



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS
CARRERA TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN

Tema:

**RED INALÁMBRICA CON DISPOSITIVOS LORAWAN PARA EL CONTROL DE
LA HUMEDAD EN SEMBRÍOS DE PITAHAYA ROJA (HYLOCEREUS UNDATUS).
CASO ESTUDIO FINCA CATAGUA.**

AUTORES:

JOSSELYN STEFANY MACÍAS PICO

DAYANA LISSETH VILLAMAR PILOSO

2022



UNIVERSIDAD LAICA ELOY ALFARO DE MANABÍ
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA Y TECNOLOGÍAS
CARRERA TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN

**RED INALÁMBRICA CON DISPOSITIVOS LORAWAN PARA EL CONTROL DE
LA HUMEDAD EN SEMBRÍOS DE PITAHAYA ROJA (HYLOCEREUS UNDATUS).
CASO DE ESTUDIO FINCA CATAGUA.**

Trabajo de titulación presentado en conformidad con los requisitos establecidos para optar por el título de Ingeniero en Tecnología de la Información.

Director:

Ing. Sendón Varela Juan Carlos, Mg.

Autores:

Macías Pico Josselyn Stefany

Villamar Piloso Dayana Lisseth

2022

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DIRECTOR

En calidad de docente director de la Facultad de Ciencias Informáticas de la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), declaro:

Haber dirigido y revisado el trabajo de titulación, bajo la autoría de los estudiantes Macías Pico Josselyn Stefany, Villamar Piloso Dayana Lisseth, legalmente matriculado/a en la carrera de Tecnología de la Información, período académico 2023(1), cumpliendo el total de 384 horas, bajo la opción de titulación de Proyecto Integrador, cuyo tema del proyecto es “RED INALÁMBRICA CON DISPOSITIVOS LORAWAN PARA EL CONTROL DE LA HUMEDAD EN SEMBRÍOS DE PITAHAYA ROJA (HYLOCEREUS UNDATUS). CASO DE ESTUDIO FINCA CATAGUA”.

La presente investigación ha sido desarrollada en apego al cumplimiento de los requisitos académicos exigidos por el Reglamento de Régimen Académico y en concordancia con los lineamientos internos de la opción de titulación en mención, reuniendo y cumpliendo con los méritos académicos, científicos y formales, suficientes para ser sometida a la evaluación del tribunal de titulación que designe la autoridad competente.

Particular que certifico para los fines consiguientes, salvo disposición de Ley en contrario.

Docente director.

Ing. Sendón Varela Juan Carlos, Mg.

Área: Infraestructura y Seguridad.

TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.**Título Proyecto Integrador.**

“RED INALÁMBRICA CON DISPOSITIVOS LORAWAN PARA EL CONTROL DE LA HUMEDAD EN SEMBRÍOS DE PITAHAYA ROJA (HYLOCEREUS UNDATUS). CASO DE ESTUDIO FINCA CATAGUA.”

TRIBUNAL EXAMINADOR QUE DECLARA APROBADO EL GRADO DE INGENIEROS EN
TECNOLOGÍA DE LA INFORMACIÓN DE:

Macías Pico Josselyn Stefany

Villamar Piloso Dayana Lisseth

Ing. Viviana García Macías, Mg. _____

Ing. Willian Zamora Mero, Mg. _____

Ing. Edison Almeida Zambrano, Mg. _____

Manta, 30 de agosto del 2023.

DECLARACIÓN DE AUTORÍA.

Nosotras, Macías Pico Josselyn Stefany con cédula de ciudadanía 1350696397 y Villamar Piloso Dayana Lisseth con cédula de ciudadanía 1314844406; en calidad de autores del trabajo de titulación “RED INALÁMBRICA CON DISPOSITIVOS LORAWAN PARA EL CONTROL DE LA HUMEDAD EN SEMBRÍOS DE PITAHAYA ROJA (HYLOCEREUS UNDATUS). CASO DE ESTUDIO FINCA CATAGUA”, autorizamos a la Universidad Laica Eloy Alfaro de Manabí (ULEAM), hacer uso total o parcial de este trabajo de titulación del que somos responsables, con fines estrictamente académicos o investigativos.

Lo declara,

Macías Pico Josselyn Stefany

Cédula: 1350696397

Correo: e1350696397@live.uleam.edu.ec

Villamar Piloso Dayana Lisseth

Cédula: 1314844406

Correo: e1314844406@live.uleam.edu.ec

AGRADECIMIENTOS.

DEDICATORIAS.

RESUMEN.

El presente proyecto de titulación presenta una “Red inalámbrica con dispositivos LoRaWAN para el control de la humedad en sembríos de pitahaya roja (*hylocereus undatus*). Caso de estudio Finca Catagua”. El objetivo principal es monitorear el exceso de humedad en los sembríos de pitahaya, optimizando la producción y facilitando la toma de decisiones informadas por el personal encargado. Esta supervisión se lleva a cabo mediante la comunicación inalámbrica LoRa entre dos dispositivos: el emisor y el receptor.

El dispositivo emisor se encarga de recopilar datos de humedad del suelo mediante sensores, y luego transmite esos datos al dispositivo receptor utilizando la tecnología LoRa, la cual permite una distancia de comunicación máxima de hasta 5km. Una vez recibidos, los datos son enviados a la plataforma Firebase para su almacenamiento y posterior análisis. Estos datos se presentan de manera accesible a través de un sitio web, mediante gráficos y tablas, permitiendo el acceso mediante autenticación desde cualquier parte del mundo.

Para llevar a cabo este proyecto, se adoptaron dos enfoques metodológicos distintos: uno para la implementación de la infraestructura de red y otro para el desarrollo de software. Para la infraestructura de red, se utilizó la metodología "Top Down". En cuanto al desarrollo de software, se optó por la metodología Kanban debido a su flexibilidad.

La planificación y ejecución del proyecto se basó en información recopilada a través de entrevistas, encuestas y observaciones en el campo. Además, las pruebas realizadas demostraron el logro de los objetivos, debido a que la red de monitoreo implementada contribuyó a la optimización de la producción agrícola en los cultivos de pitahaya.

Palabras claves: LoRaWAN, *Hylocereus Undatus*, Top-Down, frecuencia.

ABSTRACT.

The present qualification project presents a “Wireless Network with LoRaWAN devices for the control of moisture in red pitahaya seedlings (*hylocereus undatus*). Case study Finca Catagua”. The main objective is to monitor excess moisture in pitahaya seedlings, optimizing production and facilitating informed decision-making by the staff in charge. This monitoring is carried out by means of LoRa wireless communication between two devices: the transmitter and the receiver.

The transmitter is responsible for collecting soil moisture data using sensors, and then transmits that data to the receiving device using LoRa technology, which allows a maximum communication distance of up to 5km. Once received, the data is sent to the Firebase platform for storage and further analysis. This data is presented in an accessible way through a website, using graphs and tables, allowing access by authentication from anywhere in the world.

To carry out this project, two distinct methodological approaches were adopted: one for the implementation of the network infrastructure and another for software development. For network infrastructure, the "Top Down" methodology was used. As for software development, the Kanban methodology was chosen because of its flexibility.

The planning and implementation of the project was based on information collected through interviews, surveys and field observations. In addition, the tests carried out demonstrated the achievement of the targets, because the monitoring network implemented contributed to the optimization of agricultural production in pitahaya crops.

Keywords: LoRaWAN, *Hylocereus Undatus*, Top-Down, frequency.

ÍNDICE DE CONTENIDO

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DIRECTOR	I
TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN.....	II
DECLARACIÓN DE AUTORÍA.....	III
AGRADECIMIENTOS.....	IV
DEDICATORIAS.....	V
RESUMEN.....	VI
ABSTRACT.....	VII
ÍNDICE DE CONTENIDO	1
ÍNDICE DE TABLAS.....	5
ÍNDICE DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES.....	7
CAPÍTULO I.....	12
INTRODUCCIÓN	12
1.1. INTRODUCCIÓN.....	12
1.2. PRESENTACIÓN DEL TEMA.....	14
1.3. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA	14
1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	14
1.4.1. <i>PROBLEMATIZACIÓN</i>	14
1.4.2. <i>GÉNESIS DEL PROBLEMA</i>	15
1.4.3. <i>ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA</i>	16
1.5. DIAGRAMA ISHIKAWA DEL PROBLEMA.....	17
1.6. OBJETIVOS	22
1.6.1. <i>OBJETIVO GENERAL</i>	22
1.6.2. <i>OBJETIVOS ESPECÍFICOS</i>	22
1.7. JUSTIFICACIÓN	22
1.8. IMPACTOS ESPERADOS	24
1.8.1. <i>IMPACTO TECNOLÓGICO</i>	24
1.8.2. <i>IMPACTO SOCIAL</i>	24
1.8.3. <i>IMPACTO ECOLÓGICO</i>	24
CAPÍTULO II.....	26
MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.....	26
2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS	26
2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIONES RELACIONADAS	27
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	37
2.3.1. <i>PITAHAYA</i>	37

2.3.2. <i>INTERNET DE LAS COSAS (IOT)</i>	40
2.3.2.1. RED DE COMUNICACIONES UTILIZADAS PARA IOT	42
2.3.2.2. PLATAFORMA DE IOT	55
2.3.2.3. SENsoRES Y ACTUADORES.....	61
2.3.2.4. APlicACIONES WEB.....	67
2.3. CONCLUSIONES.....	77
CAPITULO III.....	79
MARCO INVESTIGATIVO	79
3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	79
3.1.1 <i>INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA</i>	79
3.1.2 <i>INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL</i>	80
3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	80
3.2.1 <i>MÉTODO CUANTITATIVO</i>	80
3.2.3 <i>MÉTODO CUALITATIVO</i>	80
3.3 FUENTE DE INFORMACIÓN DE DATOS.....	81
3.3.3 <i>FUENTES PRIMARIAS</i>	81
3.3.4 <i>FUENTES SECUNDARIAS</i>	82
3.4 MECANISMOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS	82
3.4.1 <i>SEGMENTACION</i>	82
3.4.2 <i>POBLACIÓN</i>	83
3.4.3 <i>TÉCNICA DE MUESTREO</i>	83
3.4.3.1 <i>TIPOS DE TÉCNICAS</i>	83
3.4.4 <i>TAMAÑO DE LA MUESTRA</i>	85
3.5 HERRAMIENTAS DE RECOPILACIÓN DE DATOS	86
3.5.1 <i>ENTREVISTA</i>	86
3.5.2 <i>ENCUESTA</i>	87
3.5.3 <i>OBSERVACIÓN</i>	88
3.6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS	88
3.6.1 <i>OBSERVACIÓN DE CAMPO</i>	89
3.6.2 <i>ENTREVISTA</i>	91
3.6.3 <i>ENCUESTA</i>	94
CAPITULO IV	102
MARCO PROPOSITIVO	102
4.1. INTRODUCCIÓN.....	102
4.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA	102
4.2.1. <i>OBJETIVO</i>	103
4.2.2. <i>ALCANCE</i>	104
4.2.3. <i>BENEFICIO</i>	105
4.2.4. <i>DETERMINACIÓN DE RECURSOS</i>	106

4.2.4.1. <i>RECURSOS HUMANOS</i>	106
4.2.4.2. <i>RECURSOS TECNOLÓGICOS</i>	107
4.2.4.3. <i>RECURSOS ECONÓMICOS (PRESUPUESTO)</i>	107
4.3. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA	109
4.3.1. <i>RED DE COMUNICACIONES</i>	112
4.3.1.1. FUNCIONAMIENTO DE LORA / LORAWAN.....	113
4.3.1.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO PARA LA INFRAESTRUCTURA DE RED.	114
4.3.2. <i>PLATAFORMA DE IOT</i>	116
4.3.3. <i>SENSORES / ACTUADORES</i>	118
4.3.3.1. HELTEC WIFI LORA 32 V2	119
4.3.3.2. SENSOR YL-69 Y HD-38	120
4.3.4. <i>APLICACIONES WEB</i>	121
4.3.4.1. FRONTEND.....	122
4.3.4.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO KANBAN	124
4.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE LA PROPUESTA	126
4.4.1. <i>RED DE COMUNICACIONES</i>	126
4.4.1.1. FASE I: ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.....	127
4.4.1.2. FASE II: DESARROLLO DEL DISEÑO LÓGICO.....	128
4.4.1.3. FASE III: DESARROLLO DE DISEÑO FÍSICO.	130
4.4.1.4. FASE IV: CONFIGURACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN.	133
4.4.1.5. FASE V: IMPLEMENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED PARA EL MONITOREO.....	137
4.4.2. <i>PLATAFORMA DE IOT</i>	142
4.4.2.1. PASO 1: CREACIÓN DE PROYECTO	142
4.4.2.2. PASO 2: AGREGUE FIREBASE A SU APLICACIÓN	143
4.4.2.3. PASO 3: AÑADIR LA AUTENTICACIÓN.	144
4.4.2.4. PASO 4: CONFIGURAR REALTIME FIREBASE.....	144
4.4.2.5. PASO 5: CONFIGURAR HOSTING.....	145
4.4.2.6. PASO 6: CONFIGURAR SU APLICACIÓN WEB CON FIREBASE.....	145
4.4.3. <i>SENSORES / ACTUADORES</i>	146
4.4.3.1. LUGAR DE UBICACIÓN DEL EMISOR.	146
4.4.3.2. LUGAR DE UBICACIÓN DE LOS SENSORES	147
4.4.3.3. LUGAR DE UBICACIÓN DEL MÓDULO RECEPTOR.....	149
4.4.4. <i>APLICACIÓN WEB</i>	150
4.4.4.1. FASE I: SELECCIÓN DE REQUISITOS.....	151
4.4.4.2. FASE II: DIAGRAMA DE CASOS DE USO	154
4.4.4.3. FASE III: DISEÑO DE ARQUITECTURA.....	164
4.4.4.4. FASE IV: HISTORIAS DE USUARIO.....	166
4.4.4.5. FASE V: DESARROLLO EN KANBAN	169

CAPITULO V	179
EVALUACIÓN DE RESULTADOS.....	179
5.1. INTRODUCCIÓN.....	179
5.2. PRESENTACIÓN Y MONITOREO DE RESULTADOS	180
5.2.1. <i>DISTANCIA DE ENLACE Y COBERTURA.....</i>	180
5.2.2. <i>PRUEBAS DE LA IMPLEMENTACIÓN.....</i>	182
5.2.2.1. PRUEBA CON ABUNDANTE HUMEDAD	182
5.2.2.2. PRUEBA CON HUMEDAD MEDIA.....	183
5.2.2.3. PRUEBA CON HUMEDAD EN CERO.....	183
5.2.2.4. PRUEBAS DESDE EL SISTEMA	184
5.3. INTERPRETACIÓN OBJETIVA	185
5.3.1. <i>VARIABILIDAD DE LA HUMEDAD.....</i>	185
5.3.2. <i>EFICIENCIA Y PRECISIÓN DE LOS DATOS</i>	188
5.3.3. <i>CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS.....</i>	189
CAPITULO VI	192
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	192
6.1. CONCLUSIONES.....	192
6.2. RECOMENDACIONES	194
BIBLIOGRAFÍA	195
ANEXOS.....	204
GLOSARIO	211

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Diferencias entre Wi-Fi y LoRa / LoRaWAN	50
Tabla 2: Tabla comparativa de metodologías de implementación de red	54
Tabla 3: Comparación de las plataformas de IoT más usadas	59
Tabla 4: Comparación entre las placas de Arduino y ESP32	64
Tabla 5: Comparación entre HD-38 y YL-69.....	66
Tabla 6: Comparación entre bases de datos.....	72
Tabla 7: Comparación entre las metodologías de desarrollo	76
Tabla 8: Comparación de muestreo probabilístico y no probabilístico.....	85
Tabla 9: Descripción de las técnicas de encuesta.....	87
Tabla 10: Entrevista realizada al dueño de la Finca Catagua.	91
Tabla 11: Datos importantes cuantitativos.....	92
Tabla 12: Entrevista a el encargado de la finca "Los Chokolytos"	93
Tabla 13: Sitio en el que se ubica el sembrío de pitahaya.	95
Tabla 14: Conocimiento acerca de la humedad en los sembríos.	95
Tabla 15: Factores que influyen en la producción de pitahaya.....	96
Tabla 16: Frecuencia de riego en los cultivos.	97
Tabla 17: De acuerdo con la afectación de la humedad en la pitahaya.	98
Tabla 18: Frecuencia de pérdida de cosecha	99
Tabla 19: Sistema que monitorice y controle el riego.	99
Tabla 20: Implementar una red de control de humedad.	100
Tabla 21: Recursos humanos.....	106
Tabla 22: Recursos Tecnológicos.....	107
Tabla 23: Costos para el desarrollo del proyecto.	108
Tabla 24: Proforma de compra de dispositivos.	108
Tabla 25: Pines de pantalla OLED y LoRa.	119
Tabla 26: Pines de conexión entre sensor y módulo.	120
Tabla 27: Requisitos funcionales.....	152
Tabla 28: Requisitos no funcionales.....	153
Tabla 29: Historias de usuario para el sistema.....	167

Tabla 30: Perímetro por área 181

ÍNDICE DE GRÁFICOS E ILUSTRACIONES

Figura 1: Exportaciones de Pitahaya en Ecuador	15
Figura 2: Diagrama Ishikawa.....	17
Figura 3: Impactos ecológicos positivos.	25
Figura 4: Exportaciones de pitahaya a Asia, Europa y Estados Unidos.....	26
Figura 5: Arquitectura de una propuesta tecnológica.	28
Figura 6: Arquitectura de desarrollo del diseño de la implementación.	32
Figura 7: Pitahaya roja.	37
Figura 8: Riegos más comunes en los sembríos de pitahaya.	39
Figura 9: Arquitectura visual de IoT.....	41
Figura 10: Funcionamiento de LoRa y LoRaWAN en el modelo OSIS.	44
Figura 11: Arquitectura de red LoRaWAN.	47
Figura 12: Fase de Top-Down.....	52
Figura 13: Arduino MKR WAN 1300.	62
Figura 14: Módulo ESP32 LoRa SX1276.....	63
Figura 15: Sensor de humedad YL-69.	65
Figura 16: HD-38 HIGRÓMETRO.	66
Figura 17: Frontend y Backend.	68
Figura 18: Metodología Kanban.	74
Figura 19: Valores de la metodología Scrum.	75
Figura 20: Sembríos de pitahaya en Santa Ana.....	89
Figura 21: Cultivos de pitahaya en Los Bajos del pechiche.	89
Figura 22: Cultivos de Pitahaya en la finca "Los Chokolytos"	90
Figura 23: Conocimiento acerca de la humedad en los sembríos.	95
Figura 24: Frecuencia de riego en los cultivos.	97
Figura 25: De acuerdo con la afectación de la humedad en la pitahaya.....	98
Figura 26: Frecuencia de pérdida de cosecha.	99
Figura 27: Sistema que monitorice y controle el riego.	100
Figura 28: Implementar una red de control de humedad.	101
Figura 29: Arquitectura de IoT.....	109

Figura 30: Arquitectura general de la propuesta.	110
Figura 31: Proceso de la propuesta mediante el modelo OSI.	111
Figura 32: LoRa como conexión entre módulos.	113
Figura 33: Fases de metodología Top Down.	114
Figura 34: Áreas divididas en la Finca Catagua.	115
Figura 35: Procesos y herramientas de Firebase.	117
Figura 36: Estructura de los datos almacenados.	117
Figura 37: Pines del módulo Heltec Wifi LoRa 32 V2.	120
Figura 38: Arquitectura de la aplicación web.	121
Figura 39: Proceso que realizará el sistema de visualización.	124
Figura 40: Tablero de Kanban.	125
Figura 41: Medidas de la zona en la "Finca Catagua".	127
Figura 42: Diseño de red del emisor.	128
Figura 43: Diseño de red del receptor.	129
Figura 44: Diseño de red completa.	129
Figura 45: Desarrollo de topología del dispositivo emisor.	130
Figura 46: Desarrollo de la topología del dispositivo receptor.	131
Figura 47: Diseño físico completo de emisor y receptor.	132
Figura 48: Conexión de sensores al módulo ESP32.	133
Figura 49: Sección de código del emisor.	134
Figura 50: Datos de los sensores en OLED.	134
Figura 51: Envío de datos por medio de Lora.	135
Figura 52: Configuración del módulo receptor mediante código de Arduino.	136
Figura 53: Inicio de LoRa y nombre del sitio web.	136
Figura 54: Datos en firebase.	137
Figura 55: Almacenamiento y cubierta de la red.	138
Figura 56: Verificación de conexión entre dispositivos.	138
Figura 57: Ubicación general de los sensores.	139
Figura 58: Verificación de los datos recolectados.	140
Figura 59: Prueba de conexión entre ambos módulos.	140

Figura 60: Datos almacenados en Firebase.	141
Figura 61: Creación de proyecto de firebase.	142
Figura 62: Aplicación web en Firebase.	143
Figura 63: Autenticación de usuario.	144
Figura 64: Reglas de Firebase.	144
Figura 65: Hosting de Frebase.	145
Figura 66: Configuración de firebase en la aplicación.	145
Figura 67: Ubicación del dispositivo emisor.	147
Figura 68: Instalación del primer sensor.	147
Figura 69: Instalación del segundo sensor.	148
Figura 70: Instalación del último sensor.	149
Figura 71: Ubicación del módulo receptor.	149
Figura 72: Proceso de las fases de desarrollo.	150
Figura 73: Fase I en curso.	151
Figura 74: Fase I realizada.	154
Figura 75: Fase II en curso.	154
Figura 76: Caso de uso para la autenticación.	155
Figura 77: Inicio se sesión del sistema.	155
Figura 78: Caso de uso para crear usuarios.	156
Figura 79: Desarrollo del caso de uso de usuarios.	157
Figura 80: Caso de uso para visualización de datos.	157
Figura 81: Página de inicio del sistema.	158
Figura 82: Visualización de tablero.	159
Figura 83: Caso de estudio de registro de sensores y alertas.	160
Figura 84: Página de la lista de datos por área.	160
Figura 85: Caso de uso para recibir la alerta de acuerdo el dato recibido.	161
Figura 86: Notificaciones de alertas en el sitio web.	162
Figura 87: Caso de uso de IoT.	162
Figura 88: Visualización de Infraestructura de Red.	163
Figura 89: Fase II realizada.	163

Figura 90: Fase III en curso.	164
Figura 91: Diseño conceptual del proyecto.	165
Figura 92: Diseño lógico del proyecto.	165
Figura 93: Diseño físico del proyecto.	166
Figura 94: Fase III realizada.	166
Figura 95: Fase IV en curso.	167
Figura 96: Fase IV realizada.	168
Figura 97: Fase V en curso.	169
Figura 98: Tablero Trello con cada una de sus tareas.	169
Figura 99: Tablero Trello, tareas pendientes finalizadas.	170
Figura 100: Tablero Trello. Tareas pendientes y en progreso finalizadas.	171
Figura 101: Tablero de Trello, tareas finalizadas.	171
Figura 102: Tabla de las tareas realizadas en kanban.	172
Figura 103: Calendario de las tareas realizadas en Trello.	173
Figura 104: Cronología de las tareas realizadas en Trello.	173
Figura 105: Registrar nuevo usuario.	174
Figura 106: Datos de usuario.	175
Figura 107: Tabla de los datos de humedad almacenados.	176
Figura 108: Tablero de la aplicación web.	176
Figura 109: Diseño adaptativo.	177
Figura 110: Distancia entre emisor y receptor.	181
Figura 111: Alcance de LoRaWAN.	182
Figura 112: Datos de los sensores en OLED.	182
Figura 113: Prueba con humedad media.	183
Figura 114: Prueba con humedad baja.	184
Figura 115: Datos desde el sistema.	184
Figura 116: Alerta fuera de rango.	186
Figura 117: Variaciones de la humedad.	186
Figura 118: Visualización de datos actuales.	188
Figura 119: Datos descargados en excel.	189

Figura 120: Cumplimiento de objetivos..... 190

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. INTRODUCCIÓN

Recientemente, IoT ha demostrado ser una herramienta clave en la agricultura, especialmente cuando se usa junto con redes inalámbricas de baja potencia como LoRaWAN la cual permite la recopilación de datos en tiempo real. El sector agrícola es esencial para satisfacer las necesidades dietéticas globales y las exportaciones de productos agrícolas son significativas en el caso de Ecuador. El control de la humedad es esencial para lograr una producción de pitahaya roja de alta calidad, sin embargo, los desafíos planteados por el cambio climático y la escasez de agua para los agricultores son desalentadores.

