos reales, la combinación de la tecnología y el campo, que existan datos en función del tiempo.
Tarea 2: Validación del módulo receptor de mediciones	Formato innovador 8 de 10 usuarios marcaron este ítem Material 9 de 10 usuarios marcaron este ítem Tamaño	Los 10 usuarios no encontraron aspectos negativos en el módulo receptor.	1 de los 10 agricultores desea que se instale un trípode para el módulo.	

	<p>6 de 10 usuarios marcaron este ítem</p> <p>Instalación del prototipo</p> <p>10 de 10 usuarios marcaron este ítem</p> <p>Alimentación eléctrica</p> <p>8 de 10 usuarios marcaron este ítem</p>			
<p>Tarea 3: Revisión accesos y funcionalidad de la aplicación en celular y computadora</p>	<p>Facilidad de acceso</p> <p>10 de 10 usuarios marcaron este ítem</p> <p>Facilidad de uso</p> <p>Información disponible</p> <p>10 de 10 usuarios marcaron este ítem</p> <p>Medición de Humedad relativa</p> <p>10 de 10 usuarios marcaron este ítem</p> <p>Medición de humedad de suelo</p> <p>10 de 10 usuarios marcaron este ítem</p> <p>Medición de temperatura</p> <p>10 de 10 usuarios marcaron este ítem</p> <p>Existencia de datos históricos</p> <p>6 de 10 usuarios marcaron este ítem</p>	<p>1 de los 10 usuarios determina que necesita más sesiones de capacitación sobre el manejo de la tarea 3</p>	<p>2 de los 10 agricultores desea que la interfaz gráfica tanto de la aplicación web y aplicación móvil sea mucho más llamativa o que sea una aplicación propia realizada desde 0.</p>	
<p>Tarea 4: Verificación de la coherencia de las mediciones registradas por el sensor</p>	<p>Mediciones con rangos validos</p> <p>10 de 10 usuarios marcaron este ítem</p> <p>Datos de fácil lectura</p> <p>10 de 10 usuarios marcaron este ítem</p> <p>Datos de fácil interpretación</p>	<p>Ningún usuario encontró negatividad en esta sección.</p>	<p>Ningún usuario encontró negatividad en esta sección.</p>	

	10 de 10 usuarios marcaron este ítem			
Tarea 5: Revisión de la adaptabilidad del prototipo en campo en diferentes secciones de invernadero	Facilidad de movilidad 9 de 10 usuarios marcaron este ítem Facilidad de instalación Facilidad de encendido del sensor 10 de 10 usuarios marcaron este ítem Funcionamiento estable 10 de 10 usuarios marcaron este ítem	Ningún usuario encontró negatividad en esta sección.	3 de los 10 usuarios escribe que necesita más de un módulo para ubicarlo en el invernadero y no moverlo de sección en sección.	

Fuente: elaboración propia

El análisis de los resultados obtenidos, se determina que los usuarios en la tarea 1 necesitan que el diseño físico sea más elaborado y compacto, una alimentación eléctrica mediante celdas solares que permitan una mayor durabilidad de operación, en la tarea 2 los usuarios no encuentran una ineficiencia notable, en la tarea 3 los agricultores necesitan datos históricos que sean más detallados y que interfaz gráfica sea mejor elaborada, en la tarea 4 no encuentran inconformidad y la tarea 5 determinan que necesitan mayor número de módulos emisores no solo para un invernadero.

Tras el análisis, se obtiene un resultado exitoso en la funcionalidad del prototipo con datos claros y sencillos de lectura, las inconformidades de los usuarios se basan en aspectos de diseño y presentación de los módulos y datos, pero no se encontró errores de funcionamiento y de programación.

CONCLUSIONES

- De la investigación inicial realizada para construcción del estado del arte, se determinó que, si bien existen investigaciones importantes a nivel internacional, a nivel nacional no existen propuestas similares a la investigación planteada, en donde se aplique en campo los prototipos propuestos, pues únicamente se ha realizado pruebas simuladas a pequeña escala; esto demuestra el aporte de la investigación en el ámbito de la agricultura local y nacional.
- Con base en el trabajo de análisis e investigación realizado, así como en las entrevistas realizadas a los agricultores, se desarrolla el dispositivo IoT que brinda el monitoreo de los cultivos, de esa forma obtener un gran beneficio para mejorar la producción de cultivos de tomate riñón, pimiento y pepino para la comercialización. La importancia del monitoreo, como se evidencio en este trabajo con las pruebas del prototipo, es medir temperatura, humedad relativa y humedad de suelo, se demuestra los valores en tiempo real y sus datos históricos para hacer comparativas.
- El prototipo demostró ser efectivo en sus pruebas, se logró dar medidas coherentes y reales que los agricultores pusieron a prueba en campo; los ingenieros agrónomos que trabajan junto a la finca determinaron que es ventajoso tener las variables presentes de acuerdo con el tiempo, donde no solo se analizan las condiciones de estos tres cultivos, sino que también mediante el prototipo se saca varios beneficios, como un estudio de adecuación para otros cultivos.
- En las pruebas también, se pudo reflejar que el módulo emisor no requiere de un consumo eléctrico de gran escala, con sus baterías tienen una duración entre 4 y 5 días, la recolección y envío de información no requiere

de conexión a internet, pues aún si el módulo receptor no esté conectado a internet, este sigue receptando información siempre y cuando esté alimentado eléctricamente.

- El módulo receptor es adaptable a la incorporación de nuevos módulos emisores con mínimas adaptaciones de código en los módulos receptor y emisor, de esta forma se puede no solo tener datos reales de un invernadero.

RECOMENDACIONES

- Para un trabajo futuro, se recomienda, un estudio más determinado acerca del campo agrícola y las ventajas que tiene la medición de temperatura, humedad relativa y humedad de suelo dentro de invernadero, hay varias ventajas que no se estudian en el presente trabajo.
- Diseñar un prototipo con una mejor estructura física, la cual permita no solo monitorear, sino que se implemente actuadores para subir y bajar cortinas, prender bombas de agua, manipulación de tuberías de calor, control de métodos de riego y evaluación fisicoquímica de la tierra y agua. El estudiar nuevos casos como el campo agrícola en función de la tecnología y dejarlos instalados en el sector de investigación, tiene ventajas para el desarrollo de la comunidad.
- Por otro lado, se recomienda hacer capacitaciones a la comunidad del sector agrícola en términos de tecnologías de información, control básico e internet de las cosas, los agricultores han visto varios de estos proyectos en redes sociales y televisión, pero no saben cómo funcionan o de qué están hechos.

BIBLIOGRAFÍA

Asale & Rae. (2021). Prototipo | *Diccionario de la lengua española*. Recuperado 4 de marzo de 2022, de «Diccionario de la lengua española»—Edición del Tricentenario website: <https://dle.rae.es/prototipo>

Bautista, J., & Rosero, M. (2021). *Implementación de un prototipo de geoposicionamiento con tecnología Sigfox, aplicado a paradas inteligentes y rastreo de niños*. (Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE). Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE. Recuperado de <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/25209/1/T-ESPE-044591.pdf>

Blynk. (2022). About us, Blynk. Recuperado 29 de abril de 2022, de <https://blynk.io/about>

Briceño, M., & Cubides, W. F. (2020). *Diseño de una solución IOT para monitoreo de las condiciones óptimas de un cultivo hidropónico de flores en invernadero*. Universidad Autónoma de Bucaramanga, Bucaramanga.

Cárdenas, M., Gonzáles, D., & Retamal, C. (2018). *Protocolo LoRa para implementación de redes IoT en smart cities* (N.º 323; p. 5). Valparaíso, Chile: Universidad Santa María - USM. Recuperado de Universidad Santa María - USM website: http://profesoreseloutfsm.cl/~agv/.ipd438/2s18/projects/reports/RetamalCardenasGonzalez/Informe_Lora.pdf

Cedeño, D. B., & Poquizá, E. A. (2021). *Diseño de un prototipo de carpa automatizada basada en una arquitectura IOT para el monitoreo y protección de los cultivos ante la caída de cenizas volcánica en el Ecuador*. (Thesis, Universidad de Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones). Universidad de

Guayaquil. Facultad de Ciencias Matemáticas y Físicas. Carrera de Ingeniería en Networking y Telecomunicaciones. Recuperado de <http://reug.edu.ec/handle/redug/52264>

Cervantes, J., Scheleguel, J., & Bracho, G. (2018). *Desarrollo de un prototipo para su uso como herramienta de apoyo al personal médico en la asignación de turnos para pacientes en los servicios de urgencias “triage” basado en sus signos vitales*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.15120.35847>

Cevallos, H., Montero, K., & Cuesta, J. (2018). *Metodologías ágiles frente a las tradicionales en el proceso de desarrollo de software*. *Espirales: Revista Multidisciplinaria de Investigación*, 2. <https://doi.org/10.31876/re.v2i17.269>

Chango, R. R., & Llenez, R. J. (2021). *Sistema de monitoreo de temperatura, humedad y control de agua para cultivos del invernadero n°2 del Campus Salache*. Recuperado de <http://repositorio.utc.edu.ec/handle/27000/7861>

Cohen, N., & Gómez, G. (2019). *Metodología de la investigación, ¿para qué?* Editorial Teseo. Recuperado de <http://up-rid2.up.acp.a:8080/xm/uidle/1363>

Díaz, L., Torruco, U., Martínez, M., & Varela, M. (2013). La entrevista, recurso flexible y dinámico. *Investigación en Educación Médica*, 2(7), 162-167.

El Universo. (2019, agosto 22). *Smart Farming, la forma inteligente de mejorar los cultivos y de cuidar el suelo*. Recuperado 25 de febrero de 2022, de El Universo website: <https://www.eluniverso.com/larevista/08/21/nota/7482033/smart-farming-forma-inteligente-mejorar-cultivos-cuidar-suelo>

Espinosa, B. A., & Orellana, M. E. (2021). *Desarrollo de aplicaciones de monitoreo y control basadas en IoT a través de la plataforma Ubidots. Aplicaciones a sistemas de automatización bajo entornos de simulación*. Recuperado de <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/20298>

Fernández, M., Aguilar, M., Carrique, J., Domingo, J., García, C., & Péres, J. (2018). *Suelo y Medio Ambiente en Invernaderos* (5ª edición). Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura, Pesca y Desarrollo Rural.

Flores, M., Gonzáles, E., & Escalona, V. (2020). *Manejo de invernaderos fríos*. 5.

Flores, S. U., Berón, M., Riesco, D. E., & Henriques, P. (2018). *Diseño y construcción de sistemas de IoT seguros y escalables*. Presentado en XX Workshop de Investigadores en Ciencias de la Computación (WICC 2018, Universidad Nacional del Nordeste). Recuperado de <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/67915>

Folgueiras, P. (2016). *La entrevista*. Recuperado de <http://hdl.handle.net/2072/262207>

Gámez, M. de J., & Sánchez, O. A. (2018). *Desarrollo de un prototipo electrónico e informático aplicando la tecnología de Internet de las Cosas para la medición y control de magnitudes físicas: En asocio con COCESNA*.