El estudio realizado por Aguilar Zavaleta (2020) demuestra como el uso de la tecnología IoT y LoRaWAN en la agricultura peruana ha mejorado el monitoreo y la gestión de los parámetros de producción en los campos. También, se destaca las limitaciones en el seguimiento de los parásitos del suelo, lo que dificulta determinar con precisión el funcionamiento de las cosechas. Los avances tecnológicos han permitido a los propietarios de fincas o cultivos gestionar sus campos y cultivar sus productos de manera más efectiva, segura y rentable.

Al diseñar una red con el módulo LoRa se puede permitir a los agricultores monitorear y administrar de forma remota la humedad del suelo. Además, maximizar el uso del agua de riego, lo que resultaría en prácticas agrícolas más productivas y sostenibles.

Dicho brevemente, se trabajará mediante sensores de humedad de suelo resistivo HD-38 y YL-69, conectados a un módulo “ESP32 LoRa SX1276” y posteriormente enviar los datos a un emisor creado por otro módulo “ESP32 LoRa SX1276, para almacenar y visualizar aquellos resultados a través de un sitio web.

En el capítulo I se define la problemática presentada en diferentes cosechas de pitahaya, la cual debe contar con varios cuidados. Debido a que, es un producto delicado y se puede ocasionar pérdidas si los cultivos no cuentan con los cuidados respectivos. Lo anterior, permitiría determinar cuál será la solución más adecuada para este sector objeto.

En el capítulo II se detallan continuamente los antecedentes históricos e investigaciones relacionadas al tema. Además, las bases teóricas que ayudarán en los capítulos siguientes al desarrollo e implementación del diseño de red.

En el capítulo III se describe la metodología utilizada para llevar a cabo la investigación centrándose en el muestreo no probabilístico por conveniencia, elegido debido a las limitaciones de tiempo y recursos. Además, establece las bases para el análisis y la interpretación de los resultados.

En el capítulo IV se presenta la propuesta de diseño e implementación del proyecto. Se explora en profundidad cada uno de los puntos clave brindando una visión completa de cómo se lleva a cabo la ejecución del proyecto.

En el capítulo V se presentan y analizan los resultados obtenidos después de la implementación del proyecto, se resaltan los resultados más significativos y se establece su contribución al logro de los objetivos generales.

Por último, en el capítulo VI se realiza un análisis completo de los resultados con sus implicaciones, mediante las conclusiones fundamentales en los datos presentados y se proporcionan recomendaciones para futuras acciones.

1.2. PRESENTACIÓN DEL TEMA

RED INALÁMBRICA CON DISPOSITIVOS LORAWAN PARA EL CONTROL DE LA HUMEDAD EN SEMBRÍOS DE PITAHAYA ROJA (*HYLOCEREUS UNDATUS*). CASO DE ESTUDIO FINCA CATAGUA.

1.3. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

La problemática del control de la humedad en los cultivos de pitahaya roja se presenta en diversas regiones del mundo, especialmente en zonas áridas y semiáridas, donde el agua es un recurso limitado y valioso (Taco Melisa, 2022).

Añadiendo a lo anterior, este proyecto se centra en la parroquia “Bajo del Pechiche” del cantón Montecristi en la provincia de Manabí, en donde existe un control inadecuado de la humedad durante el cultivo de pitahaya, lo cual resulta en pérdidas y daños al producto en el sector agrícola.

Desde la perspectiva más general, la pitahaya a diferencia de otras plantas agrícolas tiene un modo de riego diferente. Por tal motivo, el descuido e incomprendición de los procesos que la debida planta, termina siendo perjudicial en el crecimiento de los respectivos productos, afectando en el rendimiento de la productividad, formando plagas y enfermedades que destruyen los cultivos debido al exceso de humedad.

1.4. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

En este punto se mostrará el planteamiento del problema para esto se estructura en tres partes: problematización en el que se detallará la formulación del problema, génesis del problema en el que se describe la causa inicial del problema y cómo ha evolucionado a lo largo del tiempo, por último, se encuentra el estado actual del problema.

1.4.1. PROBLEMATIZACIÓN

La pitahaya roja (*Hylocereus undatus*) es un cultivo tropical que ha adquirido una gran importancia en los últimos años, debido a su alta demanda en el mercado. Sin embargo, el control de la humedad del suelo es crucial para obtener una buena producción y calidad del fruto, lo que representa un desafío para los agricultores, a causa de, las condiciones climáticas cambiantes y las limitaciones de recursos como es el caso del agua (Montesinos et. al., 2015).

Mediante una entrevista realizada al administrador y encargado de dos de las fincas en Montecristi, como lo es la “Finca Catagua” y la finca “Los Chokolytos” se concluyó que, entre los problemas actuales de los cultivos de pitahaya se encuentra un déficit en el monitoreo de la humedad. Tomando en cuenta que, entre diciembre-mayo debido a las lluvias existe una mayor humedad, mientras que, entre junio-noviembre hay mayor sequía. Además, esto se debe a la escasez de instrumentos tecnológicos que ayuden a verificar la producción de manera virtual, sin necesidad de estar en una zona específica.

Basándose en las dificultades encontradas para el control de humedad de la zona establecida, mediante las encuestas realizadas se define el problema a tratarse “**Falta de control de humedad en los cultivos de pitahaya roja (*Hylocereus Undatus*)**”.

1.4.2. GÉNESIS DEL PROBLEMA

A nivel mundial existe la dedicación al cultivo de pitahaya, como por ejemplo en Vietnam un país asiático donde se encuentran uno de los proveedores y comercializadores con más demanda en el mundo, teniendo a China como su socio comercial principal. Sin embargo, en los últimos años en América, se encuentra Ecuador que sobresale teniendo un desenvolvimiento comercial importante dentro de los mercados de Estados Unidos y Europa (Ministerio de Desarrollo, 2020).

Figura 1

Exportaciones de Pitahaya en Ecuador.



Nota. Adaptado de *Exportaciones de Pitahaya* (p. 36), de Ministerio, 2020, Fuente (Ministerio de Desarrollo, 2020).

En la Figura 1 se muestra un gráfico de barras acerca de las exportaciones de Pitahaya en el Ecuador desde el año 2015 al 2020. En la gráfica las barras azules representan el volumen de toneladas el cual comienza desde 292 toneladas hasta 11,842, en las barras rojas se percibe un crecimiento en valor desde 2,807 US \$ en 2015 a 54,159 US \$ en 2020. Además, mediante la línea verde se muestra un seguimiento de los precios por kg, desde el año 2015 al 2020, en el que se puede notar que disminuyeron notablemente.

Cabe recalcar que, con la gran demanda de pitahaya que existe en Ecuador y debido a las grandes producciones que ya se han cultivado, es necesario utilizar un control en el riego. Por lo que, el exceso de humedad produce que las raíces se pudran y conlleve a un daño total de la planta. Es por esto por lo que, dicha producción requiere de una temperatura determinada entre 18 a 25 °C y una humedad relativa entre 50% a 60% para obtener un mayor beneficio (Ramos Muñoz, 2019).

1.4.3. ESTADO ACTUAL DEL PROBLEMA

El propietario de la “Finca Catagua” la cual está ubicada en la ciudad de Montecristi en “Los Bajos del Pechiche” afirmó en una reciente entrevista, que la humedad y la temperatura son factores críticos que afectan negativamente a sus cultivos de pitahaya. Según estimaciones, estas condiciones adversas resultan en la pérdida de aproximadamente el 60% de los revestimientos. Por lo tanto, para minimizar las pérdidas y garantizar la

producción de manera exitosa, está claro que deben tomarse medidas para gestionar el control de la humedad y la temperatura en las plantaciones de pitahaya.

Por lo tanto, debido a un déficit tecnológico y a la falta de herramientas adecuadas para medir la humedad del suelo, existe un impacto negativo en la calidad de los cultivos de pitahaya de esta zona. Además, debido a un riego inapropiado, esto resulta en pérdidas significativas.

Las consecuencias de esta falta de control en la humedad de la “Finca Catagua” son significativas, afectando la rentabilidad del área total como la calidad de los cultivos de pitahaya. Además, la falta de información precisa sobre la humedad o los cambios climáticos del suelo y el ambiente impiden una gestión adecuada del riego, lo que a su vez limita el desarrollo óptimo de las plantas y disminuye la calidad de sus frutos. Por lo tanto, esto tiene un impacto negativo en la demanda de los productos, tanto a nivel local como en las operaciones de importación y exportación.

1.5. DIAGRAMA ISHIKAWA DEL PROBLEMA

Figura 2

Diagrama Ishikawa.



Fuente. Propia.

De acuerdo con la Figura 2 en la que se muestra el problema principal “**Falta de control de humedad en los cultivos de pitahaya roja (*Hylocereus Undatus*)**”, se muestran algunas causas del problema las cuales se dividen en categorías más amplias, como factores climáticos y ambientales, tecnología y recursos insuficientes, condiciones del cultivo e impacto en la calidad y mercado.

Añadiendo a lo anterior, en la Figura 2 se observa que cada una de las causas generales cuentan con sus causas específicas que contribuyen al problema principal, estas son:

Factores climáticos y ambientales:

- Existen cambios estacionales en humedad y sequía.
- Temperaturas extremas que contribuyen la humedad del suelo.

Tecnología y recursos ineficientes:

- Escasez de recursos hídricos.
- Falta de instrumentos tecnológicos para el monitoreo.

Condiciones de cultivo:

- Exceso de humedad en el suelo.
- Riego inapropiado que se realiza actualmente en dichos cultivos.

Impacto en la calidad y mercado:

- Pérdida de rentabilidad y calidad de los cultivos.
- Reducción de la demanda y problemas de exportación.

Según Catsensors (2019) se dice que “El futuro de la agricultura está en la monitorización de datos en tiempo real, los equipos de detección en el campo y el análisis de datos a largo plazo”. Es decir, los dispositivos compatibles con LoRa pueden manejar una amplia gama de situaciones agrícolas inteligentes, desde el seguimiento del ganado en

movimiento en un campo grande, hasta el monitoreo de la humedad del suelo. Además, en comparación con otros dispositivos de IoT agrícolas, las tecnologías basadas en LoRa ofrecen una vida útil más larga de la batería y una mayor transmisión de datos a precios comparables.

A continuación, se muestran algunas alternativas de solución que puedan favorecer a los sembríos de pitahaya para minimizar o finalizar el problema.

Alternativa de solución 1: está basada en configurar estaciones de base Wi-Fi en puntos estratégicos dentro de un sembrío, la cual busca asegurar una cobertura adecuada de la red inalámbrica. Esto implica colocar puntos de acceso o enrutadores Wi-Fi en lugares estratégicos del sembrío para garantizar que haya una señal fuerte y estable en todas las áreas importantes (Chichande Marin & Mena Sellán, 2017).

Para implementar esta alternativa es necesario considerar el alcance y la potencia de los dispositivos Wi-Fi utilizados. Se recomienda utilizar:

- **Enrutadores o puntos de acceso:** con una potencia de transmisión de al menos 200 mW para lograr un alcance suficiente en un entorno al aire libre y que admitan el estándar 802.11n o superior para aprovechar velocidades de conexión más rápidas.
- **Antenas direccionales** para maximizar la cobertura y el rendimiento, están diseñadas para enfocar la señal en una dirección específica, lo que ayuda a evitar interferencias y mejorar el rendimiento en áreas específicas del sembrío.

Alternativa de solución 2: está basada en establecer estaciones meteorológicas estratégicamente ubicadas a lo largo de la producción, están equipadas con una variedad de sensores y dispositivos de medición para capturar datos precisos y en tiempo real. Estos datos se recopilan y se envían a un centro de control o una base de datos central, donde se procesan y analizan. Dependiendo de los requisitos del sistema, los datos pueden ser accesibles a través de una interfaz gráfica, informes automatizados o integraciones con otros

sistemas. Estas estaciones recopilan datos meteorológicos importantes, como temperatura, humedad, velocidad y dirección del viento, presión atmosférica, precipitación y radiación solar, entre otros (Ureña Elizondo, 2011).

Para implementar esta alternativa es necesario considerar lo siguiente:

- **Alcance:** se puede tomar decisiones informadas y anticipar posibles riesgos relacionados con el clima que puedan afectar la producción.
- **Potencia:** son alimentadas por fuentes de energía renovable, como paneles solares y turbinas eólicas, para garantizar un suministro continuo de energía.
- **Dispositivos necesarios:**
 - **Sensores meteorológicos:** son sensores que capturan datos como temperatura, humedad, presión atmosférica, entre otros...
 - **Unidad de control:** recopila y procesa los datos recolectados.
 - **Transmisión de datos:** debe contar con una forma de transmitir los datos recopilados a un centro de control o a una base de datos.
 - **Fuente de energía:** esto puede incluir paneles solares, turbinas eólicas o baterías recargables.

Alternativa de solución 3: se basa en una red de sensores de humedad del suelo en la que los sensores se colocan en diferentes ubicaciones dentro de los sembríos para medir el contenido de humedad en el suelo. Estos sensores están equipados con módulos de comunicación LoRaWAN, que les permiten enviar los datos de humedad del suelo a través de la red. Es ideal para implementar una red de sensores de humedad del suelo en áreas extensas, como fincas agrícolas, ya que permite la transmisión de datos a larga distancia con eficiencia energética (Moncada Bohorquez, 2021).

Para implementar esta alternativa es necesario considerar lo siguiente:

- **Potencia:** se destaca por su eficiencia energética. Los dispositivos LoRaWAN, incluidos los sensores y los gateways, están diseñados para minimizar el consumo

de energía. Esto permite que los dispositivos funcionen con baterías de larga duración.

- **Alcance:** puede variar según las condiciones ambientales y las configuraciones específicas de la red, pero en general, puede alcanzar varios kilómetros a decenas de kilómetros.
- **Dispositivos necesarios:** son los sensores de humedad del suelo encargados de medir el contenido de humedad, gateways LoRaWAN son los puntos de acceso que reciben los datos enviados y los transmiten a un servidor centralizado y el servidor centralizado que recibe, almacena y procesa los datos de humedad del suelo provenientes de los sensores.

De acuerdo con las alternativas de solución dadas anteriormente, se llegó a la conclusión de utilizar la alternativa 3. Debido al alcance extendido en el que se permite monitorear una amplia área con un número reducido de gateways. Además, tienen una alta eficiencia energética por lo que no consumen mucha energía y pueden funcionar con baterías de larga duración. Cabe recalcar que, esta tecnología cuenta con un bajo costo de implementación, debido a la capacidad de cobertura de la señal y si en algún momento esta red o la zona se desea expandir es muy fácil agregar nuevos sensores y ampliarla sin ningún inconveniente.

Sin embargo, a pesar de las ventajas que ofrecen las tecnologías IoT y LoRaWAN, su implementación en el cultivo de la pitahaya roja aún presenta desafíos y limitaciones. Por lo tanto, en este trabajo se plantea el problema de cómo diseñar e implementar una red inalámbrica con dispositivos LoRaWAN para el control de la humedad en sembríos de pitahaya roja, que permita a los agricultores monitorear y controlar de manera remota la humedad del suelo.

1.6. OBJETIVOS

1.6.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar una red utilizando dispositivos LORAWAN, para monitorear la humedad de los sembríos de pitahaya (*Hylocereus Undatus*) en la “Finca Catagua”.

1.6.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Revisar la bibliografía que permita realizar un análisis comparativo para identificar los parámetros, técnicas, conceptos, metodologías y sensores adecuados para controlar de manera eficiente la humedad en la plantación de pitahaya roja, brindando así una base sólida de conocimientos para el desarrollo del presente proyecto.
- Diseñar e implementar una red utilizando dispositivos de medición y transmisión de datos compatibles con LoRaWAN, así como una base de datos que permita almacenar la información recopilada.
- Realizar pruebas que permitan evaluar la solución implementada para comprobar la efectividad del proyecto.

1.7. JUSTIFICACIÓN

El control manual del riego puede ser ineficiente y costoso, especialmente en zonas rurales donde los recursos hídricos limitados. Por tal motivo, la implementación de tecnologías IoT y LoRaWAN puede permitir controlar la humedad del suelo de manera precisa y eficiente, lo que puede mejorar la calidad de la fruta y aumentar la producción (Heredia Rivadeneria & Lucero Andrade, 2021).

De acuerdo con la solución propuesta, la tecnología LoRaWAN permite la recolección de datos en tiempo real y su transmisión inalámbrica, ahorrando tiempo y recursos en comparación con los métodos convencionales de medición y monitoreo. Además, esta

tecnología es rentable y sencilla de implementar, lo que la hace perfecta para el uso de los agricultores con pocos recursos y en zonas remotas.

El objetivo del proyecto actual es lograr la optimización de los recursos y una reducción de la cantidad de tiempo dedicado a la vigilancia mediante la utilización del personal. Por tal motivo, se sugiere que se desarrolle una solución específica en el Internet de las Cosas (IoT), para monitorear la producción utilizando el módulo LoRa debido a su frecuencia, baja potencia y el alcance de la red.

En la actualidad, es posible monitorear diferentes ubicaciones utilizando drones para realizar mediciones con sensores a bordo, lo que permite la creación de mapas de distribución espacial. Esta tecnología también es útil para la agricultura, donde es necesario tener información precisa para estimar y tomar decisiones sobre cuándo regar, sembrar, fertilizar y cosechar cultivos. Debido a esto, esta solución de IoT amplía el área que se puede vigilar mientras se vigilan de cerca cultivos a gran escala (Pino Edwim, 2019).

Por consiguiente, la implementación de una red inalámbrica con dispositivos LoRaWAN para el control de la humedad en sembríos de pitahaya roja, puede tener un impacto positivo en la economía local y la calidad de vida de las comunidades agrícolas. Las mejoras en el rendimiento y la rentabilidad de los cultivos pueden conducir a generar mayor cantidad de empleos y aumentar los ingresos de los agricultores, lo cual puede tener un efecto positivo en la economía local (Calvo Adriana, 2019).

Esto conduce a la conclusión de que se debe implementar un diseño de red que tenga en cuenta los sensores para que puedan utilizarse en la zona de producción, los cuales brindarán un mejor resultado en el seguimiento de los factores relacionados con la humedad. Además, la estación base puede estar conectada a una plataforma en la nube, lo que permite a los agricultores monitorear la humedad del suelo en tiempo real y tomar medidas para mantenerla en niveles óptimos.

1.8. IMPACTOS ESPERADOS

Al implementar y obtener información mediante las investigaciones requeridas para este proyecto se puede notar que tienen un gran impacto tecnológico, social y ecológico. Se detallan a continuación cada uno de ellos con referencia al proyecto planteado.

1.8.1. IMPACTO TECNOLÓGICO

En primer lugar, esta tecnología permitiría a los agricultores monitorear y controlar de manera remota la humedad del suelo, lo que les permitiría tomar decisiones más informadas y precisas sobre el riego y optimizar el uso del agua. Además, la tecnología LoRaWAN permite la recolección de datos en tiempo real y su transmisión de forma inalámbrica, lo que ahorra tiempo y recursos en comparación con los métodos tradicionales de medición y monitoreo (Calvo Adriana, 2019).