Gobierno del Ecuador. (s. f.). CONAM – Secretaría Nacional de Planificación. Recuperado 26 de febrero de 2022, de <https://www.gob.ec/resena-historica/conam/>

- Golondrino, C. G. C., Alarcón, M. A. O., & Ríos, M. E. M. (2020). Arquitectura IoT para el desarrollo de sistemas de monitorización y análisis de variables fisiológicas en el área de asistencia médica. *Investigación e Innovación en Ingenierías*, 8(3), 1-13.
- Gómez, J. E., Castaño, S., Mercado, T., Fernandez, A., & Garcia, J. (2017). Sistema de internet de las cosas (IoT) para el monitoreo de cultivos protegidos. *Ingeniería e Innovación*, 5(1). <https://doi.org/10.21897/23460466.1101>
- Guerrero, E. J., & Martinez, D. S. (2021). *Prototipo electrónico para el monitoreo de variables medioambientales, con el fin de automatizar el proceso de fertilización orgánica del suelo, utilizando técnicas de aspersión con tecnología iot.* (Thesis, AUNAR). AUNAR. Recuperado de <http://repositorio.aunar.edu.co:8080/xmlui/handle/20.500.12276/1235>
- Hernández, J. A., Ramírez, J. S., Cruz, J. C., & Alarcón, Á. H. (2019). Monitoreo de variables agrometeorológicas en la fase de germinación de un cultivo de pimentón a través de IoT. *Memorias de Congresos UTP; 2019: Congreso Internacional en Inteligencia Ambiental, Ingeniería de Software y Salud Electrónica y Móvil – AmITIC 2019; 101-106.* Recuperado de <https://rida2.utp.pa/handle/123456789/6452>
- Kashoash, H., & Kemp, A. (2017). Comparison of 6LoWPAN and LPWAN for the Internet of Things. *Australian Journal of Electrical and Electronics Engineering*, 13. <https://doi.org/10.1080/1448837X.2017.1409920>
- Larrazabal, M. (2020, julio 28). Tomate en Invernadero. ¿Cuáles son los Factores Agronómicos Clave? Recuperado 13 de marzo de 2022, de Sembralia website: <https://sembralia.com/tomate-en-invernadero/>

- Laverde, J. A., & Laverde, C. G. (2021). Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego. *Dilemas contemporáneos: educación, política y valores*, 8(2). <https://doi.org/10.46377/v8i2.2542>
- Lenscak, P., & Iglesias, N. (2019). *Invernaderos, Tecnología apropiada en las regiones productivas del territorio nacional argentino* (Vol. 1). INTA. Recuperado de https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_-_invernaderos.pdf
- Libelium. (2022). Libelium, Powering the IoT Revolution. Recuperado 25 de febrero de 2022, de Libelium website: <https://www.libelium.com/>
- MAGAP. (2019). *MAGAP impulsa agricultura mediante cultivos en invernaderos en El Cañar – Ministerio de Agricultura y Ganadería*. Recuperado 13 de marzo de 2022, de <https://www.agricultura.gob.ec/magap-impulsa-agricultura-mediante-cultivos-en-invernaderos-en-el-canar/>
- Muñoz, O. Q. (2019). *Internet de las Cosas (IoT)*. Ibukku LLC.
- Naylamp Mechatronics. (2021). *NODEMCU V2 ESP8266 WIFI*. Recuperado 11 de marzo de 2022, de Naylamp Mechatronics—Perú website: <https://naylampmechatronics.com/>
- Novillo, J., Rojas, D. H., Olivo, B. M., Ríos, J. M., & Villavicencio, O. C. (2018). *Arduino y el Internet de las cosas*. 3Ciencias.
- Nutricontrol. (2020, enero 27). *La importancia de la temperatura para el cultivo en invernadero*. Recuperado 8 de marzo de 2022, de Nutricontrol website:

<https://nutricontrol.com/es/la-importancia-de-la-temperatura-para-el-cultivo-en-invernadero/>

Ocampo, W., Ulloa, J., Azcona, J., & Carrasco, M. (2019). *Metodología híbrida de desarrollo de software combinando XP y SCRUM*. Mikarimin, 5.

Ordoñez, E. A. (2020). *AGROIOT: Prototipo de un sistema WEB para el monitoreo de productos agrícolas en cultivos urbanos* (Thesis). Universidad Católica de Colombia, Bogotá.

Orizont. (2018, junio 13). *El problema del agua en la agricultura*. Recuperado 26 de febrero de 2022, de <https://www.orizont.es/el-problema-del-agua-en-la-agricultura/>

Orozco, M. E. (2013). *Informe de Investigación de la metodología SXP*. Granma.

Ortiz, R., Núñez, A., Cathala, C., Rios, A., & Nalesso, M. (2021). *El agua en tiempos de sequía II: lecciones de sequías alrededor del mundo*. BID. Recuperado de <https://publications.iadb.org/publications/spanish/document/El-agua-en-tiempos-de-sequia-II-lecciones-de-sequias-alrededor-del-mundo.pdf>

Páez, M. Á. L., Pineda, J. R., & Sánchez, E. C. R. (2019). LiFi y su integración con la internet de las cosas. *Revista vínculos*, 16(1), 42-56. <https://doi.org/10.2322/939X.15281>

Paredes, N. J., & Valverde, W. A. (2017). *Implementación de un sistema de almacenamiento de la información, monitoreo y control aplicando el internet*

de las cosas, para la automatización de un invernadero (B.S. thesis). Universidad Nacional de Chimborazo, 2017.

Pazmiño, S. (2019). *Implementación de un prototipo IOT con semáforos inteligentes a través de una infraestructura de computación en la niebla*. Recuperado de <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/2794653>

Peña, J., Chan, O., Espinoza, C., López, W., & Pacho, J. (2018). *Internet de las Cosas y Sistemas Embebidos para monitorear áreas de cultivo*. 4, 8.

Pereira, G., Cabezas, F., Verdesoto, K., & Erazo, F. (2018). *Monitoreo y Control de Herramientas, Metodologías, Técnicas y Prácticas de Supervisión* (N.º 1.0; p. 20). Quito. Recuperado de https://www.superbancos.gob.ec/bancos/wp-content/uploads/downloads/2018/03/6.3_manual.pdf

Potrillo, M. (2018). *Manual de agricultura protegida los 5 pilares*. Escuela Agrícola Panamericana. Recuperado de <http://hdl.handle.net/11036/2953>

Rodríguez, A. C., Santamaría, S., & Saez, A. (2011). *Métodos de evaluación con usuarios*. 94.

Rojas, U. (2021). *Agricultura bajo techo reduce consumo de agua a la mitad*. p. 1.
Ruales, A. (2018). *Una mirada futurista al posible trabajo del diseñador*. Universidad San Francisco de Quito USFQ, Quito.


Salazar, E. (2018). *Prototipo, Contexto e Ingeniería del Software*. Recuperado de https://www.academia.edu/11217243/Prototipo_Contexto_e_Ingenier%C3%ADa_del_Software

- Sánchez, M., Vayas, T., Mayorga, F., & Freire, C. (2019). *Sector Agrícola Ecuador* (N.º 1; p. 4). Universidad Técnica de Ambato: Instituto Nacional de Estadística y Censos.
- Smelpro. (2021). *Como construir un proyecto de IoT*. Recuperado de <https://www.youtube.com/watch?v=8XPcGuEXMuk>
- Soto, J., Suárez, J., Rodríguez, A., & Cainaba, G. (2019). *Internet de las cosas aplicado a la agricultura: Estado actual*. Lámpsakos, 86. <https://doi.org/10.21501/21454086.3253>
- Vega, E. (2020). *Diseño de una arquitectura usando el protocolo message queue telemetry transport (mqtt) sobre plataformas de bajo coste, para monitorización de procesos industriales*. Riobamba. Recuperado de <http://dspac.e.espe.edu.ec/bitstream/123456789/14099/1/20T01337.pdf>
- Vega, J. I. V., Rangel, F. J. S., Guzmán, G. S., Acosta, M. A. L., Vargas, V. N. T., & Aceves, J. F. C. (2020). *Construcción de un prototipo de un sistema de riego y ventilación de un invernadero bajo el concepto de iot (construction of a prototype of an irrigation and ventilation system of a greenhouse under the concept of iot)*. *Pistas Educativas*, 42(137). Recuperado de <http://www.itc.mx/ojs/index.php/pistas/article/view/2375>
- Yara. (2018, abril 5). *Tomates de invernadero | Yara Ecuador*. Recuperado 13 de marzo de 2022, de Yara None website: <https://www.yara.com.ec/nutricion-vegetal/tomate/tomates-de-invernadero/>

ANEXOS

Anexo 1

Modelo de entrevista aplicado a agricultores de la finca “La Ladera” con el fin de recolectar información sobre como manejan el proceso de producción en invernadero y de qué forma resulta útil un prototipo IoT.

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador	
Entrevista para recolección de información sobre la gestión en invernaderos de forma tradicional y opinión de un prototipo basado en internet de las cosas.	
Objetivo	Obtener información por parte de los <u>agricultores</u> sobre el beneficio que trae un prototipo basado en Internet de las Cosas (IoT) para el monitoreo de invernaderos.
Investigador	Llugsa Carrión Jonathan David Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato
Consideraciones Generales <ol style="list-style-type: none"> 1. Se le solicita muy amablemente responder de forma abierta pero objetiva 2. La información aquí recolectada tiene fines investigativos 	
Desarrollo <p>Nombre del entrevistado: _____ Cargo: _____</p> <p>Años de Experiencia: _____ Fecha: _____</p> <p>8. ¿Qué condiciones (técnicas, climáticas y de suelo) se analizan para comenzar un cultivo en Invernadero?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>9. ¿Qué variedades de hortalizas siembra o ha sembrado en invernadero?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>10. ¿Cómo controla las condiciones de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de sus hortalizas mencionados anteriormente?</p>	

<p>_____</p> <p>_____</p> <p>11. ¿Sabe cuáles son los grados y porcentaje adecuados de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo que tiene un invernadero durante el proceso de cultivo de las hortalizas mencionadas en la pregunta 2?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>12. ¿Qué tipo de enfermedades trae una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficiente?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>13. ¿Qué opina sobre un prototipo que le permita monitorear la temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de su invernadero en tiempo real?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>14. ¿Cree usted que una solución de internet de las cosas (sistema siempre conectado a internet para monitorear) le resultaría útil?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p style="text-align: center;">Gracias por su colaboración</p>
--

Anexo 2

Entrevistas realizadas a los agricultores de la finca “La Ladera”

Evidencia de entrevistas

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Exercicios para recolección de información sobre la gestión en instituciones de forma tradicional y apertura de un promedio basado en el nivel de los datos.

Objetivo: Obtener información por parte de los egresados sobre el desarrollo que puede tener un promedio basado en el nivel de los datos (L1) para el desarrollo de instituciones.

Investigador: Jorge Castro, Jonathan David, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.

Consideraciones Generales:
 1. De la salida más detalladamente responder de forma abierta para el caso.
 2. La información será almacenada para fines investigativos.

Nombre del estudiante: Diego Binda **Carga:** Asesor
Aldea de Experiencia: Paño **Fecha:** 20/02/2020

- ¿Qué condiciones climáticas, climáticas y de suelo se debe analizar para determinar un cultivo en Incahuasi? Analizar la humedad, el viento, la lluvia, la temperatura, la altitud, la calidad del suelo, la disponibilidad de agua, la disponibilidad de nutrientes, la disponibilidad de luz solar, etc.
- ¿Qué ventajas de trabajar con agua y la humedad en Incahuasi? Evitar sequías y plagas.
- ¿Cómo controla las condiciones de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de sus cultivos invernadero actualmente? Se le hace la forma adecuada para el cultivo de cada una de las plantas, se hace un control de la temperatura, la humedad ambiente y la humedad de suelo.
- ¿Qué cultivos son los que se siembran y porcentaje adecuado de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo que debe tener un invernadero durante el proceso de cultivo de los cultivos mencionados en la pregunta 1? Se siembran: tomate, pimiento, pepino, etc. La temperatura debe ser de 20°C a 25°C, la humedad ambiente debe ser de 60% a 70%, y la humedad de suelo debe ser de 60% a 70%.
- ¿Qué tipo de invernadero puede usar una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo diferente? Se puede usar un invernadero con calefacción, refrigeración, etc.
- ¿Qué tipo de cultivo se produce que le permite mantener la temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de un invernadero en Incahuasi? Se siembran: tomate, pimiento, pepino, etc.
- ¿Qué cultivos que una solución de Internet de las cosas permite siempre conectada a Internet para monitorear la humedad del suelo? Se siembran: tomate, pimiento, pepino, etc.