En definitiva, la implementación de tecnologías IoT y LoRaWAN en el sector agrícola puede ser un paso importante hacia una agricultura más sostenible y respetuosa con el medio ambiente. Al permitir una gestión más eficiente de los recursos como el agua, se puede reducir el impacto ambiental de la agricultura y contribuir a la conservación de los recursos naturales.

1.8.2. IMPACTO SOCIAL

El implementar una red inalámbrica, mejora la producción agrícola al mantener la humedad del suelo en niveles óptimos, lo que hace que no solo beneficie a los agricultores al aumentar sus ingresos, sino que también pueda contribuir a la seguridad alimentaria al aumentar la disponibilidad de alimentos. Además, la implementación de tecnologías innovadoras en la agricultura puede aumentar la demanda de habilidades y conocimientos técnicos, lo cual puede crear empleo y fomentar el desarrollo económico en las comunidades locales.

1.8.3. IMPACTO ECOLÓGICO

El impacto ecológico del proyecto tiene varios aspectos positivos, los cuales serán mencionados a continuación:

Figura 3

Impactos ecológicos positivos.



Nota. Se tiene impactos ecológicos positivos al momento de reducir el uso excesivo de agua y fertilizantes. También, al reducir la contaminación del suelo y la huella de carbono. *Fuente.* Propia.

En la Figura 3 se muestran algunos impactos ecológicos positivos entre ellos: reducción del uso del agua en donde los agricultores pueden reducir el uso excesivo de agua en los cultivos, lo que contribuye a la conservación del agua y reducir la presión sobre los recursos hídricos; reducción a la contaminación del suelo debido al uso excesivo de agua y fertilizantes en la agricultura puede contaminar el suelo y afectar la calidad de los alimentos producidos; reducción de la huella de carbono por motivo a la necesidad de realizar visitas frecuentes a los campos de cultivo, por último, la conservación de la biodiversidad debido a que al utilizar prácticas agrícolas sostenibles, como el control de la humedad del suelo, se puede conservar la biodiversidad en los campos de cultivo.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO DE LA INVESTIGACIÓN.

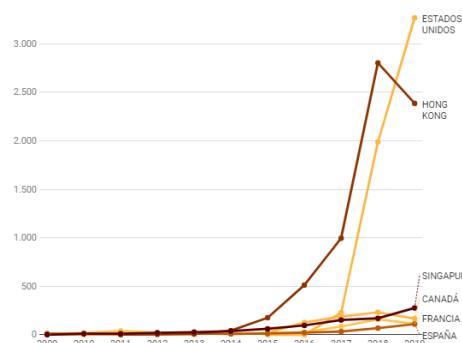
2.1. ANTECEDENTES HISTÓRICOS

Debido a la aceptación de naciones extranjeras como los Estados Unidos, el mercado de la pitahaya ha estado desarrollado desde el 2005. Como resultado en 2018 USA superó a Hong Kong como el principal importador de la fruta al importar 3.267,83 Toneladas Métricas (Tm) de la pitahaya (Teran Lozano & Farro Teran, 2021).

Según Sierra Cecilia (2011), la pitahaya es una planta de la familia cetácea y fue descubierto por primera vez en el continente americano. Se compone alrededor de 2000 especies diferentes, todas las cuales se encuentran en los continentes americano y asiático. Tomando en cuenta algunos lugares de América donde ya se encuentra cultivos de Pitahaya en Ecuador, se puede concluir que cada día existen más lugares donde se cultiva la Pitahaya como en el cantón Santa Ana o Montecristi de la provincia de Manabí. Esto se debe a que la pitahaya ha sido apreciada durante mucho tiempo por sus propiedades nutricionales y medicinales.

Figura 4

Exportaciones de pitahaya a Asia, Europa y Estados Unidos.



Nota. Adaptado de Grafica Consultora Multiplica datos en Toneladas de mercancía (TM)

Fuente. BCE, 2019E https://www.datawrapper.de/_jwXgv/.

En la Figura 4 se muestran las exportaciones que se realizaron en diferentes países como: Estados Unidos, Hong Kong, Singapur, Canadá, Francia y España. Los datos mostrados se encuentran entre un rango del 2009 hasta el 2019, se logra observar que desde el 2014 empezaron a elevarse las exportaciones de una manera lenta, pero desde el 2017 en adelante se elevaron las exportaciones de una manera notable. Sin embargo, en el año 2018 disminuyeron en Hong Kong entre una cantidad 3000 a 2000.

Según Huachi et. al (2015) “*A lo largo de los años se han llegado a conocer los beneficios y cualidades medicinales de esta fruta, comenzando desde alivios estomacales, problemas endocrinógenos y mejoras en el funcionamiento del tracto digestivo*”. Además, gracias a su buena acogida y al alto dinamismo del mercado, se ha expandido a varias provincias costeras incluida la parte noroccidental de Pichincha, aumentando la demanda.

La implementación de proyectos basados en IoT en el sector agrícola resulta de gran importancia, debido a que, permite a los agricultores tomar decisiones más precisas y sabias con respecto a sus cultivos. Numerosos estudios abordan cuestiones comparables a las del proyecto actual en el que se han utilizado soluciones tecnológicas en diversas áreas agrícolas para resolver estos desafíos.

Para Heredia Rivadeneira & Lucero Andrade (2021) la investigación y el desarrollo de redes de sensores inalámbricos ha ampliado sus áreas de aplicación y mejorado la confiabilidad, robustez y escalabilidad. Además, las tecnologías diseñadas originalmente para aplicaciones de IoT, ahora funcionan satisfactoriamente en los entornos hostiles de la transmisión de radio frecuencia.

2.2. ANTECEDENTES DE INVESTIGACIONES RELACIONADAS

La finalidad de utilizar la tecnología en sembríos es aumentar el rendimiento y mejorar la eficiencia, obteniendo datos más rápido y de manera remota en la zona donde se encuentra el cultivo. Por lo tanto, la investigación se ha basado en diferentes archivos relacionados a la

agricultura IoT, obtenidos de revistas, artículos y proyectos que han sido realizados en diferentes universidades nacionales e internacionales.

TEMA 1: diseño de una solución basada en el internet de las cosas (IoT) empleando LoRaWAN para el monitoreo de cultivos agrícolas en Perú (Aguilar Zavaleta, 2020).

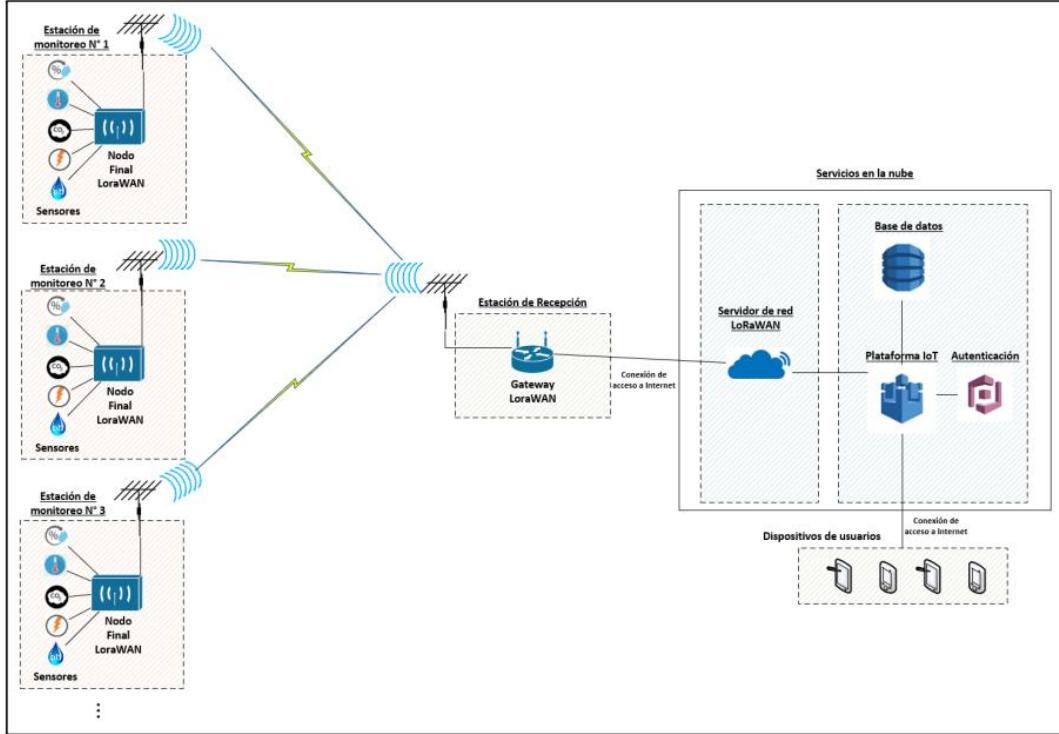
Objetivo: mejorar la eficiencia del riego y el control de otros factores ambientales importantes para la producción agrícola, como la temperatura y la humedad del suelo.

Problema: el sector donde se realizó la investigación cuenta con un limitado monitoreo de variables productivas en los parámetros del suelo y agua, los cuales determinan el rendimiento productivo de los cultivos agrícolas. Asimismo, el sistema de riego que predomina corresponde al riego por gravedad, el cual no es eficiente y desperdicia grandes cantidades de agua en su utilización. Agregando a lo anterior, existen limitaciones en el suministro de energía, en los servicios de telecomunicaciones y escasez en los medios informáticos (Aguilar Zavaleta, 2020).

Solución: para obtener los resultados requeridos, como solución se obtiene una definición de los sensores óptimos para medir las variables del suelo y del agua, encontradas en la producción de los cultivos. Por lo tanto, se propone un sistema de riego automatizado en los cultivos agrícolas, empleando una red de baja potencia y largo alcance como lo es LPWAN. Del mismo modo, desarrollar una simulación IoT que sea accesible a los agricultores locales, considerando los dispositivos de comunicación requeridos para la transmisión y recepción, servicios de software utilizados en una nube computacional, y visualización de la información recopilada en una aplicación móvil (Aguilar Zavaleta, 2020).

Figura 5

Arquitectura de una propuesta tecnológica.



Nota. Adaptado de, Universidad Tecnológica de Perú, Arquitectura de propuesta tecnológica,

Fuente. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2946>.

De acuerdo con la Figura 5 se observan 3 estaciones de monitoreo, una estación de recepción, servicios en la nube y dispositivos de usuario. Cada una de las estaciones bases cuenta con un nodo final LoRaWAN conectado a sensores que extraen datos del suelo como humedad, temperatura, CO₂, presión, estos datos son transmitidos mediante el nodo final de LoRaWAN a la estación de recepción, en donde será recibida por un Gateway LoRaWAN con acceso a internet fijo y/o móvil. Este retransmitirá los mensajes de cada nodo hacia un servidor LoRaWAN en el cual se efectuará la autenticación, decodificación y transmisión de la carga útil rumbo a una plataforma IoT. Después, se almacenan los datos mediante una base de datos y, por último, se presentan los datos mediante conexión a internet a los agricultores a través de una aplicación móvil.

Resultado: se logró una solución tecnológica basada en el Internet de las Cosas en conjunto con LoRaWAN que incrementa los niveles de monitoreo y control actual de los cultivos agrícolas. Donde resulta que, se monitorearon 5 parámetros de producción agrícola

como: temperatura del suelo, humedad del suelo, pH, dióxido de carbono y conductividad eléctrica. Además, se minimizó el tiempo de entrega de la información a una hora, siendo estas mediciones de manera automatizada sin la intervención de personal (Aguilar Zavaleta, 2020).

Conclusión: de acuerdo con lo ya mencionado, el diseño de una solución basada en el Internet de las cosas (IoT) empleando LoRaWAN para el monitoreo de cultivos agrícolas permite mejorar la productividad, reducir costos y aumentar la eficiencia en la gestión de los cultivos. El uso de sensores conectados a una red LoRaWAN permite recopilar datos en tiempo real sobre la temperatura, humedad, pH del suelo y otros parámetros importantes para el crecimiento de las plantas, lo que permite a los agricultores tomar decisiones más informadas y precisas sobre el riego, la fertilización y la prevención de enfermedades en las plantas.

TEMA 2: implementación de un sistema de monitoreo y control automático de riego para invernaderos mediante tecnología LoRa con ESP32.

Objetivo: desarrollo de un sistema de monitoreo y control automático de riego para diferentes tipos de invernaderos, mejorando la eficiencia y la productividad del cultivo en el invernadero.

Problema: el principal problema que existe en los invernaderos de producción se debe al sistema de riego como para las hortalizas, legumbres, frutas entre otros productos. La infraestructura del sistema de riego que se encuentra en estos invernaderos necesita de la ejecución de varias actividades manuales, de manera que, se pueda cumplir con su objetivo principal que es mantener el suelo húmedo. Por lo tanto, se necesita de una persona encargada de abrir y cerrar dicho proceso. Al realizarse manualmente dicha actividad genera mucho desperdicio de agua o a su vez, causa daño al desarrollo del producto por exceso o falta de esta (Haro Vilaña, 2019).

Solución: para solucionar los problemas definidos anteriormente Haro Vilaña (2019), realizó un análisis donde se muestre la necesidad de implementar un sistema de riego para que sea monitoreado por frecuencia 433 Mhz, conforme a esto, diseña un sistema de riego compuesto por elementos electrónicos, eléctricos y de control. Avanzando en su debida investigación, desarrolla un HMI para la visualización de parámetros de variables que deben ser monitoreadas.

Resultado: después de concluir con las pruebas de trabajo se corroboró que el sistema de monitoreo y control automático se enciende correctamente, la unidad de control trabaja adecuadamente, los circuitos implementados funcionaron de una forma adecuada y ningún módulo sufrió recalentamiento alguno. Además, los elementos no presentaron problemas de funcionamiento al momento de tener un trabajo constante, de manera que, el sensor de nivel ultrasónico envíe la señal necesaria para que el sistema no funcione sin agua en el tanque. Acorde con el sensor de humedad se envió las señales adecuadas activando la bomba cuando la humedad lleve el porcentaje adecuado y desactivándola así mismo. Agregando a lo anterior, el sensor de humedad relativa y temperatura envió los datos a la pantalla HMI donde se visualizaron y compararon los datos del estado actual por medio del internet y fueron correctos (Haro Vilaña, 2019).

Conclusión: de acuerdo con Haro Vilaña (2019) en su tesis, donde se infiere que lo realizado conlleva a una solución innovadora, que permite mejorar la eficiencia en la gestión del agua en la agricultura y contribuir a una gestión más sostenible de los recursos naturales. El uso de sensores conectados a una red LoRa permite monitorear en tiempo real la humedad del suelo, la temperatura y la humedad ambiental, lo cual permite ajustar el riego de manera precisa y oportuna, evitando desperdiciar agua y optimizando su uso. Además, permite que el sistema se adapte automáticamente a las condiciones del ambiente, asegurando que las plantas reciban la cantidad adecuada de agua en todo momento.

TEMA 3: diseño de una red LAN para la medición de la humedad en una plantación de pitahaya roja (*hylocereus undatus*) con la placa ESP8266 nodemcu utilizando el protocolo LoRaWAN.

Objetivo: implementar una red que permita medir la humedad para controlar el exceso de agua en los sembríos de pitahaya Roja y monitorear de manera eficiente y en tiempo real los niveles de humedad en diferentes zonas de la plantación.

Problema: de acuerdo con Moncada Bohorquez (2021) el exceso de agua en la producción de pitahaya roja es un gran problema, considerando que, se puede desperdiciar la fruta si se pudre, debido a la abundancia de agua. La humedad es un factor crítico para el crecimiento y la producción de la pitahaya roja. Por lo tanto, mantener niveles adecuados de humedad es esencial para obtener una cosecha de alta calidad. Sin embargo, el monitoreo manual de la humedad en una plantación de gran tamaño puede ser difícil y requiere mucho tiempo y recursos humanos.

Solución: Moncada Bohorquez (2021) investigó las características de los parámetros adecuados de la humedad en la plantación de pitahaya, evaluó e identificó los sensores de humedad disponibles a ser utilizados, por último, diseño el dispositivo de medición y transmisión de los datos con el módulo ESP8266. A su vez, implementó por medio de 2 dispositivos; (ESP 8266) el cual funciona como dispositivo emisor y conecta la humedad que mide la saturación del agua en la zona determinada, luego envía los datos al dispositivo receptor, los cuales pueden estar simultáneamente hasta a una distancia de 5 km. De manera que, la señal recibida con los datos sea enviada mediante IoT a una aplicación con servicios en la nube denominada Blynk (Moncada Bohorquez, 2021).

Figura 6

Arquitectura de desarrollo del diseño de la implementación.



Nota. Obtenido de Arquitectura de redes y seguridad por MONCADA GLADYS en septiembre 2021.

En la figura 6 se puede visualizar que la conexión se realiza de manera inalámbrica entre 3 dispositivos; el primer dispositivo emisor cuenta con: un sensor de humedad, una placa Nodemcu ESP8266, LoRa SX1276 y un MH sensor FC-28; el segundo dispositivo receptor cuenta con: Una placa Nodemcu ESP8266, un LORA SX1276 y un LED; y el tercer dispositivo es un dispositivo móvil que al momento de descargar una aplicación llamada Blynk se pueden visualizar de los datos obtenidos, de manera que se realice una sola vez las configuraciones y posteriormente solo hacer ejecuciones para observar los resultados.

Resultado: con la implementación realizada se efectuaron 3 pruebas: la prueba 1 se llevó a cabo en un terreno totalmente seco, para comprobar que los valores sean correctos; la prueba 2 se concretó en un terreno húmedo, donde se excede de agua para comprobar que los porcentajes sean altos; la prueba 3 se realizó después de confirmar que los prototipos funcionaban correctamente, para el cual se procedió a, ir a la hacienda para ejecutar el medidor de humedad, ubicando el dispositivo emisor y el dispositivo receptor a una distancia de 70 metros. Donde se constata que sin ningún problema capta la señal del dispositivo emisor (Moncada Bohorquez, 2021).

Conclusión: de acuerdo con la investigación de la tesis de Moncada Bohorquez se concluye que, la solución dada es innovadora y eficiente para el monitoreo de las condiciones ambientales en la agricultura. La implementación de esta red LAN permite, la medición en tiempo real de la humedad del suelo en una plantación de pitahaya roja, lo que autoriza a los

agricultores a tomar decisiones informadas sobre el riego y el cuidado de los cultivos. A diferencia de las otras tesis investigadas esta se realizó con la utilización de la placa ESP8266 nodemcu y el protocolo LoRaWAN, el cual permite una comunicación inalámbrica eficiente y de bajo consumo de energía, lo que hace que el sistema sea fácilmente escalable y económico.

Tema 4: desarrollo de una aplicación web y móvil basada en machine learning, para monitoreo, registro y control de temperatura y humedad en el cultivo de la pitahaya.

Objetivo: desarrollar una aplicación que pueda recopilar datos de temperatura y humedad en tiempo real en el cultivo de la pitahaya y proporcionar recomendaciones basadas en el aprendizaje automático para mejorar las condiciones de crecimiento y aumentar la producción.

Problemática: Torres Pacheco (2018), se enfocó en este proyecto debido a la falta de tecnificación y automatización en la agricultura, considerando que podría ser por el desconocimiento, la falta de políticas de estado o el abandono con el que los gobiernos han tratado a la producción agrícola referente a la diversificación de los cultivos.

Solución: de desarrolló una herramienta tecnológica con IA basada en aprendizaje automático, la cual se trata de una aplicación web y móvil que se encuentra bajo el sistema operativo Android, teniendo como objetivo incrementar el rendimiento y la calidad del cultivo de la pitahaya. Haciendo uso del monitoreo, registro y control de las variables físicas como temperatura y humedad en cada una de las fases del cultivo. Hay que mencionar, además, la implementación de varios dispositivos utilizados como: arduinos, microcontroladores, sensores y actuadores que permiten identificar cuáles son los niveles óptimos del cultivo en su mejor escenario, tomando en cuenta su interacción con el entorno (Torres Pacheco, 2018).

Resultado: como resultado en esta investigación no se logró obtener datos idóneos de temperatura, debido al poco tiempo que estuvo instalado. A pesar de esto, se llegó a conocer algunos niveles de temperatura y humedad del cultivo, por lo cual, acondiciona el

sistema de riego de acuerdo con las necesidades del cultivo. Adicional a esto, se realizó un manejo óptimo de los recursos, reduciendo los costos de producción y el impacto ambiental (Torres Pacheco, 2018).

Conclusión: en el desarrollo de esta tesis, se brindó una solución innovadora que permitió, mejorar la eficiencia en la gestión de los cultivos y aumentar la calidad de estos. Acorde con el uso de machine learning el cual permite analizar grandes cantidades de datos de temperatura y humedad, manteniendo una precisión de las condiciones ideales para el cultivo de la pitahaya, y tomar decisiones informadas sobre el riego y la ventilación en tiempo real. Hay que mencionar, además, el desarrollo de una aplicación web y móvil, lo cual hace posible que los agricultores monitorean y registren la temperatura y humedad del cultivo de manera remota, para estar al tanto de las condiciones del cultivo en todo momento y tomar decisiones oportunas y efectivas.

TEMA 5: Diseño de red LoRaWAN en cultivo de fresas para monitoreo de humedad del suelo.

Objetivo: desarrollar una solución de red inalámbrica de área amplia de baja potencia (LoRaWAN) para monitorear la humedad del suelo en un cultivo de fresas.

Problemática: para Gómez Erika (2021) impulsar el desarrollo del sector agrícola con el uso de las últimas tecnologías del mercado es primordial. A pesar de que, la gran parte de este sector está compuesto por pequeños y medianos agricultores, los cuales no cuentan con los recursos económicos suficientes para invertir en tecnologías costosas, será importante la búsqueda de soluciones que no impliquen altos costos. Cabe recalcar, que los cultivos agrícolas son afectados por el control incorrecto de algunas variables físicas como humedad, temperatura, pH del suelo entre otras. Provocando dificultades para los agricultores en el cultivo de sus productos.

Solución: para brindar una solución a la problemática de este proyecto, se usa una red con LoRaWAN formada por un gateway y sensores, los cuales serán ubicados a la

profundidad de las raíces de la planta para obtener los datos y mostrarlos por medio del sitio web. Adicional a esto se realizará una aplicación web en el cual se muestren los datos obtenidos por medio de los sensores (Gómez Erika, 2021).

Agregando a lo anterior, la idea era utilizar dispositivos sensores de humedad del suelo que estén conectados a la red LoRaWAN para medir los niveles de humedad en diferentes partes del campo de cultivo. Por lo tanto, se enfocó en cubrir la zona del cultivo de fresas y permitir la comunicación bidireccional entre los dispositivos sensores y la estación base, la cual estará ubicada en un lugar estratégico en el campo. Además, se llevará a cabo un análisis de la señal y de la calidad de la red LoRaWAN, para determinar su capacidad de alcance y rendimiento.

Resultados: Gómez Erika (2021) realizó algunas pruebas para mostrar sus resultados, las cuales serán detalladas a continuación:

- **Pruebas de funcionalidad:** se revisó cada una de las ventanas de la aplicación web y funcionan correctamente en cada uno de los casos establecidos por el autor.
- **Pruebas de usabilidad:** muestra la facilidad de uso de la aplicación desde el punto de vista del usuario.
- **Pruebas de cobertura:** de acuerdo con la implementación se realizó una prueba de cobertura, colocando los sensores en el cultivo de fresas, ubicado a 750 metros del gateway, el cual se encuentra ubicado en el interior de una casa para ser conectado mediante Ethernet. Avanzando en la instalación se verificó la obtención de los datos en la aplicación, verificando los valores reales obtenidos desde los sensores ya instalados en el cultivo.

Conclusión: la implementación de esta red permite a los agricultores monitorear la humedad del suelo de manera remota y en tiempo real, lo que les permite tomar decisiones oportunas y efectivas sobre el riego del cultivo. Además, al utilizar tecnología LoRaWAN, se logra una cobertura de largo alcance y bajo consumo de energía, lo que reduce los costos de

mantenimiento y operación. El diseño de esta red también puede ser escalable, lo que conlleva a que puede ser utilizado en grandes extensiones de terreno. Además, tiene el potencial de proporcionar a los agricultores información en tiempo real sobre la humedad del suelo en el cultivo de fresas, lo que les permitirá tomar decisiones informadas sobre el riego y la gestión de los cultivos.

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

El presente trabajo de titulación debido a la problemática definida anteriormente requiere del conocimiento y definición de varios temas específicos como: requerimientos ambientales, naturales y del riego necesario para los cultivos de pitahaya, internet de las cosas (IoT), dispositivos electrónicos como sensores de humedad y temperatura, gateway de Lora, placa de Arduino, definiciones, protocolos, arquitectura de LoRaWAN, entre otros.

2.3.1. PITAHAYA

La pitahaya roja (*Hylocereus Undatus*) es la especie más cultivada de la familia y se utiliza para la recolección de frutos o como planta ornamental. Esta especie suele ser endémica de América Central, pero las plantas cultivadas se encuentran en todos los trópicos del mundo. Los frutos de esta planta son de color púrpura o rosa intenso con una textura escamosa y afilada. En el interior está la pulpa, que suele ser blanca con semillas negras (Labrador George, 2019).

Figura 7

Pitahaya roja.



Nota. Adaptado de SiCarFarms, Fuente. <https://sicarfarms.com/productos/tropical/pitahaya/>.

La Figura 7 muestra una fruta exótica originaria de América Central y América del Sur. Es una variedad de la fruta del dragón con una cáscara rojiza y pulpa de color blanco o rosa pálido. También se cree que tiene propiedades antioxidantes, antiinflamatorias y digestivas, y puede fortalecer el sistema inmunológico y mejorar la salud cardiovascular.

Lugares donde se cultiva la pitahaya.

La pitahaya roja es originaria de América Central y del Sur, pero hoy en día se cultiva en varios lugares del mundo. El coronavirus global aumentó el exceso de oferta y demanda que los exportadores habían anticipado y advertido a los consumidores de Hong Kong y Estados Unidos (Lizarzaburo Guillermo, 2020).

De acuerdo con Lizarzaburo Guillermo (2020) no hay evidencia científica detallada, de cómo se comporta la pitahaya en relación con su ubicación. En Palora se cosecha después de 120 o 140 días de floración; en Guayas se cosechan después de 110 o 120 días con 50 frutos por panta. Por lo tanto, la correcta información puede variar de acuerdo con el clima y temperatura establecida en el lugar específico.

Riego en la pitahaya.

Exploraremos un poco la idea de que, el método de riego adecuado para la pitahaya depende de varios factores, como el clima, la humedad del suelo, la calidad del agua y la etapa de crecimiento de la planta. En general, la pitahaya requiere un riego regular y bien programado para mantener un crecimiento saludable y una producción óptima de frutas (Moncada Bohorquez, 2021).

De acuerdo con Taco Melisa (2022) en la Figura 8 se observan los métodos de riego más comunes para la pitahaya como lo son: riego por goteo cuando se suministra directamente a las raíces de las plantas, riego por aspersión cuando el agua se pulveriza en

el aire y riego por inundación permite que el agua fluya por los campos y cubra los cultivos por cierto tiempo.

Figura 8

Riegos más comunes en los sembríos de pitahaya.



Fuente. Propia.

Cabe destacar que es necesario tomar en cuenta, que el riego excesivo puede provocar el desarrollo de enfermedades fúngicas y la pudrición de la raíz, mientras que el riego insuficiente puede provocar la deshidratación de la planta y una disminución en la producción de frutos. En efecto, es esencial programar el riego adecuado en función de las necesidades específicas de la planta, el clima y la calidad del suelo (Jason C.S. Wu, 2005).

Requerimientos ambientales para el cultivo de pitahaya.

La pitahaya es un cultivo subtropical que requiere ciertas condiciones ambientales y naturales para un crecimiento y producción óptimos. A continuación, se detallan los principales requerimientos ambientales y naturales del cultivo de pitahaya:

Clima: la pitahaya prefiere un clima cálido y seco con temperaturas que oscilan entre los 20°C y 35°C durante el día y alrededor de 15°C durante la noche; y una humedad relativa del 60 al 80%. Además, requiere una cantidad adecuada de luz solar para la fotosíntesis y el crecimiento saludable de la planta. (Zambrano Llerena, 2020).

Suelo: el cultivo de pitahaya se adapta bien a diferentes tipos de suelos, desde suelos arcillosos hasta suelos arenosos, siempre y cuando tengan buen drenaje y no sean salinos, con pH entre 6 y 7.5. Además, una alta capacidad de retención de agua (Bauer Ralf, 2012).

Agua: la pitahaya requiere una cantidad adecuada de agua para un crecimiento saludable y una producción óptima de frutos. Sin embargo, el exceso de agua puede ser perjudicial para la planta, ya que puede causar la pudrición de la raíz y otras enfermedades (Moncada Bohorquez, 2021).

2.3.2. INTERNET DE LAS COSAS (IOT)

El internet de las cosas en el sector agrícola se conoce como agricultura inteligente, también conocida como agricultura de precisión. Cuenta con un funcionamiento en el que utiliza tecnologías digitales para analizar los datos y optimizar el rendimiento de los cultivos, reduciendo los costos de producción. Además, hace referencia a la aplicación de tecnologías avanzadas para mejorar la eficiencia, la productividad y la sostenibilidad de estos sistemas agrícolas. Algunas de estas tecnologías utilizadas en este tipo de agricultura incluyen sensores, drones, sistemas de información geográfica (SIG), análisis de datos y software de gestión de cultivos (Vasyl Cherlinka, 2022).

El internet de las cosas conocido como IoT, se refiere a la interconexión de dispositivos físicos, como sensores, cámaras, electrodomésticos, vehículos, entre otros, a través de internet, permitiendo que se comuniquen y compartan información entre sí, sin la necesidad de intervención humana (Iñiguez Vélez, 2022).

Estos dispositivos están equipados con tecnología de red y sensores que les permiten recopilar y compartir información con otros dispositivos conectados a Internet. La información puede ser procesada y utilizada para mejorar la eficiencia, la seguridad y la comodidad en diversos ámbitos (Alonso Rodrigo, 2023).

En la agricultura, el IoT puede ser utilizado para monitorear y controlar diferentes aspectos de la producción agrícola, como el clima, la humedad del suelo, la calidad del aire y el crecimiento de las plantas, entre otros. Esto permite una mejor gestión y toma de decisiones en la producción agrícola, lo que puede llevar a una mayor eficiencia y productividad (Zambrano Llerena, 2020).

Según CepymeNews (2018) las características de IoT incluyen:

- **Conectividad:** IoT permite que los dispositivos se conecten entre sí, a través de internet, lo que permite la transferencia de datos en tiempo real.
- **Sensores:** los dispositivos IoT están equipados con sensores que recopilan información, como la temperatura, la presión, la ubicación, el movimiento, etc.
- **Automatización:** IoT permite la automatización de tareas, lo que significa que los dispositivos pueden realizar acciones sin la intervención humana.
- **Recopilación y análisis de datos:** IoT permite la recopilación y análisis de grandes cantidades de datos, lo que permite obtener información valiosa sobre el uso y el rendimiento de los dispositivos.
- **Interoperabilidad:** permite la interoperabilidad entre diferentes dispositivos y sistemas, esto significa que al trabajar juntos pueden realizar tareas específicas.
- **Seguridad:** IoT debe contar con medidas de seguridad adecuadas para proteger los datos y la privacidad de los usuarios.
- **Escalabilidad:** IoT debe ser escalable para poder manejar grandes cantidades de dispositivos y datos a medida que la tecnología se expande y evoluciona.

Según Rodríguez González (2013) la arquitectura de IoT puede variar según la aplicación, pero en general se compone de los siguientes elementos:

Figura 9

Arquitectura visual de IoT.



Fuente. Propia.

En la Figura 9 se muestra la arquitectura que se debe usar en IoT. La cual cuenta con: Red de Comunicaciones en la que se incluyen tecnologías inalámbricas como LoRaWAN, plataforma de IoT son las que proporcionan un entorno para gestionar y almacenar los datos, Sensores o Actuadores con los cuales se obtiene la información como temperatura, humedad, presión, entre otros. Por último, Aplicaciones la cual es la interfaz a través de la cual los usuarios interactúan con el sistema.

2.3.2.1. RED DE COMUNICACIONES UTILIZADAS PARA IOT.

En el primer punto de la arquitectura de IoT se encuentra la red de comunicaciones, esta permite la transferencia de datos entre los dispositivos IoT, los servidores y otros elementos de la arquitectura. Puede incluir tecnologías inalámbricas como Wi-Fi o LoRaWAN.

WI-FI.

Wi-Fi es una tecnología de comunicación inalámbrica que permite la conexión y transferencia de datos entre dispositivos electrónicos a través de ondas de radio. Es ampliamente utilizada para acceder a internet, compartir archivos y recursos, y establecer redes locales inalámbricas en diversos entornos, como hogares, oficinas, espacios públicos, instituciones educativas y comercios (Carballar Falcón, 2010).

Permite la conexión a internet y la transmisión de datos sin la necesidad de cables físicos. Utiliza ondas de radio para transmitir información entre dispositivos, como computadoras, teléfonos móviles y dispositivos inteligentes.

Según Carballar Falcón (2010) presentan algunas características y conceptos relacionados con Wi-Fi:

- **Estándares Wi-Fi:** los estándares Wi-Fi son especificaciones técnicas que definen las características y capacidades de las redes inalámbricas. Algunos de los estándares más comunes son 802.11b, 802.11g, 802.11n, 802.11ac y 802.11ax (también conocido como Wi-Fi 6).

- **Puntos de acceso (Access Points, AP):** los puntos de acceso son dispositivos que actúan como antenas para transmitir y recibir señales Wi-Fi. Estos dispositivos permiten la conexión inalámbrica de dispositivos.
- **Seguridad Wi-Fi:** la seguridad es una consideración importante en las redes Wi-Fi. Los protocolos de seguridad, como WEP (Wired Equivalent Privacy), WPA (Wi-Fi Protected Access) y WPA2, se utilizan para proteger las redes inalámbricas y cifrar los datos transmitidos, evitando el acceso no autorizado y la interceptación de información sensible.
- **Redes Wi-Fi públicas y privadas:** las redes Wi-Fi pueden ser públicas o privadas. Las redes públicas, como las ofrecidas en cafeterías, aeropuertos o espacios públicos, permiten a los usuarios conectarse de forma gratuita o mediante un registro
- **Rango y cobertura:** el rango y la cobertura de una red Wi-Fi pueden variar según diversos factores, como la potencia de la señal, las interferencias, los obstáculos físicos y el estándar Wi-Fi utilizado.
- **Bandas de frecuencia:** Wi-Fi opera en diferentes bandas de frecuencia, como 2.4 GHz y 5 GHz. La banda de 2.4 GHz es más común y tiene una mayor penetración de señal, pero puede estar más congestionada debido a la presencia de otros dispositivos inalámbricos. La banda de 5 GHz ofrece mayor ancho de banda y menos interferencias, pero tiene un alcance ligeramente más limitado.

En síntesis, Wi-Fi es una tecnología inalámbrica que permite la conexión y transferencia de datos entre dispositivos electrónicos. Ofrece comodidad, movilidad y acceso a internet en diversos entornos, y se ha convertido en una parte integral de la conectividad moderna.

LORA / LORAWAN.

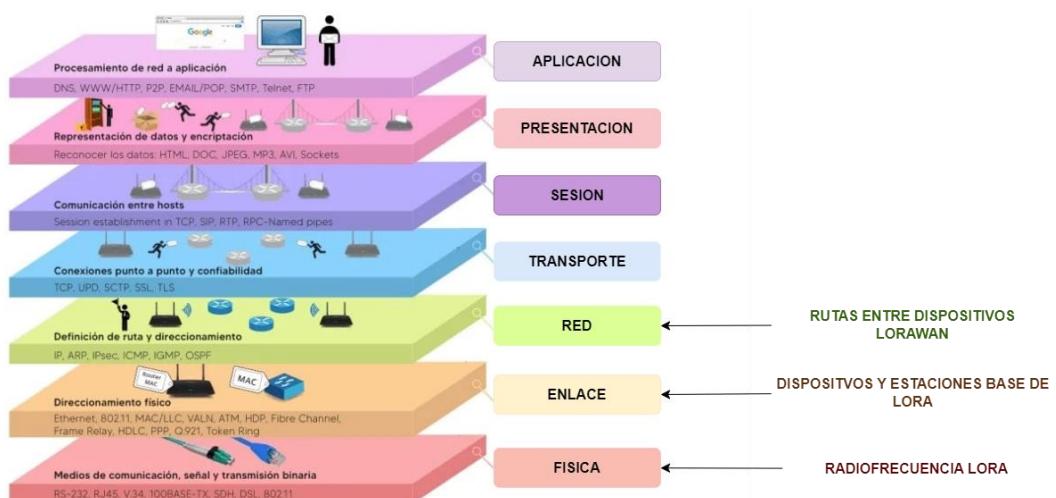
El protocolo LoRa es una tecnología de modulación de radio de baja potencia que no solo puede transmitir datos inalámbricos de larga distancia con un bajo consumo de energía, sino que también puede transmitir datos de hasta varios kilómetros de distancia. Esto lo hace ideal para aplicaciones de Internet de las cosas (IoT) que requieren una conectividad de larga distancia y un bajo consumo de energía. Además, es resistente a la interferencia y puede transmitir datos a través de edificios y terrenos accidentados (Yubero Ubierna, 2020).

Es importante mencionar que el protocolo LoRa funciona sin licencia en la banda de frecuencia ISM (Industrial, Scientific and Medical), lo que significa que la mayoría de los países lo pueden usar sin ningún costo. Para aumentar la resistencia a la interferencia y la sensibilidad en la recepción de señales débiles, utiliza una modulación de espectro ensanchado.

Los dispositivos utilizan la modulación LoRa para lograr una cobertura con baja potencia. LoRa representa la capa física de la red que dicta las frecuencias de trabajo con las que se obtienen largas distancias y un consumo muy bajo. Por otro lado, LoRaWAN es el protocolo que establece cómo se envían y reciben los paquetes de datos de sensores y otros componentes de la red, así como cómo tratarlos.

Figura 10

Funcionamiento de LoRa y LoRaWAN en el modelo OS/IS.



Fuente. Propia.

En la Figura 10 se muestra el proceso que realizan las redes LoRa y LoRaWAN en el modelo OSIS. La capa física establece la conexión a través de radiofrecuencia LoRa, los sensores y actuadores para comunicarse entre sí y con las estaciones de base de LoRa. La capa de enlace gestiona la comunicación de punto a punto entre dispositivos LoRa y estaciones de base. Por último, la capa de red gestiona las rutas y enrutamiento de los paquetes entre dispositivos, estos envían datos mediante las estaciones de LoRa a los servidores LoRaWAN.

Long Range Wide Área Network (LoRaWAN) es un protocolo de comunicación inalámbrica de largo alcance y bajo consumo de energía que se utiliza para conectar dispositivos de Internet de las cosas (IoT) a través de una red de área amplia (WAN). Está se basa en la tecnología de modulación de espectro ensanchado de difusión (CSS), lo que le permite transmitir datos a largas distancias con baja potencia de transmisión y bajo consumo de energía (Vargas Juan, 2022).

Frecuencia: se debe tener en cuenta que, LoRa utiliza la modulación de espectro ensanchado de la banda ISM (Industrial, Científica y Médica), para transmitir datos a través de señales de radiofrecuencia en bandas no licenciadas para uso comercial e industrial, dependiendo de las regulaciones de cada país, como 868 MHz en Europa, 915 MHz en América del Norte y en América del Sur.

Alcance: depende de varios factores, incluyendo la potencia de transmisión del dispositivo, la antena utilizada, la topografía del terreno, el entorno urbano y la interferencia de otras señales de radio en la misma banda.

En condiciones ideales, se puede lograr un alcance de hasta varios kilómetros con una potencia de transmisión de solo unos pocos miliwatts. Sin embargo, en entornos urbanos densos o en presencia de obstáculos físicos, como edificios o colinas, el alcance de la señal puede verse significativamente reducido. Para ampliar el alcance de la red LoRaWAN, es

posible implementar repetidores de señal que reciben y retransmiten las señales de los dispositivos, lo que permite extender el alcance de la red en áreas donde no hay cobertura directa (Pickering Paul, 2017).

En general, el alcance de LoRaWAN es lo suficientemente amplio para permitir la conexión de dispositivos IoT en áreas remotas o de difícil acceso, y su bajo consumo de energía hace que sea una tecnología adecuada para aplicaciones que requieren una larga duración de la batería, como sensores y dispositivos de seguimiento.

Características: según Risc Pérez (2020) las características principales de LoRaWAN pueden ser:

- **Largo alcance:** LoRaWAN utiliza modulación de espectro ensanchado de difusión para transmitir datos a larga distancia con baja potencia de transmisión.
- **Bajo consumo de energía:** permite que los dispositivos tengan una larga duración de batería, incluso hasta varios años.
- **Bajo costo:** es una tecnología relativamente económica, tanto en términos de costos de hardware como de costos de operación.
- **Seguridad avanzada:** ofrece características de seguridad avanzadas, incluyendo la autenticación de extremo a extremo, el cifrado de datos y la gestión de claves.
- **Escalabilidad:** la tecnología LoRaWAN es altamente escalable, lo que permite agregar dispositivos a la red sin problemas
- **Flexibilidad:** se puede utilizar para una amplia gama de aplicaciones de IoT, incluyendo la agricultura, la logística, la seguridad y muchas otras.
- **Interoperabilidad:** se puede utilizar con una amplia gama de dispositivos y aplicaciones.

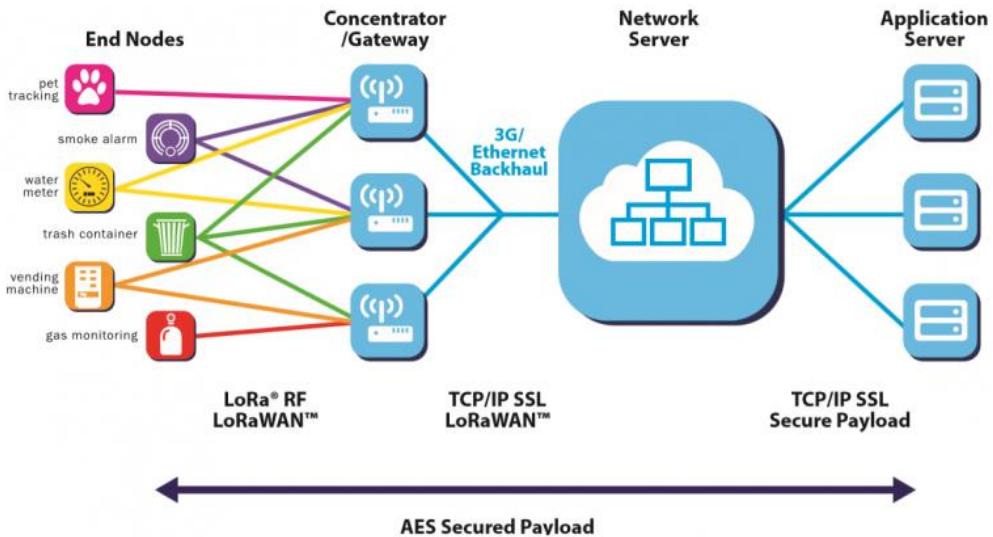
Arquitectura: consta de varios componentes clave que trabajan juntos para permitir la transmisión de datos entre los dispositivos finales y las aplicaciones de IoT. De acuerdo con Vargas Juan (2022) algunos componentes son los que se muestran a continuación:

- **Dispositivos finales:** estos dispositivos se conectan a la red LoRaWAN. Pueden ser sensores, medidores u otros dispositivos que recopilan o envían datos.
- **Gateways:** son los nodos de acceso a LoRaWAN. Reciben los mensajes de los dispositivos finales y los retransmiten a través de la red en la aplicación de destino.
- **Redes LoRaWAN:** consisten en una infraestructura de gateways distribuidos que proporcionan conectividad a los dispositivos finales. Estas redes están diseñadas para cubrir grandes áreas geográficas, pueden soportar miles de dispositivos finales.
- **Servidor de red:** el servidor de red es responsable de gestionar la red LoRaWAN. Recibe los datos de los gateways y los procesa para garantizar la integridad de la comunicación y la seguridad.
- **Servidor de aplicación:** es donde se procesan y almacenan los datos enviados por los dispositivos finales. Proporciona interfaces y APIs para que las aplicaciones de usuario final puedan acceder y utilizar los datos recopilados.