Reserva por su administración

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Exercicios para recolección de información sobre la gestión en instituciones de forma tradicional y apertura de un promedio basado en el nivel de los datos.

Objetivo: Obtener información por parte de los egresados sobre el desarrollo que puede tener un promedio basado en el nivel de los datos (L1) para el desarrollo de instituciones.

Investigador: Jorge Castro, Jonathan David, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.

Consideraciones Generales:
 1. De la salida más detalladamente responder de forma abierta para el caso.
 2. La información será almacenada para fines investigativos.

Nombre del estudiante: Mayra Utrero **Carga:** Asesor
Aldea de Experiencia: Paño **Fecha:** 20/02/2020

- ¿Qué condiciones climáticas, climáticas y de suelo se debe analizar para determinar un cultivo en Incahuasi? Analizar el proceso climático del suelo, la temperatura, la humedad ambiente y la humedad de suelo.
- ¿Qué ventajas de trabajar con agua y la humedad en Incahuasi? Evitar sequías y plagas.
- ¿Cómo controla las condiciones de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de sus cultivos invernadero actualmente? Se hace un control de la temperatura, la humedad ambiente y la humedad de suelo.
- ¿Qué cultivos son los que se siembran y porcentaje adecuado de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo que debe tener un invernadero durante el proceso de cultivo de los cultivos mencionados en la pregunta 1? Se siembran: tomate, pimiento, pepino, etc. La temperatura debe ser de 20°C a 25°C, la humedad ambiente debe ser de 60% a 70%, y la humedad de suelo debe ser de 60% a 70%.
- ¿Qué tipo de invernadero puede usar una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo diferente? Se puede usar un invernadero con calefacción, refrigeración, etc.
- ¿Qué tipo de cultivo se produce que le permite mantener la temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de un invernadero en Incahuasi? Se siembran: tomate, pimiento, pepino, etc.
- ¿Qué cultivos que una solución de Internet de las cosas permite siempre conectada a Internet para monitorear la humedad del suelo? Se siembran: tomate, pimiento, pepino, etc.

Reserva por su administración

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Exercicios para recolección de información sobre la gestión en instituciones de forma tradicional y apertura de un promedio basado en el nivel de los datos.

Objetivo: Obtener información por parte de los egresados sobre el desarrollo que puede tener un promedio basado en el nivel de los datos (L1) para el desarrollo de instituciones.

Investigador: Jorge Castro, Jonathan David, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.

Consideraciones Generales:
 1. De la salida más detalladamente responder de forma abierta para el caso.
 2. La información será almacenada para fines investigativos.

Nombre del estudiante: Diego Binda **Carga:** Asesor
Aldea de Experiencia: Paño **Fecha:** 20/02/2020

- ¿Qué condiciones climáticas, climáticas y de suelo se debe analizar para determinar un cultivo en Incahuasi? Analizar la humedad, el viento, la lluvia, la temperatura, la altitud, la calidad del suelo, la disponibilidad de agua, la disponibilidad de nutrientes, la disponibilidad de luz solar, etc.
- ¿Qué ventajas de trabajar con agua y la humedad en Incahuasi? Evitar sequías y plagas.
- ¿Cómo controla las condiciones de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de sus cultivos invernadero actualmente? Se le hace la forma adecuada para el cultivo de cada una de las plantas, se hace un control de la temperatura, la humedad ambiente y la humedad de suelo.
- ¿Qué cultivos son los que se siembran y porcentaje adecuado de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo que debe tener un invernadero durante el proceso de cultivo de los cultivos mencionados en la pregunta 1? Se siembran: tomate, pimiento, pepino, etc. La temperatura debe ser de 20°C a 25°C, la humedad ambiente debe ser de 60% a 70%, y la humedad de suelo debe ser de 60% a 70%.
- ¿Qué tipo de invernadero puede usar una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo diferente? Se puede usar un invernadero con calefacción, refrigeración, etc.
- ¿Qué tipo de cultivo se produce que le permite mantener la temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de un invernadero en Incahuasi? Se siembran: tomate, pimiento, pepino, etc.
- ¿Qué cultivos que una solución de Internet de las cosas permite siempre conectada a Internet para monitorear la humedad del suelo? Se siembran: tomate, pimiento, pepino, etc.

Reserva por su administración

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Exercicios para recolección de información sobre la gestión en instituciones de forma tradicional y apertura de un promedio basado en el nivel de los datos.

Objetivo: Obtener información por parte de los egresados sobre el desarrollo que puede tener un promedio basado en el nivel de los datos (L1) para el desarrollo de instituciones.

Investigador: Jorge Castro, Jonathan David, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.

Consideraciones Generales:
 1. De la salida más detalladamente responder de forma abierta para el caso.
 2. La información será almacenada para fines investigativos.

Nombre del estudiante: Diego Binda **Carga:** Asesor
Aldea de Experiencia: Paño **Fecha:** 20/02/2020

- ¿Qué condiciones climáticas, climáticas y de suelo se debe analizar para determinar un cultivo en Incahuasi? Analizar el proceso climático del suelo, la temperatura, la humedad ambiente y la humedad de suelo.
- ¿Qué ventajas de trabajar con agua y la humedad en Incahuasi? Evitar sequías y plagas.
- ¿Cómo controla las condiciones de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de sus cultivos invernadero actualmente? Se hace un control de la temperatura, la humedad ambiente y la humedad de suelo.
- ¿Qué cultivos son los que se siembran y porcentaje adecuado de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo que debe tener un invernadero durante el proceso de cultivo de los cultivos mencionados en la pregunta 1? Se siembran: tomate, pimiento, pepino, etc. La temperatura debe ser de 20°C a 25°C, la humedad ambiente debe ser de 60% a 70%, y la humedad de suelo debe ser de 60% a 70%.
- ¿Qué tipo de invernadero puede usar una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo diferente? Se puede usar un invernadero con calefacción, refrigeración, etc.
- ¿Qué tipo de cultivo se produce que le permite mantener la temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de un invernadero en Incahuasi? Se siembran: tomate, pimiento, pepino, etc.
- ¿Qué cultivos que una solución de Internet de las cosas permite siempre conectada a Internet para monitorear la humedad del suelo? Se siembran: tomate, pimiento, pepino, etc.

Reserva por su administración

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Evidencia para recolección de información sobre la gestión en licenciaturas de forma tradicional y opción de un profesor basado en internet de los cursos.

Objetivo: Obtener información por parte de los egresados sobre el beneficio que pueda traer un portafolio basado en internet en las Cotas (CT) para el desarrollo de licenciaturas.

Investigador: Luján Carrón, Jonathan David
Catedrante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato.

Consideraciones Generales:

1. Se le solicita muy amablemente responder de forma abierta para objetivo.
2. La información será recolectada para fines investigativos.

Nombre del entrevistado: Hernán Alvarado Cargo: Asesor
Área de Experiencia: IA Fecha: 20/07/2022

1. ¿Qué condiciones climáticas, ambientales y de salud se debe analizar para comenzar un cultivo en invernadero?
Temperatura ambiente, humedad, luz solar, agua y nutrientes para la planta. También el tipo de suelo y el tipo de planta que se va a cultivar.
2. ¿Qué ventajas de las técnicas agrícolas y los ambientes en invernadero?
Control de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de las plantas.
3. ¿Cómo controla las condiciones de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de sus plantas invernadero automáticamente?
Mediante sensores de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo.
4. ¿Qué datos son los gráficos y porcentaje adecuado de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo que debe tener un invernadero durante el proceso de cultivo de las plantas invernadero en el programa?
Temperatura ambiente de 20°C a 25°C, humedad ambiente de 60% a 70% y humedad de suelo de 60% a 70%.
5. ¿Qué tipo de enfermedades puede tener una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficientes?
Las plantas pueden tener enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.
6. ¿Qué tipo de enfermedades puede tener una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficientes?
Las plantas pueden tener enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.
7. ¿Qué tipo de enfermedades puede tener una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficientes?
Las plantas pueden tener enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.

Director por su colaboración

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Evidencia para recolección de información sobre la gestión en licenciaturas de forma tradicional y opción de un profesor basado en internet de los cursos.

Objetivo: Obtener información por parte de los egresados sobre el beneficio que pueda traer un portafolio basado en internet en las Cotas (CT) para el desarrollo de licenciaturas.

Investigador: Luján Carrón, Jonathan David
Catedrante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato.

Consideraciones Generales:

1. Se le solicita muy amablemente responder de forma abierta para objetivo.
2. La información será recolectada para fines investigativos.

Nombre del entrevistado: Alan Vique Cargo: Asesor
Área de Experiencia: IA Fecha: 20/07/2022

1. ¿Qué condiciones climáticas, ambientales y de salud se debe analizar para comenzar un cultivo en invernadero?
Temperatura ambiente, humedad, luz solar, agua y nutrientes para la planta. También el tipo de suelo y el tipo de planta que se va a cultivar.
2. ¿Qué ventajas de las técnicas agrícolas y los ambientes en invernadero?
Control de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de las plantas.
3. ¿Cómo controla las condiciones de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de sus plantas invernadero automáticamente?
Mediante sensores de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo.
4. ¿Qué datos son los gráficos y porcentaje adecuado de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo que debe tener un invernadero durante el proceso de cultivo de las plantas invernadero en el programa?
Temperatura ambiente de 20°C a 25°C, humedad ambiente de 60% a 70% y humedad de suelo de 60% a 70%.
5. ¿Qué tipo de enfermedades puede tener una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficientes?
Las plantas pueden tener enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.
6. ¿Qué tipo de enfermedades puede tener una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficientes?
Las plantas pueden tener enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.
7. ¿Qué tipo de enfermedades puede tener una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficientes?
Las plantas pueden tener enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.

Director por su colaboración

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Evidencia para recolección de información sobre la gestión en licenciaturas de forma tradicional y opción de un profesor basado en internet de los cursos.

Objetivo: Obtener información por parte de los egresados sobre el beneficio que pueda traer un portafolio basado en internet en las Cotas (CT) para el desarrollo de licenciaturas.

Investigador: Luján Carrón, Jonathan David
Catedrante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato.

Consideraciones Generales:

1. Se le solicita muy amablemente responder de forma abierta para objetivo.
2. La información será recolectada para fines investigativos.

Nombre del entrevistado: Diego Lora Cargo: Asesor
Área de Experiencia: IA Fecha: 20/07/2022

1. ¿Qué condiciones climáticas, ambientales y de salud se debe analizar para comenzar un cultivo en invernadero?
Temperatura ambiente, humedad, luz solar, agua y nutrientes para la planta. También el tipo de suelo y el tipo de planta que se va a cultivar.
2. ¿Qué ventajas de las técnicas agrícolas y los ambientes en invernadero?
Control de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de las plantas.
3. ¿Cómo controla las condiciones de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de sus plantas invernadero automáticamente?
Mediante sensores de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo.
4. ¿Qué datos son los gráficos y porcentaje adecuado de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo que debe tener un invernadero durante el proceso de cultivo de las plantas invernadero en el programa?
Temperatura ambiente de 20°C a 25°C, humedad ambiente de 60% a 70% y humedad de suelo de 60% a 70%.
5. ¿Qué tipo de enfermedades puede tener una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficientes?
Las plantas pueden tener enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.
6. ¿Qué tipo de enfermedades puede tener una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficientes?
Las plantas pueden tener enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.
7. ¿Qué tipo de enfermedades puede tener una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficientes?
Las plantas pueden tener enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.

Director por su colaboración

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Evidencia para recolección de información sobre la gestión en licenciaturas de forma tradicional y opción de un profesor basado en internet de los cursos.

Objetivo: Obtener información por parte de los egresados sobre el beneficio que pueda traer un portafolio basado en internet en las Cotas (CT) para el desarrollo de licenciaturas.

Investigador: Luján Carrón, Jonathan David
Catedrante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato.

Consideraciones Generales:

1. Se le solicita muy amablemente responder de forma abierta para objetivo.
2. La información será recolectada para fines investigativos.

Nombre del entrevistado: Diego Lora Cargo: Asesor
Área de Experiencia: IA Fecha: 20/07/2022

1. ¿Qué condiciones climáticas, ambientales y de salud se debe analizar para comenzar un cultivo en invernadero?
Temperatura ambiente, humedad, luz solar, agua y nutrientes para la planta. También el tipo de suelo y el tipo de planta que se va a cultivar.
2. ¿Qué ventajas de las técnicas agrícolas y los ambientes en invernadero?
Control de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de las plantas.
3. ¿Cómo controla las condiciones de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo de sus plantas invernadero automáticamente?
Mediante sensores de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo.
4. ¿Qué datos son los gráficos y porcentaje adecuado de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo que debe tener un invernadero durante el proceso de cultivo de las plantas invernadero en el programa?
Temperatura ambiente de 20°C a 25°C, humedad ambiente de 60% a 70% y humedad de suelo de 60% a 70%.
5. ¿Qué tipo de enfermedades puede tener una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficientes?
Las plantas pueden tener enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.
6. ¿Qué tipo de enfermedades puede tener una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficientes?
Las plantas pueden tener enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.
7. ¿Qué tipo de enfermedades puede tener una temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo deficientes?
Las plantas pueden tener enfermedades fúngicas, bacterianas y virales.

Director por su colaboración

	Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato
<p>Consideraciones Generales</p> <p>3. Se le solicita muy amablemente responder de forma abierta pero objetiva</p> <p>4. La información aquí recolectada tiene fines investigativos</p>	
<p>Desarrollo</p> <p>Nombre del entrevistado: _____ Cargo: _____</p> <p>Años de Experiencia: _____ Fecha: _____</p> <p>1. ¿Qué consideraciones técnicas, climáticas y de suelo se toman en cuenta para implementar y administrar un invernadero?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>2. ¿Qué condiciones (grados y porcentaje) de humedad de suelo, humedad ambiente y temperatura del tomate, pimiento y pepino son las adecuadas para el proceso del cultivo?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>3. ¿Qué tipos de enfermedades se asocian a los problemas causados por temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo en cultivos de tomate, pimiento y pepino?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>4. ¿De qué manera se realiza el monitoreo y control en los invernaderos en relación con los elementos citados en la pregunta 2?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>5. ¿Conoce sobre la utilidad del internet de cosas (IoT) en el campo agrícola (explique)?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>6. ¿Un prototipo basado en Internet de las cosas (IoT) ayudarían a monitorear temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo en cultivos de tomate, pimiento y pepino en la finca “La Ladera”?</p> <p>_____</p> <p>_____</p> <p>7. ¿Qué tipo de decisiones se verían beneficiadas con las mediciones constantes del prototipo que por medio de un dashboard se muestra los datos de temperatura, humedad ambiente y humedad de suelo en los invernaderos que produzcan tomate, pimiento y pepino?</p>	

8. ¿Cuántos de estos prototipos deberían implementarse en un invernadero para monitorearlo por completo?

Gracias por su colaboración

Anexo 4

Entrevista a ingenieros Agrónomos que trabajan en la finca “La Ladera”

Evidencia de entrevista a ingenieros agrónomos

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Encuesta para recolección de información sobre la gestión en invernaderos de forma práctica y sencilla con equipos sencillos de un agricultor basado en internet de los datos.

Nombre: _____

Investigador: Cristian Rodríguez del Centro de Investigación Agrícola y Ambiental, con apoyo del Laboratorio de Invernaderos de la UCE, y del Laboratorio de Invernaderos de la UCE, y del Laboratorio de Invernaderos de la UCE.

Objetivo: Obtener información del estado de gestión en invernaderos con equipos sencillos de un agricultor basado en internet de los datos.

Justificación: En la actualidad existe un crecimiento constante de la agricultura por internet.

Nombre del entrevistado: Manuel Burbules

Área de Experiencia: Manejo de invernaderos

- ¿Qué consideraciones técnicas, climáticas y de salud de las plantas son las más importantes y atendidas en invernaderos?
Temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.
- ¿Qué consideraciones técnicas y climáticas de humedad de agua, humedad ambiente y temperatura del invernadero, plantas y plantas son las más importantes para el cultivo de las plantas?
Temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.
- ¿Qué tipo de sensores se utilizan en los invernaderos para monitorear la humedad ambiente y humedad de agua en cultivos de plantas, animales y personas?
Sensores de temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.
- ¿Qué tipo de sensores se utilizan en los invernaderos para monitorear la humedad ambiente y humedad de agua en cultivos de plantas, animales y personas?
Sensores de temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.
- ¿Qué tipo de sensores se utilizan en los invernaderos para monitorear la humedad ambiente y humedad de agua en cultivos de plantas, animales y personas?
Sensores de temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.
- ¿Qué tipo de sensores se utilizan en los invernaderos para monitorear la humedad ambiente y humedad de agua en cultivos de plantas, animales y personas?
Sensores de temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.
- ¿Qué tipo de sensores se utilizan en los invernaderos para monitorear la humedad ambiente y humedad de agua en cultivos de plantas, animales y personas?
Sensores de temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.

Pontificia Universidad Católica del Ecuador

Encuesta para recolección de información sobre la gestión en invernaderos de forma práctica y sencilla con equipos sencillos de un agricultor basado en internet de los datos.

Nombre: _____

Investigador: Cristian Rodríguez del Centro de Investigación Agrícola y Ambiental, con apoyo del Laboratorio de Invernaderos de la UCE, y del Laboratorio de Invernaderos de la UCE, y del Laboratorio de Invernaderos de la UCE.

Objetivo: Obtener información del estado de gestión en invernaderos con equipos sencillos de un agricultor basado en internet de los datos.

Justificación: En la actualidad existe un crecimiento constante de la agricultura por internet.


Nombre del entrevistado: Ulises Chua

Área de Experiencia: Manejo de invernaderos

- ¿Qué consideraciones técnicas, climáticas y de salud de las plantas son las más importantes y atendidas en invernaderos?
Temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.
- ¿Qué consideraciones técnicas y climáticas de humedad de agua, humedad ambiente y temperatura del invernadero, plantas y plantas son las más importantes para el cultivo de las plantas?
Temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.
- ¿Qué tipo de sensores se utilizan en los invernaderos para monitorear la humedad ambiente y humedad de agua en cultivos de plantas, animales y personas?
Sensores de temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.
- ¿Qué tipo de sensores se utilizan en los invernaderos para monitorear la humedad ambiente y humedad de agua en cultivos de plantas, animales y personas?
Sensores de temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.
- ¿Qué tipo de sensores se utilizan en los invernaderos para monitorear la humedad ambiente y humedad de agua en cultivos de plantas, animales y personas?
Sensores de temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.
- ¿Qué tipo de sensores se utilizan en los invernaderos para monitorear la humedad ambiente y humedad de agua en cultivos de plantas, animales y personas?
Sensores de temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.
- ¿Qué tipo de sensores se utilizan en los invernaderos para monitorear la humedad ambiente y humedad de agua en cultivos de plantas, animales y personas?
Sensores de temperatura, humedad, luz, agua, nutrientes, plagas y enfermedades.

Anexo 5

Modelo de entrevista a ingenieros agrónomos y agricultores para la planificación y análisis de la fase 1 de la metodología.

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador	
Entrevista para recolectar información para las historias de usuario	
Objetivo	Obtener información por parte de los <u>agricultores seleccionados</u> sobre la instalación, acceso y monitoreo del prototipo basado en internet de las cosas
Investigador	Lluga Carrión Jonathan David Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato
Consideraciones Generales	
<ul style="list-style-type: none"> 5. Se le solicita muy amablemente responder de forma abierta pero objetiva 6. La información aquí recolectada tiene fines investigativos 	

Desarrollo**Nombre del entrevistado:** _____ **Cargo:****Fecha:** _____

1. ¿De qué manera consideraría útil la instalación del prototipo de monitoreo en su invernadero?

2. ¿Para la configuración del prototipo a través de internet, de qué manera le gustaría acceder?

3. ¿Para el monitoreo del invernadero, de qué manera prefiere que se presenten los datos en tiempo real?

4. ¿De qué manera prefiere que se muestre los datos históricos del monitoreo de invernaderos?

Gracias por su colaboración



Entrevista para recolectar información para las historias de usuario

Objetivo	Obtener información por parte del <u>ingeniero seleccionado</u> sobre la instalación, acceso y monitoreo del prototipo basado en internet de las cosas
Investigador	Lluga Carrión Jonathan David Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato

Consideraciones Generales

7. Se le solicita muy amablemente responder de forma abierta pero objetiva
8. La información aquí recolectada tiene fines investigativos

Desarrollo

Nombre del entrevistado: _____ **Cargo:** _____

Fecha: _____

1. ¿Como sugiere instalar el prototipo en un invernadero, cuál es la condición técnica ideal para la instalación del prototipo en invernadero?

2. ¿Para la configuración del prototipo a través de internet, de qué manera sería conveniente el acceso?

3. ¿Cómo sería conveniente que se presente los datos del monitoreo en tiempo real?



4. ¿De qué manera sugiere que se muestren los datos históricos del monite?


Gracias por su colaboración


Anexo 6

Evidencia de entrevista a los agricultores e ingenieros agrónomos para completar las historias de usuario de requerimiento del prototipo