En la Figura 11 se muestra una arquitectura de LoRaWAN, la cual se basa en: dispositivos finales de baja potencia como alarmas, contenedores, monitorización de gas; gateways para la conectividad de red, conectándose con los sensores mediante la radiofrecuencia de LoRaWAN. Después se conecta a una red de servidores para la gestión de la red, esta es conectada mediante TCP/IP; los servidores de aplicaciones reciben los datos del servidor mediante TCP/IP para el procesamiento de los datos.

Figura 11

Arquitectura de red LoRaWAN.



Nota. Adaptado de “*Lora Panama*” por Jannery Rivas en 2021. Arquitectura de red en LoRaWAN. Fuente. <http://lora-panama.com/arquitectura-de-red/>.

Implementación: de acuerdo con la información obtenida de Heredia & Lucero (2021) y Carrasco Néstor (2022) en donde se explica que al implementar una solución basada en LoRaWAN, se deben seguir los siguientes pasos para la implementación:

1. **Identificar el caso de uso:** lo primero que se debe hacer es identificar el caso de uso para la solución LoRaWAN, es decir, qué tipo de datos se desean recolectar, cómo se van a transmitir y quiénes serán los usuarios finales de la solución.
2. **Seleccionar los dispositivos finales:** se debe seleccionar los dispositivos finales adecuados para el caso de uso, como sensores o actuadores.
3. **Seleccionar el gateway:** se debe seleccionar el gateway adecuado para la solución, considerando la ubicación geográfica, la cantidad de dispositivos finales a conectarse y la capacidad de la red.
4. **Desarrollar la aplicación:** se debe desarrollar la aplicación que procesará los datos enviados por los dispositivos finales y que permitirá visualizar los datos para los usuarios finales.

- 5. Configurar y probar la solución:** se deben configurar los dispositivos finales, el gateway y la plataforma de gestión de dispositivos, y probar la solución para asegurarse de que funciona correctamente.
- 6. Desplegar y escalar la solución:** finalmente, se debe desplegar la solución en la ubicación final y escalar la solución según sea necesario.

¿POR QUÉ USAR LORA / LORAWAN EN VEZ DE WI-FI?

Según Camarena Gamarra (2022) y Ahmed Hashm (2023) existen varias razones por las que puede ser preferible utilizar LoRa / LoRaWAN en lugar de Wi-Fi en ciertos escenarios, los cuales serán detallados a continuación:

- **Largo alcance:** LoRaWAN ofrece un mayor alcance en comparación con Wi-Fi. Puede cubrir distancias de varios kilómetros en áreas rurales y suburbanas, lo que lo hace ideal para aplicaciones que requieren comunicación a larga distancia.
- **Consumo de energía:** los dispositivos LoRa pueden funcionar con baterías durante períodos prolongados, incluso años, lo que es esencial en aplicaciones de IoT donde el acceso a una fuente de energía puede ser limitado o costoso.
- **Cobertura amplia:** con una infraestructura adecuada, es posible implementar una red LoRaWAN que cubra una gran área con un menor número de estaciones base en comparación con Wi-Fi.
- **Baja interferencia:** LoRa es una modulación de espectro ensanchado, lo que le confiere una mayor resistencia a la interferencia de otras señales, en cambio, las redes Wi-Fi pueden verse afectadas por la congestión de la banda de frecuencia, especialmente en áreas densamente pobladas.
- **Costo:** en términos de infraestructura, la implementación de una red LoRaWAN puede ser más económica en comparación con una red Wi-Fi.

- **Aplicaciones específicas de IoT:** LoRaWAN se adapta especialmente a aplicaciones de IoT que requieren una larga vida útil de la batería, comunicación a larga distancia y conectividad en áreas remotas.

Tabla 1

Diferencias entre Wi-Fi y LoRa / LoRaWAN.

Características.	LoRa/LoRaWAN.	Wi-Fi.
Tipo de tecnología.	Tecnología de radiofrecuencia de largo alcance utilizada para comunicación de bajo consumo. LoRaWAN es un protocolo de red que utiliza la tecnología LoRa.	Tecnología de red inalámbrica de corto alcance utilizada comúnmente para conectividad local.
Alcance.	Alcance de varios kilómetros en áreas rurales o menor alcance en lugares poblados.	Alcance de cientos de metros en interiores y kilómetros en exteriores. La señal disminuye con obstáculos y distancias largas.
Consumo de energía.	Batería de larga potencia. Ideal para dispositivos que necesitan operar durante meses o años.	Requiere mayor energía, lo que puede afectar la duración de la batería en dispositivos móviles.
Ancho de banda.	Baja tasa de datos generalmente de pocos kilobits por segundo.	Ofrece cobertura local. Requiere más puntos de acceso para áreas grandes.
Penetración de paredes.	Capacidad para atravesar obstáculos y paredes.	Menor capacidad para atravesar obstáculos.
Costo.	Los módulos pueden ser más económicos.	Son más costosos, especialmente cuando se necesitan múltiples puntos de acceso.
Seguridad.	Ofrece seguridad de extremo a extremo a través de encriptación.	Proporciona seguridad mediante protocolos de encriptación, pero es menos seguro.

Fuente. Propia

Mediante la Tabla 1 se muestra una comparación entre LoRa / LoRaWAN y Wi-Fi, entre ellas se menciona algunas características como el tipo de tecnología en la que se diferencian debido a que LoRaWAN tiene mayor alcance incluso al momento de existir obstáculos o paredes debido a que Wi-Fi es utilizada comúnmente para conectividad local. También se logra observar que, el consumo de energía es mucho menor para las redes LoRa, aunque el ancho de banda de Wi-Fi es mucho más amplio, pero para datos de sensores y mensajes pequeños es suficiente. Una parte importante es que LoRaWAN ofrece seguridad de extremo a extremo debido a la encriptación y autenticación de mensajes, en cambio al usar Wi-Fi es menos seguro debido a que su seguridad es por medio de protocolos de encriptación.

Añadiendo a lo anterior, es importante tener en cuenta que cualquier solución de IoT que se utilice en Ecuador debe cumplir con las leyes y regulaciones del país, especialmente en lo que respecta a la privacidad de los datos y la seguridad de la información. Además, para garantizar la protección de los datos y la interoperabilidad de las soluciones de IoT, es recomendable utilizar protocolos seguros y confiables.

METODOLOGÍA DE IMPLEMENTACIÓN.

Para la implementación de redes es necesario usar una metodología de red para mantener la información de manera estructurada y organizada, facilitando la planificación, ejecución y seguimiento. Además, se evitan errores minimizando el tiempo en comparación con enfoques improvisados. También, promueve la consistencia y estandarización en la implementación de la red, asegurando que todos los componentes se encuentren configurados correctamente.

Metodología Top-Down: funciona de manera que se pueda procesar información y adquirir conocimiento, por lo tanto, se define como una estrategia. La metodología utilizada permite que el cambio se realice rápidamente si el producto necesita ser parcialmente redistribuido (Restrepo Muñoz, 2009).

Cabe recalcar que la metodología TOP DOWN es crucial. Primero se obtiene una comprensión completa de los requisitos de un cliente para evitar quedarse demasiado atrapado en los detalles. Más adelante, se podría incluir información más específica sobre el comportamiento del protocolo, los requisitos de escalada, las preferencias tecnológicas, etc. El diseño de arriba abajo reconoce que cuando se combina más información, tanto los diseños lógicos como físicos pueden cambiar (Saavedra Juan, 2015).

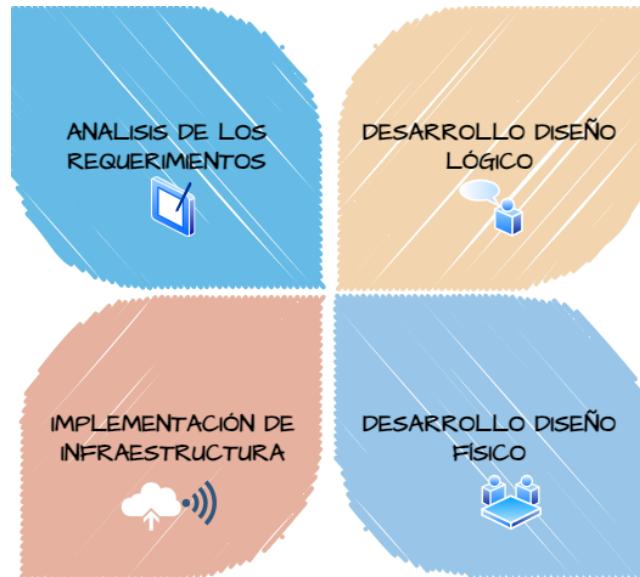
De acuerdo con Saavedra Juan (2015) existe un proceso para realizar un proyecto específico con la metodología TOP DOWN, que se detalla a continuación:

- **Fase 1:** Se analizan las metas del negocio, técnicas, la red y el tráfico existentes.
- **Fase 2:** Diseña lógico de la topología de red.
- **Fase 3:** Se selecciona tecnologías y dispositivos para redes de campus, es en donde se diseña la red física.
- **Fase 5:** implementación y diseño de la red final.

En la Figura 12 se muestra cada una de las fases nombradas anteriormente que son utilizadas en la Metodología Top-Down para la implementación de redes, con el fin de abordar el problema desde una perspectiva global, comenzando con una visión general y finalizando de manera específica en el lugar determinado.

Figura 12

Fase de Top-Down.



Fuente. Propia.

Metodología Bottom-Up: esta técnica requiere la integración de varios sistemas en uno solo. Para crear el sistema final, se especifican en detalle los detalles individuales de cada componente y se combinan. En este método, es suficiente comenzar con una característica específica en lugar de tener una visión clara del estado del proyecto al final. Es como si sistemas más pequeños se combinaran para formar un sistema más grande (Restrepo Muñoz, 2009).

De acuerdo con Restrepo Muñoz (2009) esta metodología tiene sus contras, pero, determinar la funcionalidad que se le dará a cada módulo requiere mucha intuición. Como resultado, el desarrollo del proyecto es más fácil cuando se trabaja con un sistema existente en lugar de empezar desde cero. A continuación, se muestran varios aspectos negativos:

- **Corrección de errores costosos:** los errores descubiertos durante el montaje del sistema necesitan redistribuirse, esto amplía el tiempo para la finalización.
- **Incertidumbre en cuanto a la funcionalidad:** hasta que se construya un prototipo, hay indecisiones sobre si los bloques de diseño funcionarán como se pretendía. Esto se debe a la falta de fluidez.

- **Errores tardíos y mala comunicación:** los problemas sólo se descubren al final de un proyecto, y la mala comunicación conduce a errores.

Tabla 2

Tabla comparativa de metodologías de implementación de red.

Característica.	TOP-DOWN.	BOTTOM-UP.
Enfoque.	Descendente.	Ascendente.
Proceso.	Inicia con visión general y se descompone en detalles finaliza con una visión general.	Inicia con detalles específicos y específicos.
Identificación de problemas.	Identifica problemas y toma decisiones en las etapas iniciales.	Los problemas y desafíos se abordan a medida que surgen durante la implementación.
Requisitos.	Se identifican temprano, pero algunos detalles requieren ajustes.	Pueden surgir a medida que se identifican.
Flexibilidad.	Requiere planificación sólida y comprensión clara de los requisitos.	Permite adaptarse a cambios y nuevos requisitos fácilmente.
Integración.	Se realiza después de implementar todos los detalles.	Se realiza a medida que los detalles específicos se agregan al sistema.

Fuente. Propia

De acuerdo con la tabla 2, donde se mencionan las metodologías de implementación Top-Down y Bottom-Up se concluyó utilizar la metodología conocida como Top-DOWN. Debido a que esta, se basa en un enfoque descendente, donde se comienza con una visión general del sistema y se desglosa en componentes y subcomponentes más pequeños. Además, esta metodología permite una comprensión clara de la estructura y la relación entre los componentes. Al comenzar con una visión general y desglosarla en componentes, es más

fácil crear documentación clara y completa que describa la estructura, las funciones y las interacciones de cada componente.

2.3.2.2. PLATAFORMA DE IOT.

En el segundo punto de la arquitectura de IoT se encuentra la plataforma. Esta es la parte principal de la arquitectura de IoT y actúa como intermediario entre dispositivos y las aplicaciones de usuario. Además, las plataformas son herramientas y servicios que se utilizan para conectar dispositivos IoT, procesar, analizar datos, y crear soluciones personalizadas para la gestión de dispositivos, proporcionando un conjunto de herramientas y servicios que permiten a las empresas conectar y administrar dispositivos IoT (Iñiguez Vélez, 2022).

Algunas de las plataformas descritas por Iñiguez Vélez (2022) son:

GOOGLE CLOUD PLATFORM.

Es una plataforma de IoT basada en la nube que permite conectar, administrar y procesar datos de dispositivos IoT. La plataforma cuenta con herramientas para la recopilación, procesamiento y análisis de datos de dispositivos conectados, lo que permite a los usuarios obtener información valiosa y tomar decisiones basadas en datos.

De acuerdo con Casares Carlos (2023) algunas de las características y funcionalidades clave para la plataforma de Google Cloud son:

- **Escalabilidad:** ofrece escalado automático, se puede aumentar los recursos, red y herramientas de almacenamiento según las necesidades.
- **Seguridad:** ofrece autenticación y autorización del usuario, gestión de claves de cifrado y monitoreo de seguridad.
- **Fiabilidad:** confiable y robusto, fue construida sobre una infraestructura, con centro de datos a nivel mundial. Por lo tanto, garantiza la disponibilidad, redundancia y tolerancia a fallos en los servicios.

- **Herramientas de desarrollo:** contiene una variedad de herramientas como SDK, API, entre otras. Es decir, herramientas que ayuden a empresas a implementar herramientas de manera rápida.
- **Integración con otras herramientas:** se integra de manera flexible a herramientas como Drive, Analytics, Big Query.
- **Precios competitivos:** mantiene ofertas de precios en almacenamiento y redes, aumentando su eficiencia económica.

Servicios que incluye: Google Cloud incluye algunos servicios como: computación en la nube en la que se puede usar máquinas virtuales, roles y contenedores; almacenamiento en la nube donde contiene Storage, SQL para almacenar y administrar datos; base de datos en las que se encuentra Spanner, SQL y BigTable; herramientas de desarrollo para aplicaciones que pueden ser Kubernets y Functions (Casares Carlos, 2023).

De manera que, Google Cloud es una plataforma de servicios en la nube de Google que proporciona herramientas para conectar, gestionar y analizar dispositivos IoT a gran escala. Además, permite a los usuarios obtener información valiosa de sus dispositivos conectados y tomar decisiones basadas en datos.

FIREBASE.

Firebase es una plataforma de desarrollo de aplicaciones móviles y en línea. Ofrece una serie de características y servicios que se pueden utilizar en proyectos de IoT, a pesar del hecho de que no es únicamente una plataforma IoT. Además, las finalidades de esta plataforma son el desarrollo, crecimiento, monetización y análisis (López Mora, 2020).

Firebase ofrece servicios como almacenamiento en la nube, autenticación de usuarios, bases de datos en tiempo real, mensajería en la nube, notificaciones push, análisis de datos, entre otros. Estos servicios se pueden utilizar para crear y administrar aplicaciones de Internet de las Cosas (IoT), en particular en relación con la gestión y el procesamiento de datos generados por dispositivos de IoT (González Gelvez & Eugenio García, 2020).

Según López Mora (2020) algunas de las características de acuerdo con las funcionalidades de Firebase son:

Desarrollo: incluye los servicios para el desarrollo de una aplicación móvil o un desarrollo web. Firebase tiene la opción de contribuir en que el proceso sea más rápido, realizando algunas actividades por su cuenta.

- **Firebase Realtime Database:** es una base de datos en tiempo real que permite a los desarrolladores almacenar y sincronizar datos en tiempo real entre los clientes y los servidores en formato JSON, manteniéndolos actualizados, aunque el usuario no realice ninguna opción.
- **Firestore Database:** es una base de datos en tiempo real y en la nube desarrollada por Google, es utilizada para almacenar y sincronizar datos en tiempo real entre distintos dispositivos y usuarios. En este se pueden realizar consultas flexibles, debido a que cuenta con documentos y colecciones.
- **Autenticación de usuarios:** Ofrece un sistema de autenticación robusto y seguro que permite a los desarrolladores agregar fácilmente la autenticación de usuarios a sus aplicaciones. Además, ofrece un sistema de autenticación que permite el registro mediante email y contraseña como el acceso utilizando perfiles de otras plataformas como Google.
- **Almacenamiento en la nube:** permite a los desarrolladores almacenar y recuperar archivos, como imágenes, videos, documentos, etc. También, guardar los ficheros de sus aplicaciones y sincronizarlos.
- **Crash reporting:** detecta y ayuda a solucionar los problemas con la aplicación, extrayendo un informe de los errores de manera detallada y organizada.
- **Test Lab:** permite testear la aplicación en dispositivos Android basados en los parámetros que se configuran para detectar posibles errores antes de lanzar la aplicación.

- **Remote config:** se utiliza para modificar funciones, aspectos y apariencia de la aplicación sin que sea necesario publicar una actualización.
- **Firebase Cloud Messaging (FCM):** es un servicio de mensajería en la nube que permite a los desarrolladores enviar notificaciones push a dispositivos móviles y web.
- **Hosting:** servidor para alojar aplicaciones de manera sencilla y rápida, debido a su hosting estático y seguro. Proporciona certificados de seguridad SSL y HTTP2 de manera automática y gratuita.

Crecimiento: está enfocado al crecimiento de la aplicación, contemplando la gestión de los usuarios en la misma.

- **Notificaciones:** es la parte esencial en muchas de las aplicaciones para informar al usuario eventos. Se puede diseñar y enviar notificaciones en el momento preciso, diseñadas y personalizadas.
- **App indexing:** integra las aplicaciones por el buscador de Google con el que está vinculado Firebase. De esta manera la búsqueda sobre contenido relacionado puede mostrar la aplicación que se ha indexado.
- **Dynamic Links:** permiten redirigir al usuario a zonas concretas y así, que tenga una experiencia agradable en diversas plataformas.
- **Invites:** los usuarios podrían invitar a sus contactos a utilizar la aplicación, realizado por diferentes medios como correos o mensajes.

Analítica: Firebase también cuenta con un análisis de datos y resultados, en el que puede controlar varios parámetros y obtener mediciones variadas de manera gratuita. Además, comprobar el rendimiento de eventos, notificaciones y campañas publicitarias en redes.

MICROSOFT AZURE IOT.

Es una plataforma de servicios en la nube de Microsoft que permite a los usuarios conectar, administrar y analizar dispositivos IoT a gran escala. La plataforma cuenta con herramientas para la recopilación, procesamiento y análisis de datos de dispositivos conectados, lo que permite a los usuarios obtener información valiosa y tomar decisiones basadas en datos.

De acuerdo con KeepCoding Team (2022) algunas de los casos de uso de Microsoft Azure son:

- **Almacenamiento de la nube:** permite a sus usuarios almacenar datos de manera segura y escalable, a través de un sistema Backup.
- **Desarrollo de máquina virtual:** permite crear, supervisar e implementar máquinas virtuales, utilizadas para probar sistemas operativos y desarrollos de prueba.
- **Creación de otras herramientas:** cuenta con la opción de crear diferentes tipos de aplicaciones dentro de la nube con escritorios virtuales.

Dicho brevemente, Microsoft Azure IoT proporciona herramientas para conectar, gestionar y analizar dispositivos IoT a gran escala. También, permite a los usuarios obtener información valiosa de sus dispositivos conectados y tomar decisiones basadas en datos.

A continuación, se muestra un cuadro comparativo de las características de cada una de las plataformas de IoT.

Tabla 3

Comparación de las plataformas de IoT más usadas.

Plataforma	Firebase	Azure IoT	Google Cloud IoT
Lenguajes compatibles	JavaScript, Java, Swift, C#	C, C++, C#, Java, Node.js, Python, JavaScript, Ruby, .NET	Java, Python, Node.js, Go, .NET
Proveedor	Google	Microsoft Azure	Google Cloud Platform

Integración con otros servicios en la nube	Integración con servicios de Google Cloud Platform.	Integración con servicios Azure	Integración con servicios GCP
Herramientas de gestión	Firebase Console, Firebase CLI, Firebase Hosting, Firebase Test Lab, Firebase Performance Monitoring	Azure IoT Hub, IoT Central, IoT Edge, etc.	Cloud IoT Core, Cloud IoT Edge, Cloud Pub/Sub, etc.
Precio	ofrece una capa gratuita que te permite comenzar a utilizar sus servicios sin incurrir en costos inmediatos.	Depende de la cantidad de dispositivos y uso	Depende de la cantidad de dispositivos y uso

En la Tabla 3 se muestra un análisis comparativo de diferentes plataformas de servicios en la nube para IoT, en el que se detallan algunos puntos como los lenguajes de programación compatibles, la integración con otros servicios en la nube, las herramientas de gestión en el que se puede observar que Firebase cuenta con más servicios implementados que se pueden usar para la solución que se va a desarrollar y, por último, se aprecia el precio asociado. Los proveedores mencionados son Firebase de Google, Azure IoT de Microsoft Azure y Google Cloud IoT de Google Cloud Platform.