Evidencia de la entrevista de la fase 1 de la metodología

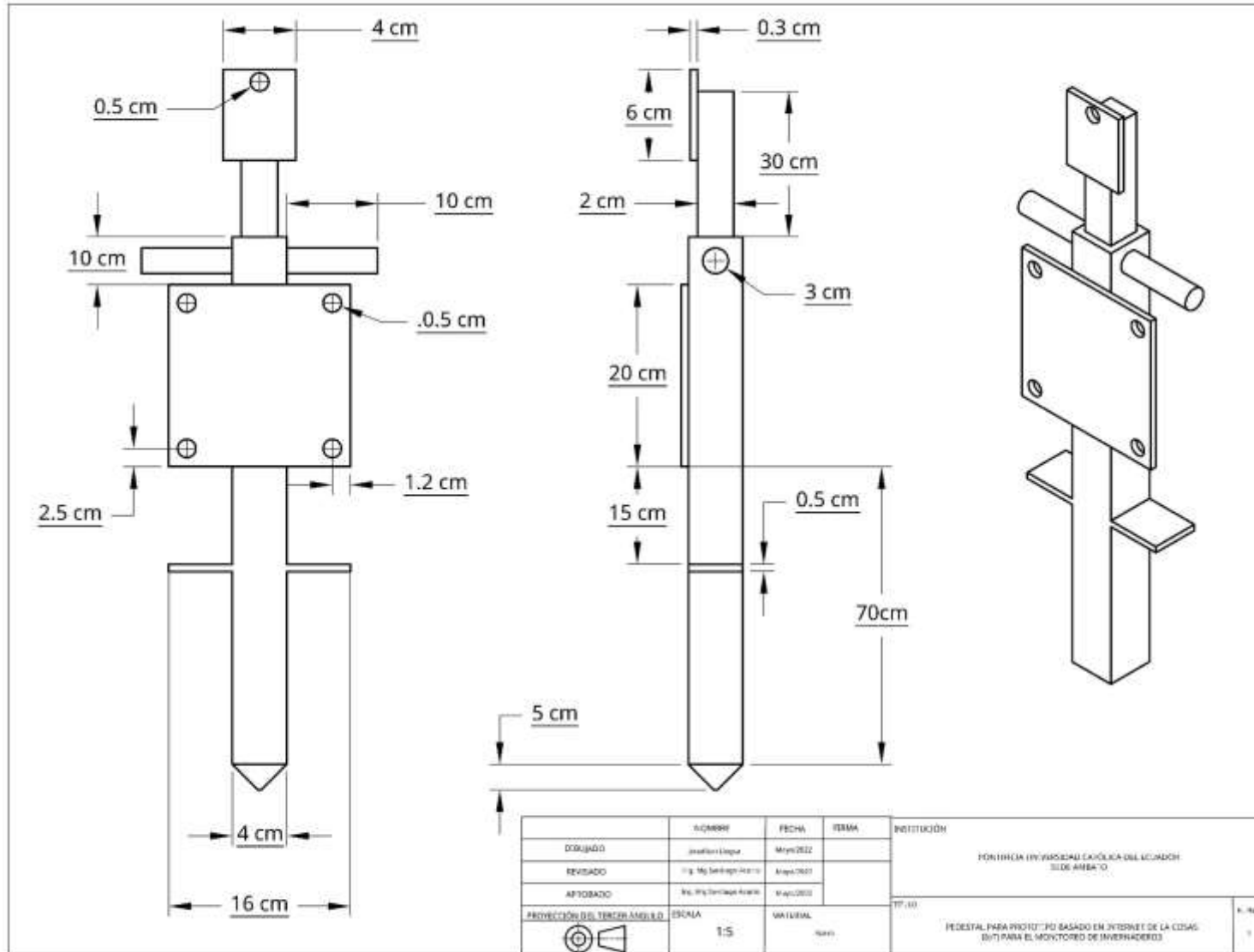
<div style="text-align: center;">  <p>Pontificia Universidad Católica del Ecuador</p> </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">Entrevista para recopilar información para las historias de usuario</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td style="width: 30%;">Objetivo:</td> <td>Obtener información para para un estudio exploratorio sobre la intención, proceso y factores de adopción de un prototipo de un sistema de riego.</td> </tr> <tr> <td>Investigador:</td> <td>Luzmila Castro, Jonathan Davis Escuela de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.</td> </tr> </table> <p>Consideraciones Generales</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se le solicita muy amablemente responder de forma abierta pero objetiva. 2. La información será utilizada para fines académicos. <p>Nombre del entrevistado: <u>Alfonso Rodríguez</u> Cargo: <u>Ingeniero</u> Fecha: <u>17/07/2024</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿Cómo le surge la idea de prototipo en su investigación, cuál es la razón de ser para la necesidad del prototipo en su investigación? <u>Surge debido a la falta de respuesta que existe al momento de tener un sistema de riego, ya que se debe tener un sistema de riego que sea eficiente y que sea fácil de usar.</u> 2. ¿Para la configuración del prototipo a través de internet, de qué manera sería conveniente el acceso? <u>Se puede acceder por un navegador web o por un sistema de gestión de información.</u> 3. ¿Cómo sería conveniente que se presenten los datos de resultados en tiempo real? <u>Podría ser a través de un sistema de gestión de información que permita visualizar los datos en tiempo real.</u> 4. ¿De qué manera preferiría que se muestren los datos históricos del prototipo? <u>Se puede mostrar los datos históricos en un gráfico de líneas.</u> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">Basta por su colaboración</p>	Objetivo:	Obtener información para para un estudio exploratorio sobre la intención, proceso y factores de adopción de un prototipo de un sistema de riego.	Investigador:	Luzmila Castro, Jonathan Davis Escuela de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.	<div style="text-align: center;">  <p>Pontificia Universidad Católica del Ecuador</p> </div> <p style="text-align: center; font-size: small;">Entrevista para recopilar información para las historias de usuario</p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: x-small;"> <tr> <td style="width: 30%;">Objetivo:</td> <td>Obtener información por parte de los agricultores interesados sobre la intención, proceso y factores de adopción de un prototipo de un sistema de riego.</td> </tr> <tr> <td>Investigador:</td> <td>Luzmila Castro, Jonathan Davis Escuela de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.</td> </tr> </table> <p>Consideraciones Generales</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Se le solicita muy amablemente responder de forma abierta pero objetiva. 2. La información será utilizada para fines académicos. <p>Nombre del entrevistado: <u>Alfonso Rodríguez</u> Cargo: <u>Ingeniero</u> Fecha: <u>17/07/2024</u></p> <ol style="list-style-type: none"> 1. ¿De qué manera consideraría al momento del prototipo de mostrar en su investigación? <u>Considero que es una herramienta que ayuda a tener una idea de cómo funciona un sistema de riego y que sea fácil de usar.</u> 2. ¿Para la configuración del prototipo a través de internet, de qué manera le gustaría acceder? <u>Considero que sería mejor acceder por un navegador web que por un sistema de gestión de información.</u> 3. ¿Para el momento de mostrar los datos históricos de qué manera le gustaría presentar los datos en tiempo real? <u>Considero que lo mejor sería presentar los datos en tiempo real a través de un sistema de gestión de información que permita visualizar los datos en tiempo real.</u> 4. ¿De qué manera preferiría que se muestren los datos históricos del prototipo de su investigación? <u>A través de un gráfico de líneas que permita visualizar los datos históricos del prototipo de su investigación.</u> <p style="text-align: center; font-size: x-small;">Basta por su colaboración</p>	Objetivo:	Obtener información por parte de los agricultores interesados sobre la intención, proceso y factores de adopción de un prototipo de un sistema de riego.	Investigador:	Luzmila Castro, Jonathan Davis Escuela de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.
Objetivo:	Obtener información para para un estudio exploratorio sobre la intención, proceso y factores de adopción de un prototipo de un sistema de riego.								
Investigador:	Luzmila Castro, Jonathan Davis Escuela de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.								
Objetivo:	Obtener información por parte de los agricultores interesados sobre la intención, proceso y factores de adopción de un prototipo de un sistema de riego.								
Investigador:	Luzmila Castro, Jonathan Davis Escuela de la Facultad de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.								

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador	
Entrevista para recopilar información para las historias de eventos	
Objetivo	Obtener información por parte del <u>aplicado</u> <u>aplicados</u> sobre la instalación, acceso y monitoreo del prototipo <u>basado en Internet</u> de las cosas.
Investigador	Lugar: <u>Centro Jonathan Daza</u> Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede <u>Ambato</u>
Consideraciones Generales 3. Se le solicita muy amablemente responder de forma abierta pero directa. 4. La información aquí recabada tiene fines investigativos.	
Desarrollo	
Nombre del entrevistado: <u>WALTER JIMENEZ</u> Cargo: <u>Asesorador</u> Fecha: <u>20/07/2022</u>	
1. ¿Cómo sugiere instalar el prototipo en un invernadero, cuál es la condición técnica ideal para la instalación del prototipo en invernadero? <u>Se necesita una red eléctrica para alimentar los sensores, internet, así como un lugar que esté protegido de la lluvia y el viento.</u>	
2. ¿Para la configuración del prototipo a través de internet, de qué manera será conveniente el acceso? <u>Una red eléctrica que le pueda alimentar de los sensores, y también tener un computador.</u>	
3. ¿Cómo se le conveniente que se presenten los datos de monitoreo en tiempo real? <u>Podría ser en un sitio de monitoreo que permita a simple vista ver los datos de monitoreo.</u>	
4. ¿De qué manera sugiere que se muestren los datos históricos del monitoreo? <u>Podría tener un computador que almacene los datos y los muestre.</u>	
Gracias por su colaboración.	

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador	
Entrevista para recopilar información para las historias de eventos	
Objetivo	Obtener información por parte de los <u>aplicados</u> <u>aplicados</u> sobre la instalación, acceso y monitoreo del prototipo <u>basado en Internet</u> de las cosas.
Investigador	Lugar: <u>Centro Jonathan Daza</u> Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede <u>Ambato</u>
Consideraciones Generales 1. Se le solicita muy amablemente responder de forma abierta pero directa. 2. La información aquí recabada tiene fines investigativos.	
Desarrollo	
Nombre del entrevistado: <u>ALDO TORO</u> Cargo: <u>Asesorador</u> Fecha: <u>20/07/2022</u>	
1. ¿De qué manera consideraría el la instalación del prototipo de monitoreo en su invernadero? <u>Se podría utilizar una red de computadores que permita tener acceso a internet, y también tener un computador que pueda almacenar los datos de monitoreo.</u>	
2. ¿Para la configuración del prototipo a través de internet, de qué manera le gustaría acceder? <u>Se podría acceder por una red de computadores que permita tener acceso a internet.</u>	
3. ¿Para el monitoreo del invernadero, de qué manera prefiere que se presenten los datos en tiempo real? <u>Se podría en un sitio de monitoreo que permita tener acceso a internet.</u>	
4. ¿De qué manera prefiere que se muestren los datos históricos del monitoreo de invernadero? <u>Se podría en un sitio de monitoreo que permita tener acceso a internet.</u>	
Gracias por su colaboración.	

Anexo 7

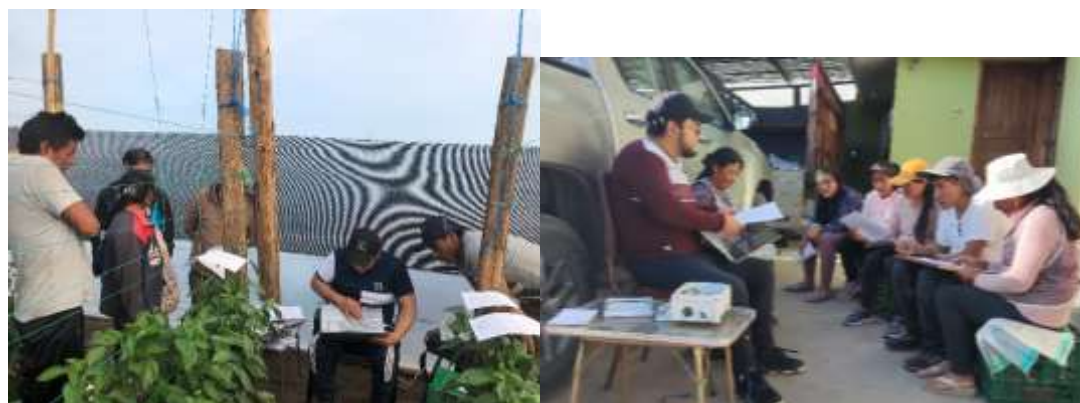
Plano de pedestal para módulo emisor del proyecto