Tomando en cuenta la comparación de cada uno de los proveedores de plataformas en la nube, se decidió utilizar Firebase debido a su facilidad en el desarrollo de aplicaciones web y móviles de manera rápida y eficiente. Además, es multiplataforma y proporciona APIs intuitivas integradas en un solo SDK, ayudando a que el programador se centre en resolver los problemas de los clientes en vez de focalizarnos en crear la infraestructura.

2.3.2.3. SENSORES Y ACTUADORES.

En el tercer punto de la arquitectura de IoT se encuentran los sensores y actuadores.

Existen diversos módulos y dispositivos que se pueden utilizar para monitorear la agricultura mediante sensores, tecnología IoT y LoRaWAN. A continuación, se presentan algunas opciones:

MÓDULOS.

Algunos de los módulos mayormente utilizados para la implementación de redes IoT que se investigaron son los que se nombran y detallan a continuación:

Arduino MKR WAN 1300: es una placa de desarrollo de IoT basada en la tecnología de comunicación de banda estrecha de largo alcance (LoRa) y la red de área amplia de baja potencia (LPWAN). Esta placa está diseñada para proyectos de IoT que requieren comunicaciones de larga distancia y baja potencia, como aplicaciones de monitoreo y seguimiento (Autorizado, 2021).

De acuerdo con Desnanjaya, et. al (2022) algunas de las características clave del Arduino MKR WAN 1300 incluyen:

- **Soporte de conectividad de red LoRaWAN:** La placa está equipada con un módulo de comunicación LoRa, que permite la transmisión de datos a través de la red LoRaWAN.
- **Bajo consumo de energía:** Utiliza un procesador ARM Cortex-M0+ de baja potencia y un módulo de radio LoRa de bajo consumo de energía.
- **Compatible con el ecosistema Arduino:** La placa está diseñada para ser compatible con el ecosistema Arduino, lo que significa que es fácil de programar y utilizar con el software y las herramientas de Arduino existentes.
- **Pequeño tamaño y portabilidad:** La placa es compacta y liviana, lo que la hace fácil de transportar y utilizar en aplicaciones móviles.

- **Conectividad inalámbrica adicional:** Además de LoRa, la placa también incluye conectividad inalámbrica Wi-Fi y Bluetooth de bajo consumo de energía.

En la Figura 13 se muestra el módulo de Arduino MKR WAN 1300 el cual es una herramienta útil para desarrolladores de IoT que buscan una plataforma de prototipado fácil de usar para proyectos que requieren conectividad de larga distancia y baja potencia.

Figura 13

Arduino MKR WAN 1300.



Nota: Adaptado de. *Didacticaselectronicas.* por *electrónica.* Fuente.

<https://www.didacticaselectronicas.com/images/stories/virtuemart/product/ABX00017.jpg>.

ESP32 LoRa SX1276: envía lecturas de temperatura, humedad y presión a través de una radio LoRa a un receptor ESP32 LoRa. El receptor muestra las últimas lecturas del sensor en un servidor web (García et al. 2019).

De acuerdo con Bertoleti (2019) algunas características de ESP32 LORASX1276 son las siguientes:

- **Microcontrolador ESP32:** potente microcontrolador de 32 bits con conectividad Wi-Fi y Bluetooth integrada. Ofrece un alto rendimiento, múltiples interfaces de E/S, amplia memoria y bajo consumo de energía.

- **Módulo de radio SX1276 LoRa:** es un dispositivo de comunicación inalámbrica que utiliza la tecnología LoRa para permitir la transmisión y recepción de datos a larga distancia con un consumo de energía reducido.
- **Bajo consumo de energía:** tanto el ESP32 como el módulo SX1276 LoRa están diseñados para ser eficientes en cuanto al consumo de energía. Esto es especialmente importante en proyectos de IoT que funcionan con baterías.
- **Compatibilidad y programación:** compatible con el entorno de desarrollo de Arduino y se puede programar utilizando el IDE de Arduino. Esto facilita la programación y el desarrollo de proyectos utilizando bibliotecas y recursos disponibles en la comunidad de Arduino.
- **Amplia aplicación en IoT:** el **ESP32 LoRa SX1276** es adecuado para una amplia gama de aplicaciones de IoT que requieren comunicación de largo alcance y bajo consumo de energía.

En la Figura 14 se muestra el módulo ESP32 LoRa SX1276 el cual cuenta con una antena de LoRa que permite la frecuencia de conexión entre dispositivos, cuenta con el Módulo de LoRa incluido dentro de la placa y cuenta con un display OLED en el cual debido a su configuración se pueden mostrar ciertos datos o mensajes.

Figura 14

Módulo ESP32 LoRa SX1276.



Fuente. *Adaptado de Amazon.*

En la Tabla 4 se destacan algunas características mediante un cuadro comparativo con puntos claves entre el Arduino MKR WAN 1300 y ESP32 LoRa SX1276 en términos de microcontrolador en el que no de ellos contiene ESP32 que es mucho mejor que SAMD21, se observa que Arduino MKR no contiene LoRa en cambio el módulo ESP32 sí incluye LoRa, sin embargo, Arduino se puede conectar a LoRa ubicando el Módulo de LoRa de manera externa. Además, Arduino no cuenta con conectividad Wi-Fi ni bluetooth, por lo tanto, no serviría como Gateway. Por último, ESP32 no cuenta con una ranura para tarjeta SIM. Por lo tanto, se decidió utilizar el módulo ESP32 LoRa SX1276, debido a la inclusión con Lora y su conectividad con Wi-fi, por tal motivo uno podría funcionar como gateway, para receptar los datos.

Tabla 4

Comparación entre las placas de Arduino y ESP32.

Característica	Arduino MKR WAN 1300	ESP32 LoRa SX1276
Microcontrolador	SAMD21 de 32 bits	ESP32
Incluye LoRa	No	Sí
Conectividad LoRa	Sí	Sí
Conectividad Wi-Fi	No	Sí
Conectividad Bluetooth	No	Sí
Ranura para tarjeta SIM	Sí	No
Antena integrada	Sí	Depende del módulo
Arquitectura de programación	Arduino	Arduino y otros
Compatibilidad IDE	Arduino IDE	Arduino IDE
Lenguaje de programación	Arduino	Arduino, C++, otros
Características adicionales	-	Variante de módulos LoRa

Nota. Cuadro comparativo de las características de MKR WAN 1300 y ESP32 LoRa SX1276.

Fuente. Propia

SENSORES DE HUMEDAD.

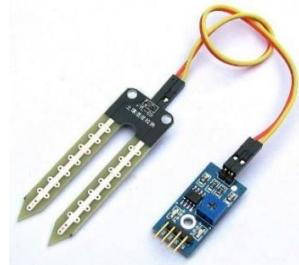
Algunos de los sensores de humedad mayormente utilizados para la implementación de redes IoT mediante LoRa investigadas, se nombran y detallan a continuación:

Sensor YL-69: es un sensor del suelo resistivo que se utiliza para medir la humedad del suelo en aplicaciones de agricultura. Este tipo de sensor mide la resistencia eléctrica del suelo, la cual varía en función de la humedad, tal como se muestra en la figura 15.

Es importante calibrar el sensor correctamente para obtener mediciones precisas de la humedad del suelo. Se recomienda utilizar el sensor en conjunto con otros sensores para obtener mediciones más precisas y completas.

Figura 15

Sensor de humedad YL-69.



Nota. Adaptado de *Electrónico Caldas.* Fuente. https://www.electronicoscaldas.com/2621-large_default/sensor-de-humedad-en-suelo-yl-69.jpg

Algunas de las principales características del sensor de humedad YL-69 son:

- La humedad del suelo se mide a través de la resistencia eléctrica.
- Su rango de humedad va de 0-100% RH.
- Su rango de voltaje de entrada es de DC 3-5V.
- Tiene bajo costo y es fácil de utilizar.

HD-38 higrómetro anticorrosivo: es un dispositivo utilizado para medir la humedad relativa en entornos corrosivos. Está diseñado específicamente para aplicaciones en las que los materiales y gases presentes pueden dañar los sensores convencionales de humedad, tal como se logra observar en la figura 16. Además, consiste en una sonda con dos terminales

metálicas separadas adecuadamente y un módulo que realiza el tratamiento de datos entregando una salida Análoga y una salida Digital (Calle Sarmiento & Chacha Yumbla, 2022).

Figura 16

HD-38 HIGRÓMETRO.



Nota. Adaptado de. Electro Store Fuente. https://grupoelectrostore.com/wp-content/uploads/2022/08/D_NQ_NP_910728-MLC46861534342_072021-O.jpg

Según Calle Sarmiento & Chacha Yumbla (2022) se presentan algunas características y aspectos destacados del HD-38 Higrómetro Anticorrosivo:

- **Resistencia a la corrosión:** Se construyó con materiales resistentes a la Corrosión.
- **Rango de medición:** Sigue medir la humedad relativa en un amplio rango.
- **Salida de señal:** El dispositivo proporciona una salida de señal electrónica proporcional.
- **Precisión y calibración:** Diseñado para ofrecer mediciones relativas y confiables.
- **Aplicaciones típicas:** comúnmente utilizado en industrias

Tabla 5

Comparación entre HD-38 y YL-69.

Característica	Sensor de humedad YL-69	Higrómetro HD38
----------------	-------------------------	-----------------

Principio de funcionamiento.	Medición resistiva de humedad del suelo.	Medición de humedad relativa en entornos corrosivos.
Aplicación.	Medición de humedad del suelo en aplicaciones agrícolas y de jardinería.	Medición de humedad relativa en entornos corrosivos.
Rango de medición.	Variable según el tipo de suelo.	0% a 100% de humedad relativa.
Salida de señal.	Señal analógica.	Puede variar (analógica o digital).
Resistencia a la corrosión.	No diseñado para entornos corrosivos.	Diseñado en entornos corrosivos.
Calibración.	Puede requerir calibración y ajuste.	Puede requerir calibración.
Precio.	Generalmente más económico.	Precio puede variar según el modelo y características.
Precisión.	Menos preciso	Mayor precisión.

Fuente. Propia.

En la Tabla 5 se muestra una comparación entre los sensores YL-69 y el sensor HD-38 ambos se utilizan para mediciones de humedad en el suelo, aunque el sensor HD-38 se utiliza más para entornos corrosivos. Se debe tener en cuenta que entre ellos el que obtiene datos con mayor precisión es el HD-38, incluso tiene señal analógica y digital, no obstante, el precio de este es más elevado que el YL-69. Por esta razón, se decidió utilizar ambos sensores para poder obtener un promedio de los datos con mayor precisión.

2.3.2.4. APPLICACIONES WEB.

Como cuarto punto se encuentran las aplicaciones web. Las aplicaciones son un sistema que puede visualizar el usuario e interactuar con él, con el fin de realizar tareas específicas. Cada aplicación se encuentra diseñada para cumplir una función, suelen tener interfaces de usuario intuitiva y fáciles de usar. Además, estas aplicaciones no necesitan ser instaladas, debido a que están almacenadas en la nube y se puede acceder a ellas desde cualquier parte del mundo (Pincay Castro, 2022).

¿COMO FUNCIONAN LAS APPLICACIONES WEB?

Al momento de trabajar desde un computador o dispositivo móvil con una aplicación web, la mayor parte del procesamiento ocurre en una red de servidores. Estos servidores pueden combinar todo su poder de procesamiento para procesar solicitudes en todo el mundo, y a su vez, utilizan servidores especializados para almacenar los datos con los que está trabajando, así como los datos de los demás usuarios (Pincay Castro, 2022)

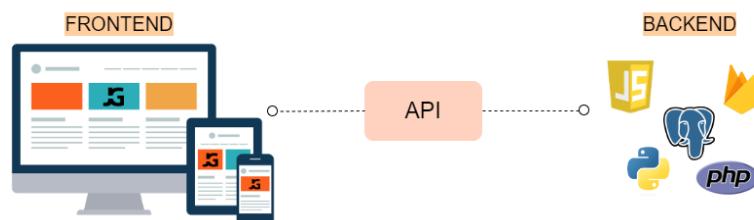
FRONTEND Y BACKEND

La parte del sitio web que interactúa con los usuarios se conoce como frontend, por lo que decimos que está del lado del cliente. El backend es el componente que se conecta con la base de datos y el servidor del sitio web, por lo que se dice que corre del lado del servidor. Estos dos conceptos son fundamentales para cualquier persona que trabaje en el mundo digital porque explican a grandes rasgos cómo funciona un sitio o aplicación web (Pincay Castro, 2022).

Cabe recalcar que, el backend incluye la lógica de la aplicación que gestiona estos datos. Los desarrolladores de backend son responsables de garantizar que la lógica del sitio funcione correctamente, que la información se transmita de manera segura y que el funcionamiento de la aplicación no dificulte la experiencia del usuario (Pincay Castro, 2022).

Figura 17

Frontend y Backend.



Fuente. Propia.

En la figura 17 se muestra el frontend que es la interfaz de la página con la que el usuario puede interactuar, muestra la API y el backend que es donde se realizan las

configuraciones necesarias para que el frontend se encuentre funcional con cada uno de sus procesos.

LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.

El lenguaje de programación es un conjunto de reglas en el que se escriben instrucciones y códigos que una computadora puede entender y ejecutar. Es el medio de comunicación entre el programador y la computadora, permitiendo crear programas y software para realizar diversas tareas y resolver problemas específicos.

De acuerdo con Pincay Castro (2022) algunos de los lenguajes de programación que se usan con mayor frecuencia son:

- **HTML:** la mayoría de las páginas web y aplicaciones en línea utilizan el lenguaje de marcado de hipertexto (HTML). Debido a que, es una serie de marcas que indican a los servidores web la estructura y el estilo de un documento, mientras que un hipertexto es un texto que se utiliza para enlazar con otros textos.
- **CSS:** facilita el trabajo de los desarrolladores frontend al separar las estructuras de un documento HTML de su presentación. En otras palabras, el HTML proporcionaría la estructura fundamental de la web, mientras que el CSS agregaría todas las capas de personalización que conforman el aspecto final de la web. Después de seguir esta base, es muy sencillo para un diseñador web cambiar la apariencia de una web sin afectar significativamente su contenido. El contenido siempre será el mismo, solo cambia como lo vemos. CSS es simple de entender y usar. Además, brinda un control sobre cómo diseñar documentos HTML.
- **Java Script:** es el lenguaje de programación que se utiliza para hacer que las páginas web sean más interactivas y dinámicas. JavaScript no requiere un compilador, debido a que, el navegador lee el código directamente sin la ayuda

de terceros. Por lo tanto, se reconoce como uno de los tres lenguajes nativos de la web, junto con HTML y CSS.

BASE DE DATOS.

Las bases de datos son colecciones organizadas de información estructurada que se almacenan y gestionan electrónicamente. Estas bases de datos están diseñadas para proporcionar un almacenamiento eficiente de datos, recuperación rápida de datos y manipulación de datos. Se utilizan en una amplia gama de aplicaciones e industrias, incluyendo empresas, instituciones educativas, organizaciones gubernamentales y más (Córdova Espinoza & Cuzco Sarango, 2013).

De acuerdo con Córdova Espinoza & Cuzco Sarango (2013) existen algunos tipos de bases de datos, entre ellas base de datos relacionales y las bases de datos no relacionales (NoSQL). Cada tipo tiene sus propias características y se adapta a diferentes necesidades y casos de uso. Como se detalla a continuación:

Bases de datos relacionales: la información se organiza en tablas con columnas y filas en bases de datos relacionales, que establecen relaciones lógicas entre las tablas utilizando identificadores primarios y externos. Además, se basan en un modelo relacional, por el cual utilizan el lenguaje de consulta estructurado que se conoce como SQL para consultar y manipular los datos (Córdova Espinoza & Cuzco Sarango, 2013).

De acuerdo con López Herrera (2016) algunas de las bases de datos relacionales más usadas pueden ser:

- **MySQL:** Es un sistema de bases de datos relacionales utilizado por una amplia cantidad de programadores. Es de código abierto y ofrece una cantidad significativa de escalabilidad y productividad. MySQL se utiliza en una amplia gama de aplicaciones, desde sitios web sencillos hasta sistemas empresariales complejos.

- **PostgreSQL:** Se utiliza ampliamente en una variedad de entornos, desde aplicaciones pequeñas a grandes empresas. Proporciona características avanzadas como soporte para transacciones ACID, integridad de referencia, vistas, disparadores, procedimientos almacenados y funciones definidas por el usuario. Además, permite la creación de índices para mejorar el rendimiento consultivo y ofrece la posibilidad de ampliar su funcionalidad a través de extensiones y complementos.

Bases de datos no relacionales: la forma en que organizan y almacenan los datos es diferente a la de las bases de datos relacionadas. Estas bases de datos son conocidas como NoSQL. A diferencia de las bases de datos relacionales, NoSQL no emplea la idea de tablas con relaciones fijas entre ellas. Son especialmente útiles en aplicaciones que requieren alta escalabilidad, rendimiento y flexibilidad. Facilitan la adición y modificación de datos sin tener que hacer cambios en la estructura actual porque carecen de un esquema rígido. Además, se pueden dividir en varios servidores, lo que facilita la escalada horizontal (López Herrera, 2016).

Algunas de las bases de datos no relacionales más conocidas pueden ser:

- **MongoDB:** es una base de datos orientada a NoSQL, la cual, almacena datos en documentos JSON flexibles, por lo que es adecuado para la gestión de datos no estructurados o semiestructurados. Una de las cualidades distintivas de MongoDB es su flexibilidad con respecto al modelo de datos, debido a que, no necesitan una estructura fija y pueden tener varios campos y estructuras dentro de la misma colección. Esto permite responder fácilmente a los cambios en los requisitos de datos sin tener que cambiar la estructura actual (Usaola, 2015).
- **Firebase Realtime Database:** es una base de datos NoSQL en tiempo real ofrecida por la plataforma de desarrollo de aplicaciones de Google, Firefox. Debido a que es NoSQL, Firebase Realtime Database se aleja del concepto

convencional de bases de datos relacionales y utiliza una estructura de datos flexible y escalable. Esta base de datos almacena la información en una estructura de árbol de JSON en lugar de los formularios de tabla con filas y columnas. Los datos se organizan en nodos, donde cada nodo puede incluir valores primitivos (como codificación de texto, valores numéricos u operadores booleanos) o incluso diferentes nodos (Zimányi, Martínez, & López, 2018).

Tabla 6

Comparación entre bases de datos.

Características.	Bases de datos.			
	Relacional.		No relacional.	
	MySQL.	PostgreSQL.	MongoDB.	Realtime Database.
Modelo de datos.	Tablas y relaciones.		Colección y documentos.	Árbol de datos.
Lenguaje de consulta.	SQL (Structured Query Language).		MongoDB Query Language (MQL).	Firebase Realtime Database API.
Escalabilidad.	Puede tener límites.	Robusto.	Diseñado para distribución.	Diseñado para tiempo real.
Flexibilidad.	Esquema rígido.	flexible con tipos de datos definidos.	Esquema flexible sin estructura fija.	
Indexación.	Admite índice para consultas rápidas.		Admite índices para mejor rendimiento.	Admite índices para tiempo real.
Transacciones.	Soporta transacciones ACID.		Transacciones solo a nivel de documentos.	No soporta transacciones ACID.
Lenguajes de soporte.	Amplio soporte para varios lenguajes.		soporte para varios lenguajes.	

De acuerdo con la tabla 6 en la que se muestra una comparación de las bases de datos MySQL, PostgreSQL, MongoDB y Realtime Database, se decidió utilizar una de las bases de datos no relacional que en este caso es Realtime Database, debido a la facilidad de uso y a la distribución a través de múltiples servidores para manejar grandes volúmenes de información sin perder rendimiento. Además, está diseñada para trabajar en tiempo real y no contiene una estructura fija, por lo tanto, es bastante flexible.

METODOLOGÍA DE DESARROLLO DE SOFTWARE

En esta parte se define la interfaz a través de la cual los usuarios interactúan con el Sistema IoT. En este caso será una aplicación Web diseñado para proporcionar información de humedad, presión y temperatura. Cabe recalcar que el sitio web permitirá a los usuarios monitorear la humedad del suelo, presión y temperatura de la zona, realizar análisis por medio de gráficos, visualizar los datos recopilados por los sensores.

El enfoque colaborativo, fluido y adaptable adoptado por las metodologías ágiles las distingue de otros enfoques y prácticas utilizadas en el desarrollo de software y gestión de proyectos. Estos métodos enfatizan la entrega continua de valor al cliente y la capacidad de responder a las circunstancias cambiantes y las necesidades urgentes (Boehm, 2005).

Algunas de las metodologías de desarrollo más conocidas son:

KANBAN: el objetivo principal del método Kanban es visualizar el flujo de trabajo, identificar los obstáculos y reducir los tiempos de espera, al tiempo que fomenta un mejor trabajo en equipo y la comunicación entre los miembros. Al utilizar el sistema Kanban, los equipos pueden tener una comprensión clara de las tareas que deben ser completadas, las que actualmente están siendo trabajadas y las que ya han sido terminadas, lo que facilita la planificación, la asignación de recursos y la toma de decisiones (Estrada Angeles, 2006).

El sistema se basa en el uso de tarjetas visuales o etiquetas para indicar tareas o componentes de trabajo como se muestra en la Figura 18. Estas tarjetas se ubican en una tabla que normalmente se divide en columnas etiquetadas “Para hacer”, “En curso” y

“Completado”, las cuales indican las diferentes etapas del proceso de trabajo. Cada columna tiene un número máximo de cartas que puede mantener, lo que ayuda a limitar el trabajo en curso y alentar el flujo continuo de trabajo (Estrada Angeles, 2006).

Figura 18

Metodología Kanban.



Nota. Adaptado de *Tecnosoluciones por Gestión de proyectos* el 15 julio del 2020. Fuente.

<https://tecnosoluciones.com/wp-content/uploads/2020/07/Cabecera-Art%C3%ADculos-3.jpg>.

XP (EXTREME PROGRAMMING): de acuerdo con Letelier Patricio & Penadé Carmen (2012) el cual nos define a XP como una metodología ágil que enfatiza la importancia de las relaciones interpersonales para el éxito del desarrollo de software al tiempo que fomenta el trabajo en equipo, cuida el aprendizaje de los desarrolladores y fomenta un entorno de trabajo positivo. La base de XP es la comunicación continua entre el cliente y el equipo de desarrollo, líneas abiertas de comunicación entre todos los participantes, simplicidad en las soluciones adoptadas, y la capacidad de adaptarse al cambio. XP se describe como particularmente adecuado para proyectos con requisitos ambiguos que cambian con frecuencia y donde existe un alto riesgo técnico.

Según Letelier Patricio & Penadé Carmen (2012) algunas de las principales características que se establecen para XP son las siguientes:

- Para acelerar el proceso de desarrollo y asegurarse de que se cumplan los requisitos, XP se centra en el uso del historial de usuarios.

- Para los miembros del equipo, incluyendo el cliente, desarrollador y entrenador, XP especifica ciertas tareas.
- Para mejorar el código y reducir la deuda técnica, XP emplea procesos de desarrollo iterativos, pruebas continuas y refactoring.
- Para una mejora continua de la calidad, XP incorpora técnicas especiales como la programación en pareja, la propiedad colectiva del código y las ediciones frecuentes.

SCRUM: de acuerdo con Schwaber & Sutherland (2017) las decisiones tomadas en el proceso Scrum se basan en la observación, la experiencia y la experimentación. Transparencia, inspección y adaptación son los tres pilares de Scrum. Esto apoya la idea de trabajar iterativamente.

La confianza es un defecto en el equipo Scrum que une a todos los demás componentes. En ausencia de confianza, puede haber tensiones y barreras en la forma en que el trabajo se lleva a cabo en un equipo Scrum. Los valores Scrum también son esenciales para que los equipos Scrum se adhieran a ellos porque ayudan a orientar su estilo de (Schwaber & Sutherland, 2017).

Figura 19

Valores de la metodología Scrum.



Nota. Obtenido de Scrum por Schwaber & Sutherland en 2017 Fuente.

<https://www.scrum.org/learning-series/what-is-scrum>

De acuerdo con la Figura 19 los miembros del equipo Scrum deben tener en cuenta los valores del coraje, el enfoque, el compromiso, el respeto y la apertura. Los valores de Scrum son especialmente significativos en entornos donde la experimentación es esencial para el progreso.

Tabla 7

Comparación entre las metodologías de desarrollo.

Característica.	Scrum	XP (Extreme Programming)	Kanban
Enfoque	Gestión de proyectos desarrollo de productos.	Enfoque de desarrollo de software ágil, centrado en la calidad.	Gestión de flujo de trabajo diseñada para visualizar y optimizar el trabajo.
Roles	Scrum Master, Product Owner, Equipo de desarrollo	No define roles específicos, sino que enfatiza la colaboración.	No define roles, pero permite roles según la necesidad del equipo.
Iteraciones	Trabajos de 1 a 4 semanas	Trabajo continuo y entregas frecuentes.	El trabajo fluye de forma continua.
Planificación.	Planificación de sprint y revisión de retrospectivas.	Planificación ágil y enfoque en la adaptación continua.	EL trabajo se inicia y se completa según la demanda.
Reuniones	Reuniones diarias, Sprint Planning, Sprint Review y Sprint Retrospective.	Reuniones de equipo frecuentes y comunicación continua.	No define reuniones específicas.
Visualización.	Usa tableros Scrum para visualizar las tareas en cada sprint.	Enfatiza el uso de tarjetas Kanban para visualizar y gestionar el flujo.	Utiliza tableros kanban para visualizar el flujo y el estado.

Priorización	Backlog de producto con items priorizados por el product Owner	Se priorizan las tareas y se ajustan según la retroalimentación del cliente.	No prioriza tareas, las pueden variar.
Flexibilidad	Ofrece flexibilidad dentro de los Sprints.	Se adapta a los cambios y prioriza la entrega de valor en función a las necesidades del cliente	Proporciona una gran flexibilidad para ajustarse a las demandas cambiantes.
Tamaño del equipo	Idealmente de 5 a 9 miembros	Generalmente de 2 a 10 miembros	Equipos de diferentes tamaños de acuerdo con sus necesidades.

Fuente. Propia

De acuerdo con la tabla 7 en la que se mencionan algunas características de las metodologías de desarrollo ágiles más conocidas, se tomó la decisión de utilizar Kanban como metodología de trabajo. Debido a que, Kanban se distingue por su enfoque en la gestión de flujo de trabajo ágil, diseñada para visualizar y optimizar el trabajo. Además, no necesita planificación estricta, reuniones, priorización, iteraciones ni una cantidad de miembros específicos. Es decir, es muy adaptable a las necesidades del proyecto.

2.3. CONCLUSIONES

En este capítulo se han examinado precedentes históricos, permitiendo a los lectores ver cómo el avance de la tecnología se ha convertido en un factor clave en el progreso de la humanidad. Lo que conlleva a un punto en el que la tecnología desempeña un papel crucial en la sociedad moderna, destacando cómo ha cambiado la agricultura a lo largo del tiempo. Desde las técnicas agrícolas más tempranas hasta las prácticas contemporáneas, la humanidad ha buscado continuamente aumentar la productividad y la eficiencia en esta área.

Cabe recalcar que, la arquitectura de un sistema IoT para la agricultura inteligente generalmente involucra una red de comunicaciones, donde se pueden utilizar diferentes

protocolos, como LoRaWAN o Wi-Fi. Debido a que, la capacidad de recopilar y analizar datos en tiempo real a través de sensores y actuadores ha permitido a los agricultores tomar decisiones más informadas y precisas. Se debe tener en cuenta que, LoRaWAN es un protocolo inalámbrico de largo alcance y bajo consumo de energía, ideal para aplicaciones agrícolas que abarcan grandes áreas de terreno.

En cuanto a las plataformas utilizadas, Firebase ha demostrado ser una opción popular en el ámbito de la agricultura inteligente. Con su capacidad para almacenar y procesar datos en tiempo real, Firebase permite a los agricultores monitorear y controlar su cultivo de manera eficiente. La implementación de Realtime Firebase como base de datos asegura que los datos se actualicen instantáneamente, lo que permite una toma de decisiones más rápida y precisa.

En términos de los componentes del sistema, los sensores y actuadores desempeñan un papel vital en la recolección de datos y la ejecución de acciones en la agricultura inteligente. El uso de sensores como el módulo ESP32 LoRa SX1276, el sensor de temperatura BME280 y el sensor de humedad YL-69 permite monitorear las condiciones ambientales del cultivo.

Finalmente, la metodología de desarrollo TOP-Down se ha utilizado en el proceso de implementación de este sistema. Esta metodología se caracteriza por un enfoque secuencial, comenzando desde un nivel alto de abstracción y desglosando gradualmente el sistema en componentes más detallados. Esto permite una mejor comprensión de los requisitos y una planificación más efectiva para el desarrollo del sistema de agricultura inteligente.

CAPITULO III

MARCO INVESTIGATIVO.

En el capítulo siguiente se describe detalladamente la metodología, que cubre el tipo y el método de investigación, así como la encuesta y/o entrevista predeterminada. Se describirán las fuentes primarias y secundarias utilizadas, también, el mecanismo de recopilación de datos. Además, se presentarán detalles de los resultados obtenidos utilizando la herramienta de recopilación de datos en uso.

3.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Cabe recalcar que para la implementación del prototipo además de encuestar y entrevistar a algunos productores encargados de los cultivos, también, se efectuó una visita al sitio. Esto se hizo con el fin de determinar las condiciones en las cuales se realiza la producción de pitahaya roja, para conocer la zona de los cultivos, el tamaño para así evaluar sus métodos y técnicas de segregación, con el fin de estructurar la red de los dispositivos y abarcar toda la zona cultivada (Cauas Daniel, 2015).

Apoyándose en el análisis de la información recopilada, se determina que el tipo de investigación será descriptiva y experimental, debido a que, se obtendrán tanto resultados cuantitativos como cualitativos.

3.1.1 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

La investigación descriptiva es utilizada para explicar y comprender la situación en un ambiente real. Su objetivo principal es recopilar datos y caracterizarlos objetivamente sin intentar establecer relaciones causales ni explicar la situación estudiada. Además, se encarga de proporcionar respuestas a preguntas como: “¿Qué es? ¿Cómo es? ¿Cuándo ocurre? ¿Dónde ocurre? ¿Quién está involucrado?”, mas no, el ¿Por qué? (Nieto Esteban, 2018).

Por esta razón, mediante esta investigación se recopila toda la información conocida sobre los parámetros, técnicas, conceptos y métodos utilizados para controlar eficazmente la humedad en las plantaciones de pitahaya roja.

3.1.2 INVESTIGACIÓN EXPERIMENTAL

La investigación experimental implica establecer una hipótesis y realizar experimentos controlados para probarla. Por lo tanto, esta investigación se encarga del diseño y la implementación de la red que se utiliza para almacenar los datos de la base de datos. Esta sección se centra en el diseño de un sistema específico que se utilizará en “Finca Catagua” para medir la humedad en las cepas de pitahaya (Murillo Javier, 2011).

Como resultado, mientras que la investigación experimental permitirá diseñar, implementar y evaluar la solución propuesta en un entorno controlado, la investigación descriptiva logrará obtener una sólida base de conocimiento existente en la implementación, mediante pruebas.

3.2 MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

Conforme a los métodos de investigación tales como encuestas, entrevistas y observación, utilizadas para recolectar datos e información importante a modo de perspectivas teóricas o marcos conceptuales, deben incluir el método cuantitativo y cualitativo detallados a continuación:

3.2.1 MÉTODO CUANTITATIVO

El enfoque cuantitativo se basa en los principios y métodos de la lógica, se centra en la recopilación y análisis de los datos numéricos. Por lo tanto, la información ha sido recopilada mediante encuestas, análisis de registros del antes y el después para encontrar patrones, relaciones y regularidades en las variables de medida de los cultivos de pitahaya (Fernandez Paúl, 2016).

3.2.3 MÉTODO CUALITATIVO

El enfoque cualitativo de la investigación se centra en comprender y explorar las experiencias y perspectivas. Además, se basa en la recopilación y el análisis de los datos no numéricos como es el caso de las observaciones que se elaboraron en la zona donde se encuentran los cultivos de pitahaya y las entrevistas realizadas a algunos encargados del cuidado y la producción de cultivos. Los resultados serán presentados en pequeñas descripciones, lo cual permite una comprensión completa del tema estudiado (Fernandez Paúl, 2016).

3.3 FUENTE DE INFORMACIÓN DE DATOS

A continuación, se presentan algunas fuentes de información tanto primarias como secundarias que se utilizaron para obtener información importante sobre el control de la humedad en las plantaciones de pitahaya roja:

3.3.3 FUENTES PRIMARIAS

De acuerdo con Cabrera Méndez (2010) algunas de las fuentes primarias que se utilizaron para recopilar información importante se definen a continuación:

- Datos recolectados por medio de la observación en los cultivos en los cuales se incluyen las mediciones de humedad, temperatura y observaciones del campo. Cabe recalcar que, esto se lo realizó gracias a la aceptación del gerente el cual apoyó con la investigación y datos debidamente requeridos.
- Entrevistas a los diferentes agricultores que tienen el conocimiento profesional para los cultivos proporcionando información detallada sobre técnicas, prácticas y mejoras para un control de humedad mejorado. Esta entrevista fue realizada a el propietario de la “FINCA CATAGUA” y al encargado de la finca “LOS CHOKOLYTO” en la ciudad de Montecristi.
- Encuestas que se realizaron a algunos agricultores de pitahaya en diferentes ciudades de Manabí, como lo son Rocafuerte, Santa Ana, Portoviejo y

Montecristi, con el fin de recopilar datos cuantitativos y cualitativos para el análisis completo en los sembríos de pitahaya.

3.3.4 FUENTES SECUNDARIAS

De acuerdo con Cabrera Méndez (2010) las fuentes secundarias son las que se componen a base del análisis documental. Es decir, alguien ha investigado y obtenido información acerca de un tema específico con el que se tenga la misma finalidad.

Como fuentes secundarias se obtuvieron algunas investigaciones de diferentes autores relacionadas con el control de humedad en los cultivos, los cuales fueron artículos, tesis, informes técnicos y libros. También, se tomaron en cuenta los datos recolectados y registros históricos obtenidos de manera física en la finca, tales en los que, se muestra variables relevantes como humedad, temperatura y cambios climáticos.

3.4 MECANISMOS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS

El objetivo principal de este proyecto es mejorar la gestión de la humedad en los campos, que es esencial para garantizar un crecimiento saludable y una producción óptima de la pitahaya roja. Los mecanismos específicos utilizados en este proyecto para la recolección de los datos muestran la segmentación, población, las técnicas de muestreo y el tamaño de la muestra.

3.4.1 SEGMENTACION

De acuerdo con Aranda Castillo (2018) la segmentación es el proceso de dividir un mercado en segmentos o grupos identificables que sean significativos, con el propósito de que el mercado se ajuste a la medida de las necesidades de uno o más segmentos específicos. La segmentación como término general se divide en segmentación por ubicación y demografía.

La segmentación de este proyecto está dirigida a agricultores de pitahaya de la comuna Bajo del Pechiche que se especializa en el cultivo de pitahaya roja del cantón

Montecristi. Debido a que, estos productores están interesados en soluciones que mejoren la gestión de la humedad del suelo y maximicen la producción de la pitahaya roja.

3.4.2 POBLACIÓN

Según Tamayo (2012) la población es la totalidad de un fenómeno de estudio, que incluye todas las unidades de análisis que lo integran, y se calcula para un estudio específico mediante la integración de un conjunto N de entidades que participan de una característica específica. Se le conoce como población porque constituye la totalidad de una investigación.

Esta fase se refiere al conjunto total que se desea estudiar, en este caso la población que se tiene como objetivo está compuesta por 11 agricultores de pitahaya en diferentes zonas de Montecristi. Estos agricultores son los que se ocupan de las dificultades en la gestión de la humedad del suelo y la producción de pitahaya.

3.4.3 TÉCNICA DE MUESTREO

Las técnicas de muestreo son métodos que se utilizan para representar una sección representativa de una población más grande con el fin de realizar generalizaciones sobre la población sin inspeccionar cada elemento individualmente. Esta técnica es considerablemente utilizada en variedades de campos como estadística, investigación de mercado, sociología entre otras. Su objetivo principal es obtener una muestra en la que se refleje de manera precisa las características y variabilidad de la población con el fin de obtener resultados y tomar decisiones (Otzen Tamara & Carlos, 2017).

3.4.3.1 TIPOS DE TÉCNICAS.

Una muestra puede ser obtenida de manera probabilística o no probabilística, de acuerdo con las necesidades y requisitos del proyecto. Para obtener una muestra precisa se debe tener en cuenta la población en la que se va a realizar el estudio y su enfoque. Además, entre mayor sea la muestra menor será el error de muestreo.

De acuerdo con Pimienta Lastra (2000) algunos de los tipos de muestreo se nombran a continuación:

Probabilístico: permiten conocer la probabilidad que cada individuo a estudiar tiene de ser incluido a través de una selección al azar. Es decir, los elementos que conforman el conjunto tienen la misma posibilidad de ser elegidos para formar parte de la muestra. Existen varios tipos de muestreo probabilístico los cuales son:

- **Aleatorio simple:** cada sujeto tiene una probabilidad de ser seleccionado
- **Estratificado:** cuando la muestra incluye subgrupos, en cada uno de ellos se utiliza el muestreo sistemático.
- **De conglomerados:** es de acuerdo con las unidades geográficas como distritos, pueblos, organizaciones, entre otros.
- **Sistemático:** se toman todos los individuos de la lista y se selecciona un numero al azar.

No probabilístico: la selección de los sujetos de estudio dependerá de ciertas características y criterios. Es decir, se apoya en la selección de las personas de acuerdo con las probabilidades de la investigación. Cabe recalcar que, existen varios tipos de muestreo no probabilístico los cuales son:

- **Intencional:** se apoya en la opinión del investigador.
- **Por conveniencia:** es la muestra que está disponible en el tiempo o periodo de la investigación.
- **Consecutivo**
- **Por cuotas:** todos los elementos conocidos de la población tienen que exponerse en la muestra
- **Bola de nieve:** se aprovecha o utiliza personas disponibles en el momento en que se realiza el estudio.

Tabla 8

Comparación de muestreo probabilístico y no probabilístico.

Característica	Probabilístico	No Probabilístico
Principio de selección.	Selección aleatoria de elementos de la población.	Selección basada en criterios subjetivos.
Inclusión en la muestra.	Todos los elementos tienen la oportunidad de ser seleccionados.	Todos los elementos tienen la oportunidad de ser seleccionados.
Generalización.	Permite generalizaciones a la población objetivo.	Generalización limitada o no recomendada.
Cálculo de errores.	Posibilidad de calcular los errores de muestreo y establecer intervalos de confianza.	Los errores de muestreo pueden ser difíciles de calcular y establecer.

Fuente. Propia

De acuerdo con la tabla 8 en la que se muestra una comparación entre las técnicas de muestreo, tomando en cuenta el principio de selección, la inclusión en la muestra, la generalización y el cálculo de errores. Por tal motivo, se concluyó utilizar una técnica de muestreo no probabilística específicamente, la muestra por conveniencia, debido a que, su selección es basada en criterios subjetivos. En lugar de utilizar un proceso de selección arbitrario, esta técnica de muestreo requiere la selección de los agricultores de pitahaya de una manera práctica, teniendo en cuenta su accesibilidad y disponibilidad (Díaz, 2006).

3.4.4 TAMAÑO DE LA MUESTRA

La muestra es una selección de los encuestados elegidos y que representan la población total, el tamaño de esta es una porción significativa que cumple con las características minimizando costos y tiempo. En otras palabras, es la cantidad de datos que se procesan y analizan con el fin de obtener resultados representativos y confiables (Tamayo, 2012).

El tamaño de la muestra en este proyecto depende de algunos factores como el acceso y la disponibilidad de los agricultores. Debido a, la limitación de los agricultores que estaban disponibles durante el periodo de investigación se seleccionaron los casos de manera conveniente.

En este caso, se contactaron y seleccionaron para llenar las encuestas a 7 agricultores de varias ciudades entre ellos Montecristi, Santa Ana, Portoviejo y Rocafuerte. Para la entrevista se seleccionaron 2 de ellos con los que era más factible reunirse en el tiempo determinado. Estos agricultores fueron elegidos porque estuvieron dispuestos a participar en el estudio y se encontraban disponibles en el momento en que se llevó a cabo la investigación.

Cabe recalcar que, no es necesario un cálculo estadístico de las probabilidades. Sin embargo, se seleccionó un tamaño de muestra que permitió obtener información significativa y variada en los agricultores encuestados y entrevistados de la ciudad de Montecristi de la provincia de Manabí.

3.5 HERRAMIENTAS DE RECOPILACIÓN DE DATOS

Algunas herramientas utilizadas para el proceso de recopilación de datos son las siguientes a detallar:

3.5.1 ENTREVISTA

Se realizaron entrevistas a los agricultores de dos fincas ambas en la ciudad de Montecristi. Una de ellas en la “Finca Catagua” y otra en la finca “Los Chokolytos”, con el fin de establecer una conversación con los encargados de la producción y cuidado del campo, permitiendo obtener información detallada, perspectivas y experiencias en la producción. Además, de aclarar algunas dudas que surgieron de acuerdo con el proceso de la investigación (Avila, González, & Licea, 2020).

Es necesario resaltar que, con la determinación de este proyecto es favorable la interacción de primera mano con los encargados de llevar a cabo la supervisión de los cultivos, permitiendo así la obtención de datos, sugerencias e inconformidades.

3.5.2 ENCUESTA

Para recolectar datos y requisitos necesarios al momento de realizar la investigación se realizaron algunas encuestas a varios agricultores enfocados en sembríos de pitahaya ubicados en la provincia de Manabí. En la cual se encuentra un cuestionario estructurado con preguntas específicas sobre el tema de estudio, con el fin de recopilar información sobre sus prácticas, conocimientos y opiniones relacionadas al control de la humedad en los cultivos de pitahaya (Avila, González, & Licea, 2020).

Para determinar el porcentaje de aceptación del diseño de red a ejecutar y para conocer las diversas opiniones de los agricultores en sembríos de pitahaya, se utilizó una encuesta. Esto se realizó con el fin de obtener información relevante y con resultados cuantitativos.

De acuerdo con Chiner Esther (2011) existen algunas principales características de la técnica de encuesta como son: estructurada, cuestionario, objetividad, representatividad, estadística, flexibilidad, confidencialidad y eficiencia. De las cuales, se utilizó la encuesta estructurada, cuestionario y estadística.

Tabla 9

Descripción de las técnicas de encuesta.

Técnica De Encuesta	Detalle
Estructurada	La encuesta tiene una estructura predeterminada con preguntas específicas y opciones de respuesta. Esto permite la recopilación de datos estándar y facilita un análisis de seguimiento.

Cuestionario	Se lleva a cabo utilizando un cuestionario el cual contiene preguntas para dar la información deseada. Pueden contener preguntas de opciones múltiples o abiertas.
Estadística	El fin es analizar estadísticamente la información recopilada. Esto permite obtener resultados cuantitativos que pueden ser interpretados y aplicados para tomar decisiones o comparaciones.