Anexo 8

Evidencia de la capacitación a los agricultores

Evidencias





Anexo 9

Pruebas de funcionamiento en campo con los agricultores

Evidencias









Anexo 10

Manual de operación y mantenimiento

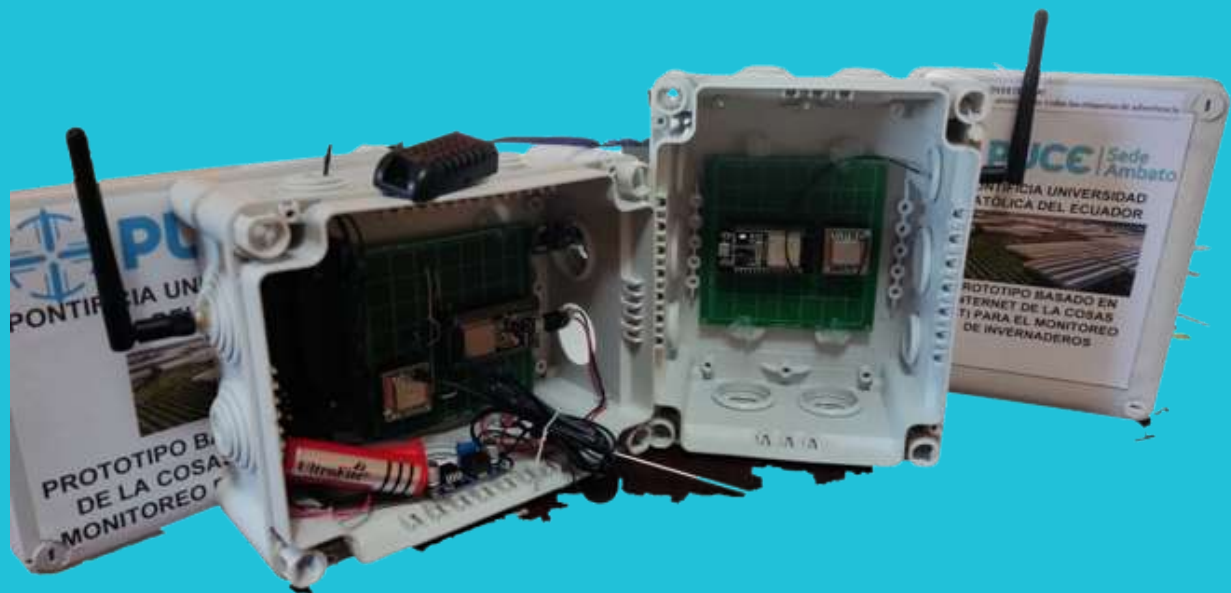


Pontificia Universidad
Católica del Ecuador | Sede
Ambato

PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LA COSAS (IoT) PARA EL MONITOREO DE INVERNADEROS

Manual de Operación y Mantenimiento

Mayo 2022



CONTENIDO

1	Introducción	3
2	Objetivo del manual	3
3	¿A quién va dirigido?	3
4	Sistema de monitoreo	3
5	Importancia	3
6	Símbolos y Advertencias de seguridad.....	4
6.1	Símbolos de seguridad.....	4
6.2	Advertencias de seguridad	4
7	Descripción de componentes.....	5
7.1	Módulo receptor	5
7.2	Módulo Emisor	5
8	Línea de Visión	7
9	Instalación del módulo receptor	8
10	Instalación del módulo emisor y sensores.....	9
11	Mantenimiento	12
11.1	Mantenimiento físico general.....	12
11.2	Módulo Receptor.....	13
11.3	Módulo emisor.....	13
11.3.1	Cuidados de componente de temperatura y humedad relativa.....	13
11.3.2	Cuidados del componente de Humedad de suelo	13
11.3.3	Baterías	13
11.3	Aplicación.....	14

1 Introducción

El presente manual de operación y mantenimiento tiene como propósito establecer una guía clara de cómo instalar el prototipo con los conceptos básicos y se detalla cada uno de los componentes que son parte de los módulos, detalladas de forma ordenada las operaciones que se realizan durante su funcionamiento.

Es importante resaltar, este documento está sujeto a actualizaciones conforme pase el tiempo, se presentan variantes en las acciones de los módulos, con el fin de cuidar su vigencia operativa.

El prototipo busca que mediante la aplicación de la teoría y los conceptos del Internet de las Cosas (IoT) y las Tecnologías de la Información y Comunicación (TIC), encontrar explicaciones a situaciones de conocimiento que indican en el sector agrícola de un invernadero, es importante saber el trabajo que realiza el prototipo que es para monitorear humedad relativa (HR), temperatura y humedad de suelo, así Mediante este prototipo se mejoran los procesos y acortar costos.

2 Objetivo del manual

Dar a conocer cómo se opera y se mantiene el prototipo IoT para el monitoreo de invernaderos

3 ¿A quién va dirigido?

Los agricultores son los principales protagonistas de la propuesta de este prototipo, personas que trabajan en el campo agrícola de los invernaderos que producen tomate riñón, pimiento y pepino

4 Sistema de monitoreo

Un sistema de monitoreo es un instrumento de gestión que sirve para recoger información sobre el desempeño que se tiene de un producto de esa forma tomar decisiones y mejorar la calidad del producto, este sistema está ligado principalmente a procesos de planificación y presupuestación, la información oportuna y veraz sobre los diferentes ámbitos a los que sea enfocado, en este caso para analizar la temperatura, HR, humedad de suelo de una sección de invernadero.

5 Importancia

Proporcionar los datos adecuados para planificar y elaborar estrategias que sirvan para mejorar la calidad de las plantas de tomate riñón, pimiento y pepino.

6 Símbolos y Advertencias de seguridad

6.1 Símbolos de seguridad

Este manual compone de cuadros de información que indican precaución y seguridad




Este símbolo indica información de seguridad importante, si no se toma en cuenta los daños ocasionados son graves.





Este símbolo da a conocer información de importancia, si no se toma en cuenta se ocasionan daños irreparables

6.2 Advertencias de seguridad

Al instalar el prototipo, se conoce que compone de 3 partes en las cuales existen riesgos, antes de usarlos se recibe capacitación para conocer los que hace el prototipo.

 **¡ADVERTENCIA!**
La instalación incorrecta de los módulos receptor y/o emisor puede ocasionar lesiones serias. Lea atentamente las instrucciones del manual de operación y mantenimiento sobre los pasos adecuados a seguir.

 **¡ADVERTENCIA!**
Nunca deje los módulos emisor y receptor al alcance de los niños o mascotas. Puede ocasionar daños graves

 **¡ADVERTENCIA!**
Nunca presione los sensores. En caso de daños acudir a un servicio técnico electrónico para corregir los errores





 **¡ADVERTENCIA!**
Sólo el personal calificado debe manipular la placa dentro de la caja en caso de daño acudir a servicio técnico.

 **¡ADVERTENCIA!**
Lea atentamente todas las etiquetas de advertencia que están en el módulo.

7 Descripción de componentes








7.1 Módulo receptor

Este módulo cumple con la función de recibir los datos a más de 300 metros, es decir, este sería ubicado en una zona donde tenga cobertura a internet y electricidad de 3.3 voltios a 5 voltios, los datos se envían por medio de radiofrecuencia desde el módulo emisor que está en el invernadero, el módulo receptor tiene los siguientes componentes:

Componente	Imagen	Descripción
ESP32		Este componente, se encarga de almacenar los datos recibidos, conectarse a internet y enviar los datos a la aplicación en PC y/o celular
Chip de radio frecuencia LoRa (RFM95)		Este componente cumple la función de recibir los datos que son enviados desde el módulo emisor que está en el invernadero
Antena IPEX		La antena cumple la función que emitir ondas de radio frecuencia, por la cual, se comunican los módulos
Adaptador de alimentación de 5 V		Este componente sirve para conectar eléctricamente el módulo receptor

7.2 Módulo Emisor

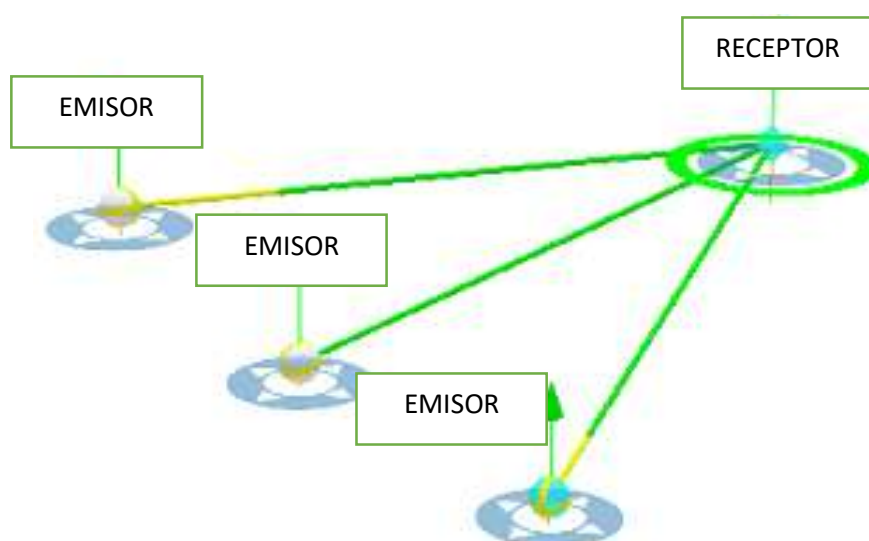
Este módulo cumple la función de recoger los datos de temperatura, humedad relativa (aire) y humedad de suelo del invernadero y los envía por medio de radiofrecuencia hacia el módulo receptor. Los componentes de este módulo son:

Componente	Imagen	Descripción
Sensor de Humedad de Suelo (Higrómetro anticorrosión)		Este componente, se encarga de recoger los porcentajes de humedad de la tierra del invernadero
Sensor de Temperatura y humedad relativa (DHT21)		Este componente, se encarga de recoger los datos de temperatura y humedad relativa
ESP32		Este componente, se encarga de almacenar los datos recogidos del invernadero y conectarse al RFM95 para enviar datos
Chip de radio frecuencia LoRa (RFM95)		Este componente, cumple la función de enviar los datos almacenados en el ESP32
Antena IPEX		La antena, cumple la función que emitir ondas de radio frecuencia, por la cual, se comunican los módulos
Regulador de voltaje (Step Down LM2596)		Este componente, sirve para proporcionar el voltaje adecuado a los componentes de todo el módulo
Baterías recargables 3.7 de voltios		Son la batería que sirve para alimentar eléctricamente a todo el módulo emisor

Interruptor		Este componente es el que permite encender y apagar el módulo emisor
Módulo cargador de baterías		Este componente sirve para cargar las baterías del módulo
Conector de micro USB de 5 voltios 2.5 Amperios		Componente para cargar las baterías

8 Línea de Visión

Antes de la instalación, se recomienda que los módulos tienen que estar en línea de visión para que la transmisión de los datos sea más efectiva, en la siguiente imagen se observa cómo ubicar los módulos en línea de visión, en receptor tiene que estar en la misma dirección que el emisor.



9 Instalación del módulo receptor

Para la instalación del módulo receptor primero hay que tener en cuenta que el lugar donde se lo ubique tenga buena cobertura de internet mediante Wi-Fi y electricidad de 3 a 5 voltios.

Con un destornillador, destapar el módulo para conectar la antena y el adaptador eléctrico



Instale la antena en la parte derecha del módulo, su instalación es fácil simplemente enrosque la antena.



NOTA: La antena debe ser instalada antes de alimentar el módulo eléctricamente, si no se toma en cuenta esta instrucción puede quemar el componente RFM95



Introducir el adaptador eléctrico por el agujero que está en la parte izquierda del módulo como se muestra en la imagen



Una vez conectado, se enciende un led de color rojo, esto indica que el módulo está encendido



10 Instalación del módulo emisor y sensores

Introducir el pedestal en la sección de invernadero que se analiza, desde la punta del pedestal hasta las barras transversales, esta barra funciona como indicador de suficiencia de introducción.



Retirar la tapa con un destornillador



En la parte lateral izquierda se tiene que enroscar la antena

I

NOTA: La antena debe ser instalada antes de alimentar el módulo eléctricamente, si no se toma en cuenta esta instrucción puede quemar el componente RFM95



Se posicionara el módulo en el pedestal con los pernos adecuados de la siguiente manera



Ajustar el componente DHT21 (Sensor de Temperatura y HR) en la parte superior del pedestal con su respectivo perno y conectar el adaptador de 3 pines que sale del módulo.



Conectar el adaptador de 2 pines con la sonda en la parte lateral derecha del módulo, extenderlo e introducir en la sección de monitoreo.





Se posiciona las baterías de 3.7 voltios en la caja de almacenamiento que está dentro de módulo



Una vez ubicado todos los elementos descritos anteriormente, en la parte inferior del módulo se encuentra el interruptor



La figura  significa que esta apagado y la figura  que está encendido
Por último, asegúrese que un led de color rojo se encienda en el componente ESP32



11 Mantenimiento

11.1 Mantenimiento físico general

No posicionar objetos encima del módulo emisor y/o receptor

Mover la dirección de la antena solo si es necesario.

Ver que la luz led del componente ESP32 esté siempre parpadeando, esto significa que los módulos están en comunicación.

Se recomienda realizar una inspección periódica para asegurarse que los módulos actúen correctamente.

11.2 Módulo Receptor

El mantenimiento del módulo receptor es libre, no tiene componentes que el usuario no cambie o repare en caso de no ejecutar el mantenimiento general y leer detenidamente las advertencias se recomienda acudir a servicio técnico para hacer un trabajo de electrónica.

11.3 Módulo emisor

11.3.1 Cuidados de componente de temperatura y humedad relativa

No exponer a la luz solar directamente, causa daños debido al mantenimiento del equilibrio químico, dicho equilibrio se degrada en 2 o 3 años.

No aumentar el cable de conexión de forma personal, acudir a servicio técnico.

No ajustar mucho el perno de adaptación en el pedestal del módulo

11.3.2 Cuidados del componente de Humedad de suelo

Este tiene una duración de años con los cuidados necesarios.

La sonda del componente no tiene que ser sumergida más de lo que se indica en los electrodos resistentes anticorrosión.

Al retirar la sonda de la tierra, asegúrese que el módulo esté apagado para no tener alguna irregularidad en los datos de la aplicación.

No sumergir completamente la sonda en agua.

11.3.3 Baterías

En esta versión las baterías se cargan cada 5 días durante 2 horas el proceso es el siguiente:

Hay que sacar las baterías de la caja de adaptación del módulo emisor y ponerlas en la caja del módulo de carga, conectar el adaptador de alimentación eléctrica micro USB.



La luz led de color rojo indica que está en proceso de carga



La luz de color azul indica que la carga esta completa



Una vez que la luz led de color azul se encienda retirar las baterías, no dejarlas conectadas, causa daños en las baterías.

Se toma en cuenta las indicaciones de mantenimiento de este módulo y el mantenimiento general, en caso de ocurrir un percance con algún componente se acude a servicio técnico para hacer un trabajo de electrónica.

11.1 Aplicación

Ingresar a <https://blynk.io> e ingresar con la cuenta que se le asignó en la capacitación.

La aplicación *Blynk* en su pantalla celular o computadora se muestra el nombre del invernadero que monitoree.






En la aplicación usted vea los datos reales de temperatura y humedad relativa y humedad de suelo de su invernadero la visualización de los datos y notificaciones se explica en la capacitación.

Anexo 11

Matriz de prueba de usuario

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato		PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LA COSAS (IoT) PARA EL MONITOREO DE INVERNADEROS			Fecha:	
		Elaborado por: Jonathan David Lluga Carrión, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato			Versión: 1	
TEST DE USUARIO						
1. Objetivo del prototipo: Monitorear mediciones y análisis de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo de una sección de un invernadero mediante Internet de las cosas (IoT)	Tareas	Cumplió la tarea Correctamente SI/No	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Aspectos por mejorar	Aspectos que le sorprendieron
	Tarea 1: Validación de la estructura física del prototipo en campo		<ul style="list-style-type: none"> • Formato innovador • Material • Tamaño • Instalación del prototipo • Alimentación eléctrica 			
	Tarea 2: Validación del módulo receptor de mediciones		<ul style="list-style-type: none"> • Formato innovador • Material • Tamaño • Instalación del prototipo • Alimentación eléctrica 			
2. Descripción de la temática Comprender las ventajas y utilidad del prototipo y la aplicación	Tarea 3: Revisión accesos y funcionalidad de la aplicación en celular y computadora		<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de acceso • Facilidad de uso • Información disponible • Medición de Humedad relativa 			

desarrollados para un invernadero			<ul style="list-style-type: none"> • Medición de humedad de suelo • Medición de temperatura • Existencia de datos históricos 			
3. Usuario						
Nombre:	Tarea 5: Verificación de la coherencia de las mediciones registradas por el sensor		<ul style="list-style-type: none"> • Mediciones con rangos válidos • Datos de fácil lectura • Datos de fácil interpretación 			
Edad:						
Profesión:	Tarea 6: Revisión de la adaptabilidad del prototipo en campo en diferentes secciones de invernadero		<ul style="list-style-type: none"> • Facilidad de movilidad • Facilidad de instalación • Facilidad de encendido del sensor • Funcionamiento estable 			
Qué relación tienen con el prototipo:						

Anexo 12

Matrices de prueba de usuario completas por los agricultores


Evidencias

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay TEST DE USUARIO		PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LA CIGAS (v1) PARA EL MONITORIO DE INVERNADESOS Elaborado por: Jonathan David López Carrón, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.				Fecha: 01-04-2023 Versión: 1
Objetivo del prototipo	Tareas	Cumplió la tarea (Caracterización SI/No)	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Aspectos por mejorar	Aspectos que le sorprendieron
1. Objetivo del prototipo: Medir las mediciones y análisis de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo de un invernadero mediante Internet de las cosas (IoT).	Tarea 1: Verificación de la estructura física del prototipo en campo.	✓	<input checked="" type="checkbox"/> Formato innovador <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica			Si que utilizar para los invernaderos y así se va a ir mejorando.
	Tarea 2: Verificación del módulo receptor de mediciones.	✓	<input checked="" type="checkbox"/> Formato innovador <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica			
2. Descripción de la familia: Comparar las ventajas y utilidad del prototipo y la aplicación desarrolladas para un invernadero.	Tarea 3: Recorrer acciones y funcionalidad de la aplicación en celular y computadora.	✓	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Información disponible <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad relativa <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad de suelo <input checked="" type="checkbox"/> Medición de temperatura <input checked="" type="checkbox"/> Distancia de datos históricos			Me sorprendió que se pueda utilizar en celular y en computadora.
	Tarea 4: Verificar de la conectividad de los mediciones registradas por el sensor.	✓	<input checked="" type="checkbox"/> Medición con rango amplio <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil lectura <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil interpretación			
3. Usuario: Nombre: Melchor Mejía Edad: 35 Profesión: Agricultor Qué relación tiene con el prototipo: Agricultor	Tarea 5: Respuesta de la accesibilidad del prototipo en campo en diferentes acciones de interacción.	✓	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de instalación <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso de usuarios del sensor <input checked="" type="checkbox"/> Funcionamiento estable			

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay TEST DE USUARIO		PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LA CIGAS (v1) PARA EL MONITORIO DE INVERNADESOS Elaborado por: Jonathan David López Carrón, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.				Fecha: 27/05/2023 Versión: 1
Objetivo del prototipo	Tareas	Cumplió la tarea (Caracterización SI/No)	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Aspectos por mejorar	Aspectos que le sorprendieron
1. Objetivo del prototipo: Medir las mediciones y análisis de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo de un invernadero mediante Internet de las cosas (IoT).	Tarea 1: Verificación de la estructura física del prototipo en campo.	SI	<input checked="" type="checkbox"/> Formato innovador <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica			
	Tarea 2: Verificación del módulo receptor de mediciones.	SI	<input checked="" type="checkbox"/> Formato innovador <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica			
2. Descripción de la familia: Comparar las ventajas y utilidad del prototipo y la aplicación desarrolladas para un invernadero.	Tarea 3: Recorrer acciones y funcionalidad de la aplicación en celular y computadora.	SI	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Información disponible <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad relativa <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad de suelo <input checked="" type="checkbox"/> Medición de temperatura <input checked="" type="checkbox"/> Distancia de datos históricos			Me gusta por que me ayuda a trabajar en el campo.
	Tarea 4: Verificar de la conectividad de los mediciones registradas por el sensor.	SI	<input checked="" type="checkbox"/> Medición con rango amplio <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil lectura <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil interpretación			
3. Usuario: Nombre: Melchor Mejía Edad: 35 Profesión: Agricultor Qué relación tiene con el prototipo: Agricultor	Tarea 5: Respuesta de la accesibilidad del prototipo en campo en diferentes acciones de interacción.	SI	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de instalación <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso de usuarios del sensor <input checked="" type="checkbox"/> Funcionamiento estable			

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay TEST DE USUARIO		PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LA CIGAS (v1) PARA EL MONITORIO DE INVERNADESOS Elaborado por: Jonathan David López Carrón, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.				Fecha: 12 de agosto 2023 Versión: 1
Objetivo del prototipo	Tareas	Cumplió la tarea (Caracterización SI/No)	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Aspectos por mejorar	Aspectos que le sorprendieron
1. Objetivo del prototipo: Medir las mediciones y análisis de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo de un invernadero mediante Internet de las cosas (IoT).	Tarea 1: Verificación de la estructura física del prototipo en campo.	✓	<input checked="" type="checkbox"/> Formato innovador <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica			Me gusta por que me ayuda a trabajar en el campo.
	Tarea 2: Verificación del módulo receptor de mediciones.	✓	<input checked="" type="checkbox"/> Formato innovador <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica			
2. Descripción de la familia: Comparar las ventajas y utilidad del prototipo y la aplicación desarrolladas para un invernadero.	Tarea 3: Recorrer acciones y funcionalidad de la aplicación en celular y computadora.	✓	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Información disponible <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad relativa <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad de suelo <input checked="" type="checkbox"/> Medición de temperatura <input checked="" type="checkbox"/> Distancia de datos históricos			Me gusta por que me ayuda a trabajar en el campo.
	Tarea 4: Verificar de la conectividad de los mediciones registradas por el sensor.	✓	<input checked="" type="checkbox"/> Medición con rango amplio <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil lectura <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil interpretación			
3. Usuario: Nombre: David Edad: 34 Profesión: Agricultor Qué relación tiene con el prototipo: Agricultor	Tarea 5: Respuesta de la accesibilidad del prototipo en campo en diferentes acciones de interacción.	✓	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de instalación <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso de usuarios del sensor <input checked="" type="checkbox"/> Funcionamiento estable			


 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay TEST DE USUARIO		PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LA CIGAS (v1) PARA EL MONITORIO DE INVERNADESOS Elaborado por: Jonathan David López Carrón, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Azuay.				Fecha: 01-03-2023 Versión: 1
Objetivo del prototipo	Tareas	Cumplió la tarea (Caracterización SI/No)	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Aspectos por mejorar	Aspectos que le sorprendieron
1. Objetivo del prototipo: Medir las mediciones y análisis de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo de un invernadero mediante Internet de las cosas (IoT).	Tarea 1: Verificación de la estructura física del prototipo en campo.	SI	<input checked="" type="checkbox"/> Formato innovador <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica			
	Tarea 2: Verificación del módulo receptor de mediciones.	SI	<input checked="" type="checkbox"/> Formato innovador <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica			
2. Descripción de la familia: Comparar las ventajas y utilidad del prototipo y la aplicación desarrolladas para un invernadero.	Tarea 3: Recorrer acciones y funcionalidad de la aplicación en celular y computadora.	SI	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Información disponible <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad relativa <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad de suelo <input checked="" type="checkbox"/> Medición de temperatura <input checked="" type="checkbox"/> Distancia de datos históricos			Me gusta por que me ayuda a trabajar en el campo.
	Tarea 4: Verificar de la conectividad de los mediciones registradas por el sensor.	SI	<input checked="" type="checkbox"/> Medición con rango amplio <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil lectura <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil interpretación			
3. Usuario: Nombre: David Edad: 34 Profesión: Agricultor Qué relación tiene con el prototipo: Agricultor	Tarea 5: Respuesta de la accesibilidad del prototipo en campo en diferentes acciones de interacción.	SI	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de instalación <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso de usuarios del sensor <input checked="" type="checkbox"/> Funcionamiento estable			


 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato		PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS (IoT) PARA EL MONITOREO DE INVERNADEROS			Fecha: 24-05-2022	
TEST DE USUARIO		Elaborado por: Jonathan David Luján Carrón, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato			Versión: 1	
Objetivo del prototipo	Tareas	Cumplió la tarea Correctamente Si/No	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Aspectos por mejorar	Aspectos que le sorprendieron
1. Objetivo del prototipo: Monitorear mediciones y análisis de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo de una sección de un invernadero mediante internet de las cosas (IoT)	Tarea 1: Validación de la estructura física del prototipo en campo	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Formato invernadero <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica	// //	// //	// //
	Tarea 2: Validación del módulo receptor de mediciones	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Formato invernadero <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica	// //	// //	// //
2. Descripción de la temática: Comprender las ventajas y utilidad del prototipo y la aplicación desarrollada para un invernadero	Tarea 3: Recibir acceso y funcionalidad de la aplicación en celular y computadora	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Información disponible <input checked="" type="checkbox"/> Medición de Humedad relativa <input checked="" type="checkbox"/> Medición de Humedad de suelo <input checked="" type="checkbox"/> Medición de temperatura <input checked="" type="checkbox"/> Distancia de datos históricos	// //	// //	// //
	Tarea 4: Verificación de la coherencia de las mediciones registradas por el sensor	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Mediciones con rangos válidos <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil lectura <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil interpretación	// //	// //	// //
3. Usuario: Nombre: <i>José Riquelme</i> Edad: 25 Profesión: <i>agente de seguridad</i> Qué relación tienen con el prototipo: <i>alumno</i>	Tarea 5: Revisión de la adaptabilidad del prototipo en campos en diferentes secciones de invernadero	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de movilidad <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de instalación <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso al sensor <input checked="" type="checkbox"/> Funcionamiento estable	// //	// //	// //

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato		PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS (IoT) PARA EL MONITOREO DE INVERNADEROS			Fecha: 27-05-2022	
TEST DE USUARIO		Elaborado por: Jonathan David Luján Carrón, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato			Versión: 1	
Objetivo del prototipo	Tareas	Cumplió la tarea Correctamente Si/No	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Aspectos por mejorar	Aspectos que le sorprendieron
1. Objetivo del prototipo: Monitorear mediciones y análisis de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo de una sección de un invernadero mediante internet de las cosas (IoT)	Tarea 1: Validación de la estructura física del prototipo en campo	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Formato invernadero <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica	// //	// //	// //
	Tarea 2: Validación del módulo receptor de mediciones	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Formato invernadero <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica	// //	// //	// //
2. Descripción de la temática: Comprender las ventajas y utilidad del prototipo y la aplicación desarrollada para un invernadero	Tarea 3: Recibir acceso y funcionalidad de la aplicación en celular y computadora	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Información disponible <input checked="" type="checkbox"/> Medición de Humedad relativa <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad de suelo <input checked="" type="checkbox"/> Medición de temperatura <input checked="" type="checkbox"/> Distancia de datos históricos	// //	// //	// //
	Tarea 4: Verificación de la coherencia de las mediciones registradas por el sensor	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Mediciones con rangos válidos <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil lectura <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil interpretación	// //	// //	// //
3. Usuario: Nombre: <i>Armando Rojas</i> Edad: 22 Profesión: <i>Agente de seguridad</i> Qué relación tienen con el prototipo: <i>alumno</i>	Tarea 5: Revisión de la adaptabilidad del prototipo en campos en diferentes secciones de invernadero	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de movilidad <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de instalación <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso al sensor <input checked="" type="checkbox"/> Funcionamiento estable	// //	// //	// //

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato		PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS (IoT) PARA EL MONITOREO DE INVERNADEROS			Fecha: 22-05-2022	
TEST DE USUARIO		Elaborado por: Jonathan David Luján Carrón, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato			Versión: 1	
Objetivo del prototipo	Tareas	Cumplió la tarea Correctamente Si/No	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Aspectos por mejorar	Aspectos que le sorprendieron
1. Objetivo del prototipo: Monitorear mediciones y análisis de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo de una sección de un invernadero mediante internet de las cosas (IoT)	Tarea 1: Validación de la estructura física del prototipo en campo	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Formato invernadero <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica	// //	// //	// //
	Tarea 2: Validación del módulo receptor de mediciones	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Formato invernadero <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica	// //	// //	// //
2. Descripción de la temática: Comprender las ventajas y utilidad del prototipo y la aplicación desarrollada para un invernadero	Tarea 3: Recibir acceso y funcionalidad de la aplicación en celular y computadora	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Información disponible <input checked="" type="checkbox"/> Medición de Humedad relativa <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad de suelo <input checked="" type="checkbox"/> Medición de temperatura <input checked="" type="checkbox"/> Distancia de datos históricos	// //	// //	// //
	Tarea 4: Verificación de la coherencia de las mediciones registradas por el sensor	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Mediciones con rangos válidos <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil lectura <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil interpretación	// //	// //	// //
3. Usuario: Nombre: <i>Diego Roldán</i> Edad: 40 años Profesión: <i>Trabajador en agricultura</i> Qué relación tienen con el prototipo: <i>alumno</i>	Tarea 5: Revisión de la adaptabilidad del prototipo en campos en diferentes secciones de invernadero	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de movilidad <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de instalación <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso al sensor <input checked="" type="checkbox"/> Funcionamiento estable	// //	// //	// //

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato		PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LAS COSAS (IoT) PARA EL MONITOREO DE INVERNADEROS			Fecha: 26-05-2022	
TEST DE USUARIO		Elaborado por: Jonathan David Luján Carrón, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato			Versión: 1	
Objetivo del prototipo	Tareas	Cumplió la tarea Correctamente Si/No	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Aspectos por mejorar	Aspectos que le sorprendieron
1. Objetivo del prototipo: Monitorear mediciones y análisis de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo de una sección de un invernadero mediante internet de las cosas (IoT)	Tarea 1: Validación de la estructura física del prototipo en campo	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Formato invernadero <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica	// //	// //	// //
	Tarea 2: Validación del módulo receptor de mediciones	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Formato invernadero <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica	// //	// //	// //
2. Descripción de la temática: Comprender las ventajas y utilidad del prototipo y la aplicación desarrollada para un invernadero	Tarea 3: Recibir acceso y funcionalidad de la aplicación en celular y computadora	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Información disponible <input checked="" type="checkbox"/> Medición de Humedad relativa <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad de suelo <input checked="" type="checkbox"/> Medición de temperatura <input checked="" type="checkbox"/> Distancia de datos históricos	// //	// //	// //
	Tarea 4: Verificación de la coherencia de las mediciones registradas por el sensor	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Mediciones con rangos válidos <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil lectura <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil interpretación	// //	// //	// //
3. Usuario: Nombre: <i>Henry Rojas</i> Edad: 28 años Profesión: <i>Agente de seguridad</i> Qué relación tienen con el prototipo: <i>alumno</i>	Tarea 5: Revisión de la adaptabilidad del prototipo en campos en diferentes secciones de invernadero	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de movilidad <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de instalación <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso al sensor <input checked="" type="checkbox"/> Funcionamiento estable	// //	// //	// //

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato		PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LA COSAS (IoT) PARA EL MONITOREO DE INVERNADEROS		Fecha: <u>27-05-2022</u> Versión: 1		
TEST DE USUARIO		Elaborado por: Jonathan David Lugo Carrón, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato		Versión: 1		
1. Objetivo del prototipo:	Tareas	Cumplió la tarea correctamente (Si/No)	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Aspectos que se mejoran	Aspectos que le sorprendieron
1. Objetivo del prototipo: Monitorear mediciones y análisis de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo de una sección de un invernadero mediante internet de las cosas (IoT)	Tarea 1: Validación de la estructura física del prototipo en campo	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Formato innovador <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica	Dificultad de acceso	Muy Bueno	Muy Bueno
	Tarea 2: Validación del módulo receptor de mediciones	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Formato innovador <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica	Dificultad de acceso	Bueno	Bueno
2. Descripción de la temática: Comprender las ventajas y utilidad del prototipo y la aplicación desarrollada para un invernadero	Tarea 3: Recibir acceso y funcionalidad de la aplicación en celular y computadora	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Información disponible <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad relativa <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad de suelo <input checked="" type="checkbox"/> Medición de temperatura <input checked="" type="checkbox"/> Existencia de datos históricos	Dificultad de acceso	Muy Bueno	Muy Bueno
	Tarea 4: Verificación de la coherencia de las mediciones registradas por el sensor	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Mediciones con rangos válidos <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil lectura <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil interpretación	Dificultad de acceso	Muy Bueno	Muy Bueno
3. Usario: Nombre: <u>Jonathan Lugo Carrón</u> Edad: <u>55</u> Profesión: <u>Ingeniero</u> Qué relación tiene con el prototipo: <u>Elaborador</u>	Tarea 5: Recibir de la aplicabilidad del prototipo en campo en diferentes secciones de invernadero	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de movilidad <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de instalación <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso del sensor <input checked="" type="checkbox"/> Funcionamiento estable	Dificultad de acceso	Bueno	Bueno

 Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato		PROTOTIPO BASADO EN INTERNET DE LA COSAS (IoT) PARA EL MONITOREO DE INVERNADEROS		Fecha: <u>24 de Mayo 2022</u> Versión: 1		
TEST DE USUARIO		Elaborado por: Jonathan David Lugo Carrón, Estudiante de la Escuela de Ingeniería de Sistemas de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Ambato		Versión: 1		
1. Objetivo del prototipo:	Tareas	Cumplió la tarea correctamente (Si/No)	Aspectos positivos	Aspectos negativos	Aspectos que se mejoran	Aspectos que le sorprendieron
1. Objetivo del prototipo: Monitorear mediciones y análisis de la temperatura, humedad relativa y humedad de suelo de una sección de un invernadero mediante internet de las cosas (IoT)	Tarea 1: Validación de la estructura física del prototipo en campo	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Formato innovador <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica	Dificultad de acceso	Muy Bueno	Muy Bueno
	Tarea 2: Validación del módulo receptor de mediciones	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Formato innovador <input checked="" type="checkbox"/> Material <input checked="" type="checkbox"/> Tamaño <input checked="" type="checkbox"/> Instalación del prototipo <input checked="" type="checkbox"/> Alimentación eléctrica	Dificultad de acceso	Bueno	Bueno
2. Descripción de la temática: Comprender las ventajas y utilidad del prototipo y la aplicación desarrollada para un invernadero	Tarea 3: Recibir acceso y funcionalidad de la aplicación en celular y computadora	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de uso <input checked="" type="checkbox"/> Información disponible <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad relativa <input checked="" type="checkbox"/> Medición de humedad de suelo <input checked="" type="checkbox"/> Medición de temperatura <input checked="" type="checkbox"/> Existencia de datos históricos	Dificultad de acceso	Muy Bueno	Muy Bueno
	Tarea 4: Verificación de la coherencia de las mediciones registradas por el sensor	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Mediciones con rangos válidos <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil lectura <input checked="" type="checkbox"/> Datos de fácil interpretación	Dificultad de acceso	Muy Bueno	Muy Bueno
3. Usario: Nombre: <u>Jonathan Lugo Carrón</u> Edad: <u>40</u> Profesión: <u>Ingeniero</u> Qué relación tiene con el prototipo: <u>Elaborador</u>	Tarea 5: Recibir de la aplicabilidad del prototipo en campo en diferentes secciones de invernadero	Si	<input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de movilidad <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de instalación <input checked="" type="checkbox"/> Facilidad de acceso del sensor <input checked="" type="checkbox"/> Funcionamiento estable	Dificultad de acceso	Bueno	Bueno