Nota. Adaptado de *La entrevista y la encuesta* por Feria Avila, Matilla González & Silverio Mantecón el 18-08-2020. Fuente. (*Feria Avila, et. al., 2020*).

En la Tabla 9 se muestran las características de las técnicas de encuestas en la que se caracteriza por ser estructurada, facilitando la recopilación de datos de manera estandarizada para analizar posteriormente de manera más sencilla. Se lleva a cabo a través de un cuestionario el cual contiene preguntas diseñadas en opciones múltiples y abiertas. Lo cual busca, obtener resultados cuantitativos para ser analizados estadísticamente.

3.5.3 OBSERVACIÓN

Según Fabbri (1998) define este método como una metodología que establece una relación directa e intensa entre el investigador y la realidad o actores sociales con el fin de recopilar datos que posteriormente se sintetizarán para continuar la investigación.

Mediante la investigación se acudió a los sembríos en la “Finca Catagua” y a los sembríos de la finca “Los Chokolytos” de manera presencial, lo cual implica la observación de las técnicas y procesos que utilizan ellos para monitorear los sembríos de pitahaya hasta el momento. Esto permitió recolectar información sobre el manejo de la humedad en tiempo real y captar los diferentes aspectos que mediante la entrevista y encuesta no se lograron conocer.

3.6. PRESENTACIÓN Y ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Los datos de la encuesta y la entrevista se mostrarán durante esta etapa de presentación de los resultados y la fase de análisis, con el fin de llevar a cabo un análisis

exhaustivo. Se presentarán los gráficos, tablas u otros formatos visuales que hacen que los resultados sean fáciles de entender. Este análisis le permitirá conseguir conclusiones fundamentadas y tomar decisiones informadas.

3.6.1 OBSERVACIÓN DE CAMPO

Durante las visitas realizadas en la zona de los cultivos de sembríos de pitahaya de Santa Ana y Montecristi, donde se registraron varias observaciones sobre las condiciones de humedad, técnicas de gestión y algunos aspectos notables. Por lo tanto, en la figura 20 se muestran los sembríos de pitahaya ubicados en el cantón Santa Ana parroquia “Honorato Vásquez”. Así mismo, en la figura 21 se demuestra la observación realizada en los cultivos de pitahaya de la ciudad de Montecristi en el sector “Los Bajos del Pechiche”. Además, en la figura 22 se muestra las imágenes captadas de la Finca “Los Chokolytos” en la ciudad de Montecristi.

Figura 20

Sembríos de pitahaya en Santa Ana.



Nota. Las observaciones en este campo son valiosas para completar la recopilación de datos y brindar una perspectiva completa, con los permisos necesarios en la finca. *Fuente.* Propia

Figura 21

Cultivos de pitahaya en Los Bajos del pechiche.



Nota. Se observa los cultivos de pitahaya con los permisos necesarios y la aprobación del dueño o encargado. Del cual se notó que no existe una normalización para las fases en el proceso de cada sembrío debido a que faltan y sobren recursos. *Fuente.* Propia

Figura 22

Cultivos de Pitahaya en la finca "Los Chokolytos"



Nota. Se observa al encargado de la finca al cual se le realizó una entrevista y se tomaron algunas fotos mediante la observación realizada en los cultivos. *Fuente.* Propia

3.6.2 ENTREVISTA

La entrevista se realizó a el Ing. Agr. Roberth Alexy Catagua Delgado propietario de la “Finca Catagua” y al Sr. Manuel Vega encargado de la Finca “Los Chokolytos”. A continuación, se mostrarán los detalles:

ENTREVISTA N°1.

Tabla 10

Entrevista realizada al dueño de la Finca Catagua.

Entrevistado: Ing. Agr. Roberth Alexy Catagua Delgado		
Cargo: Propietario	Nombre lugar: “Finca Catagua”	Fecha: 25-05-2023
Contribución cualitativa:	El propósito al entrevistar al propietario de la finca es obtener una comprensión completa del proceso en los sembríos y recopilar una amplia gama de información relacionada.	
Contribución cuantitativa:	Durante la entrevista con el propietario, se obtuvo información valiosa acerca de los valores de dinero, tiempo y otros datos cuantificables.	
Análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Gestión y supervisión de algunas funciones y rentabilidad del cultivo - Garantizar el bienestar de los trabajadores - Adquirir materiales necesarios para cada etapa del cultivo, asegurando su calidad. - Seguimiento regular de las condiciones de los cultivos, implementando medidas para asegurar cosecha eficiente y minimizar los riesgos con el clima y la humedad. - Utilizar tecnología y herramientas de monitoreo para realizar un seguimiento preciso de las condiciones climáticas y la humedad del suelo. - Establecer contactos y negociaciones favorables con compradores de la fruta, buscando obtener precios justos. - Reuniones periódicas con el encargado para discutir el progreso del cultivo. 	

-
- Decisiones de acuerdo con el momento adecuado para realizar la cosecha, considerando factores como la madurez y el proceso de la fruta.
-

Nota. Adaptada de *la investigación de campo Fuente.* Propia.

Resultado de la entrevista N1.

En la tabla 10 se muestra la entrevista realizada al dueño de la “Finca Catagua” el Ing.

Agr. Roberth Alexy Catagua Delgado el jueves 25 de mayo del 2023.

Contribución cualitativa: conocer el proceso que se realiza para monitorear los cultivos de pitahaya. Del cual se obtiene una probabilidad de pérdidas de los cultivos debido a la humedad en tiempos de lluvia. Además, se comentó que al momento de monitorear los sembríos las medidas no suelen ser precisas y existe una mayor probabilidad en las pérdidas.

Contribución cuantitativa y análisis: se recopilaron algunos valores importantes:

Tabla 11

Datos importantes cuantitativos.

Datos importantes	Valores
Humedad	40 - 50 %
Temperatura	18 – 25 °C
Tiempo de riego	30 minutos
Días de riego	Cada dos días

Nota. Fuente propia.

En la tabla 11 se muestran valores de puntos importantes del cultivo de pitahaya proporcionados por el propietario de la Finca Catagua, la humedad debe estar entre valores de 40 y 50 %, si estos valores se encuentran fuera del rango sean mayores o menores afectan a los cultivos. Además de estos valores de humedad el personal cuenta con técnicas o conocimientos, uno de ellos es que al observar la planta y sus hojas se encuentran caídas o amarillas es necesario regarlas.

La temperatura debe estar entre valores de 18 a 25 °C, si estos valores se encuentran sobre el rango establecido significa que hace mucho calor por lo tanto el suelo necesita estar húmedo. Aunque su tiempo de riego se establezca a 30 minutos, no son valores fijos el riego depende de otros factores, sin embargo, no se debe regar en exceso, pero si debe ser lento y debe llegar a las raíces más profundas.

ENTREVISTA N°2.

Tabla 12

Entrevista a el encargado de la finca "Los Chokolytos"

Entrevistado: Sr. Manuel Vega		
Cargo: Encargado.	Lugar: “LOS CHOKOLITOS”.	Fecha: 26-06-2023.
Contribución	El objetivo es obtener información acerca de las perspectivas que	
cualitativa:	tiene la persona encargada del monitoreo para conocer acerca de los factores climáticos en estos sembríos.	
Contribución	Mediante la información recopilada se realiza un análisis	
cuantitativa:	estadístico, para determinar por medio de cantidades la información necesaria.	
Análisis	<ul style="list-style-type: none"> - Coordinar y supervisar el monitoreo acerca del sistema de riego - Gestionar, monitorear y verificar la humedad por medio de válvulas - Gestionar eficazmente los recursos disponibles. - Realizar análisis de madurez y calidad de la fruta para determinar el momento óptimo de la cosecha. - Seguimiento regular y meticoloso de las condiciones del cultivo. - Implementar prácticas de manejo integrado de plagas y enfermedades para minimizar los riesgos y asegurar la salud de los cultivos. 	

Nota. Adaptada de *la investigación de campo Fuente. Propia.*

Resultado de la entrevista N2.

En la Tabla 12 se muestra la entrevista realizada al Señor Manuel Vega el día 26 de mayo del 2023, encargado de coordinar y supervisar el monitoreo de riego se los cultivos, en la finca “Los Chokolytos”.

Contribución cualitativa: se pudo notar una preocupación en la gestión y verificación de la humedad en los cultivos, debido a el uso de válvulas para mantener un nivel adecuado de humedad en la misma. Sin embargo, se sugirió la utilización de insumos y recursos para estos cultivos buscando incrementar el rendimiento y la calidad de estos. En ese mismo contexto, se mencionó que tanto la falta de agua, como el exceso pueden causar una disminución de los frutos en el mercado, la calidad y hasta la perdida de cosechas.

Contribución cuantitativa: En los datos cuantitativos obtenidos mediante esta entrevista se mencionó que la humedad no debe sobrepasar el 50 %, debido a que esto puede causar que la fruta se pudra minimizando el rendimiento de esta. Así mismo, recomienda regar la pitahaya una o dos veces por semana, más aún los dos primeros años en la que el fruto necesita de más cuidados.

3.6.3 ENCUESTA

La contribución de la encuesta a la investigación posterior tendrá un enfoque cuantitativo y permitirá el establecimiento de parámetros de medición que permitirán comparar los resultados a lo largo del tiempo. Las personas que se encargan del cuidado y monitoreo de los cultivos en algunas ciudades como Santa Ana, Montecristi, Portoviejo y Rocafuerte fueron los que participaron en las encuestas.

El cuestionario consta de un total de 8 preguntas, que se diseñan de forma estructurada, comenzando con conceptos generales y pasando a temas más específicos. Los resultados obtenidos en base a las respuestas de la encuesta se presentan a continuación:

Pregunta 1: Sitio donde se encuentra la producción de pitahaya

Tabla 13

Sitio en el que se ubica el sembrío de pitahaya.

Personas	Sitio
1	Santa Ana “Hacienda”
2	Rocafuerte “Los Leos”
3	Santa Ana “El Níspero”
4	Montecristi “Finca Catagua”
5	Montecristi “Los Chokolytos”
6	Portoviejo “Las Peñas”
7	Santa Ana “Finca David”

Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Conclusión de la pregunta 1: En los resultados obtenidos de la Tabla 13 se conoce el sitio en el que está ubicada la zona de los cultivos de pitahaya de las 7 personas que fueron encuestadas. Tomando en cuenta que se encuestaron a personas de Santa Ana, Rocafuerte, Portoviejo y Montecristi.

Pregunta 2: ¿Conoce usted acerca de la humedad necesaria para los sembríos de pitahaya?

Tabla 14

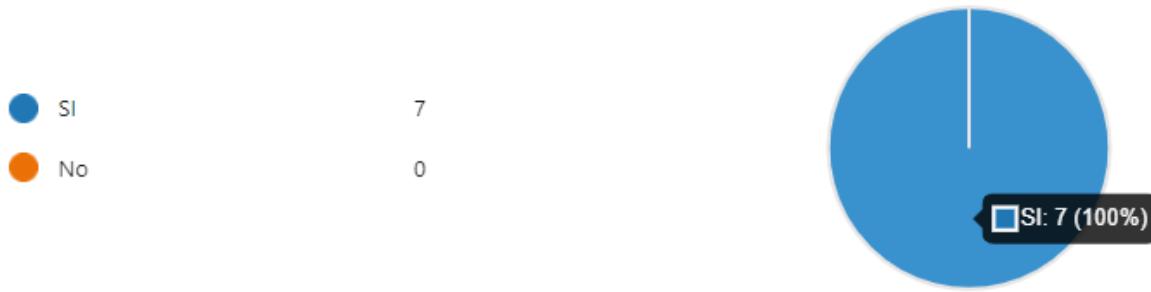
Conocimiento acerca de la humedad en los sembríos.

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Si	7	100%
No	0	0%

Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Figura 23

Conocimiento acerca de la humedad en los sembríos.



Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Conclusión de la pregunta 2: En los resultados obtenidos mostrados en la Tabla 14 se puede notar en la Figura 23 que el 100% de los agricultores poseen conocimiento acerca de la humedad en los sembríos, lo cual les permite llevar un monitoreo y control del riego de manera efectiva. Tomando en cuenta que los datos se almacenan mediante documentos físicos.

Pregunta 3: ¿Cuál cree usted que son los posibles factores que influyen en el desarrollo de la producción de pitahaya?

Tabla 15

Factores que influyen en la producción de pitahaya.

Personas	Sitio
1	Clima, suelo, drenaje y humedad
2	Humedad, sequía y condiciones ambientales
3	Factores ambientales, humedad.
4	Plagas, Frío, Humedad
5	Disponibilidad de agua y nutrientes
6	Agua, nutrientes y clima
7	Efectos climáticos y ambientales

Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Conclusión de la pregunta 3: en la Tabla 15 se muestran las respuestas obtenidas realizadas con el fin de conocer acerca de los factores que influyen en la producción de pitahaya, tomando en cuenta que debido a los resultados hay un mayor porcentaje en que

los factores que afectan son las condiciones ambientales, climáticas, drenaje, el agua que hace referencia a la sequía y la humedad.

Pregunta 4: ¿Con qué frecuencia usted realiza el riego a los sembríos de pitahaya?

Tabla 16

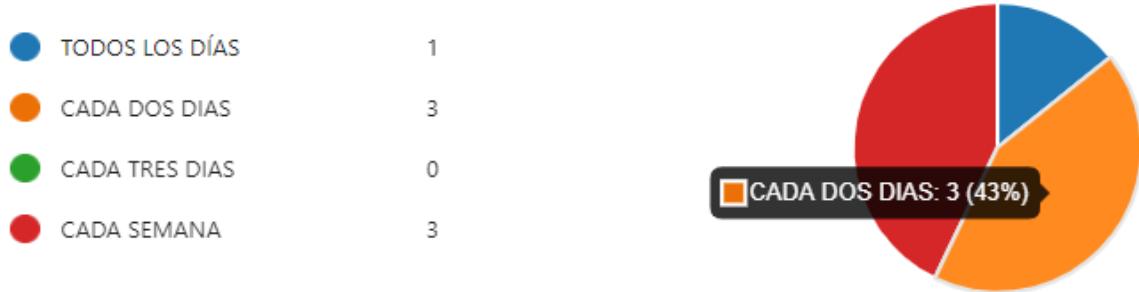
Frecuencia de riego en los cultivos.

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Todos los días	1	14%
Cada dos días	3	43%
Cada tres días	0	0%
Cada semana	3	43%

Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Figura 24

Frecuencia de riego en los cultivos.



Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Conclusión de la pregunta 4: En los resultados obtenidos mostrados en la Tabla 16 y en la Figura 24 se logra visualizar que no hay un mayor porcentaje, sino que se encuentran dos respuestas con la misma información, debido a que existe un porcentaje igualitario entre las personas que riegan cada dos días, y cada semana. Cabe recalcar que esto, se debe a varios factores como la dimensión del lugar de los cultivos, incluso por las temporadas de lluvia que han causado mucha humedad dentro de los mismos se minimiza un poco el riego para que este no afecte al producto.

Pregunta 5: ¿Está usted de acuerdo en que la humedad afecta la producción de pitahaya?

Tabla 17

De acuerdo con la afectación de la humedad en la pitahaya.

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	2	29%
De acuerdo	4	57%
En desacuerdo	1	14%
Totalmente en desacuerdo	0	0%

Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Figura 25

De acuerdo con la afectación de la humedad en la pitahaya.



Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Conclusión de la pregunta 5: visualizando los resultados mostrados en la Tabla 17 y en la Figura 25 se observa que el 57% y 29% de los agricultores está de acuerdo en que la humedad afecta a los sembríos de pitahaya. Por lo tanto, con este resultado es factible implementar el diseño e implementación con la finalidad de realizar las mediciones correspondientes de la humedad e incluso temperatura del área, beneficiando a los productores en el momento de verificar los valores obtenidos de medición.

Pregunta 6: ¿Con que frecuencia piensa usted que se pierden las cosechas debido a la humedad en el suelo?

Tabla 18

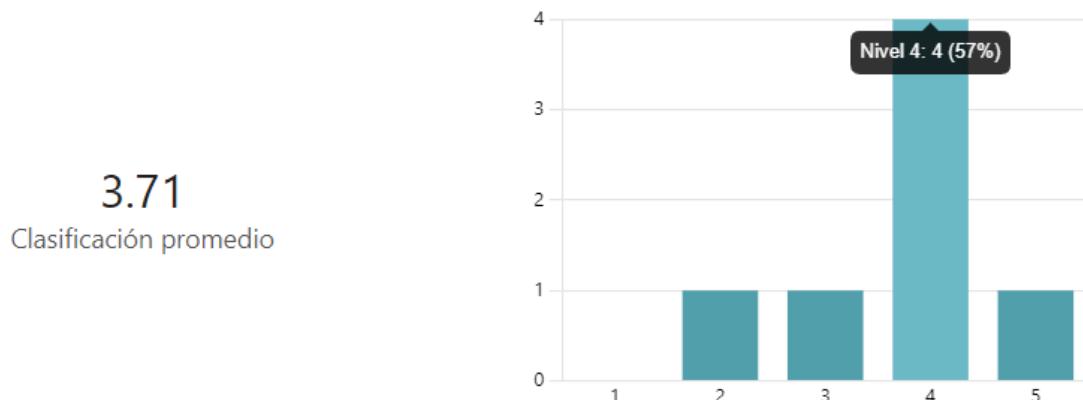
Frecuencia de pérdida de cosecha.

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
1	0	0%
2	1	14%
3	1	14%
4	4	57%
5	1	14%

Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Figura 26

Frecuencia de pérdida de cosecha.



Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Conclusión de la pregunta 6: Se logra observar mediante la Figura 26 y la Tabla 18 que el promedio entre 1 a 5 con la que se pierden las cosechas debido a la humedad en el suelo es de 3.71. Es decir, más del 50 %. Por lo tanto, esto afecta directamente a la producción de los cultivos, causando un déficit económico.

Pregunta 7: ¿Está usted de acuerdo en obtener un sistema que monitorice y controle el riego automatizado en la producción de pitahaya?

Tabla 19

Sistema que monitorice y controle el riego.

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	5	71%
De acuerdo	2	29%
En desacuerdo	0	0%
Totalmente en desacuerdo	0	0%

Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Figura 27

Sistema que monitorice y controle el riego.

- TOTALMENTE DE ACUERDO 5
- DE ACUERDO 2
- EN DESACUERDO 0
- TOTALMENTE EN DESACUERDO 0



Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Conclusión de la pregunta 7: de acuerdo con la respuesta mostrada en la Tabla 19 y la Figura 27 existe un gran porcentaje de 71% entre los agricultores que están de acuerdo con obtener un sistema que monitorice y controle el riego automatizado en la producción de pitahaya. Debido a que, el implementar el sistema obtendría mejores resultados al momento de monitorear la humedad en los mismos.

Pregunta 8: ¿Está usted de acuerdo en que el implementar una red de control de humedad causaría un impacto positivo en el rendimiento de la producción de pitahaya?

Tabla 20

Implementar una red de control de humedad.

Alternativa	Respuesta	Porcentaje
Totalmente de acuerdo	7	100%

De acuerdo	0	0%
En desacuerdo	0	0%
Totalmente en desacuerdo	0	0%

Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Figura 28

Implementar una red de control de humedad.



Nota. Información adaptada de la encuesta realizada al personal encargado. *Fuente.* Propia.

Conclusión de la pregunta 8: En la Figura 28 y Tabla 20 se muestra un porcentaje total, en el que el 100% de los agricultores están totalmente de acuerdo en que el implementar este proyecto causaría varios impactos positivos tanto a el propietario como a los agricultores encargados del monitoreo.

CAPITULO IV

MARCO PROPOSITIVO

4.1. INTRODUCCIÓN

En el siguiente capítulo se presenta la descripción e implementación de la propuesta tanto del software como de la red de monitoreo, con el fin de llevar a cabo el proyecto de una manera productiva. Este capítulo está estructurado en varias secciones una de ellas es la descripción de la propuesta, la arquitectura de la propuesta y por último la implementación del proyecto.

Se facilita una descripción de la propuesta establecida, en la cual se destacan los objetivos, el alcance y los beneficios que se espera obtener al momento de implementar el sitio web y la red de monitoreo. También, en este punto se alcanza una comprensión clara del propósito general del proyecto, planteando una determinación de los recursos humanos, tecnológicos y económicos necesarios para el proyecto. En los recursos humanos se detalla el personal encargado de llevar a cabo el proyecto o forma parte del proceso; en los recursos tecnológicos se detalla el hardware, software y herramientas específicas utilizadas para lograr una implementación completa, por último, los recursos económicos incluyen la estimación del presupuesto en el que se nombra a los componentes y otros costos necesarios para llevar a cabo dicha propuesta.

Continuamente, se presenta una descripción general de las etapas de la arquitectura del proyecto en las cuales se describe: la red de comunicaciones, la plataforma de IoT, los sensores / actuadoras y por último el sitio web. Avanzando con el tema, se muestra la implementación de la propuesta de acuerdo con cada etapa de la arquitectura, para ello se toma en cuenta la metodología utilizada para el desarrollo y la que es usada para la red.

4.2. DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA

En este capítulo se describe de manera detallada la propuesta de diseño e implementación de una red inalámbrica con dispositivos LoRaWAN, para el manejo de la humedad en cultivos de pitahaya de la “Finca Catagua”. La propuesta tiene como objetivo utilizar la tecnología IoT y los dispositivos LoRaWAN para monitorear y controlar la humedad del suelo en varias áreas del sembrío dentro de la finca. A continuación, se describen los elementos clave de la propuesta.

4.2.1. OBJETIVO

El objetivo es diseñar e instalar una red utilizando dispositivos LORAWAN, los cuales están conformados por sensores de humedad del suelo distribuidos a lo largo de los cultivos de pitahaya roja de la "Finca Catagua ". La red permitirá el seguimiento en tiempo real de los datos de humedad del suelo y el suministro de información precisa a los agricultores, para una mejor toma de decisiones mejorando la eficacia y el cuidado de los cultivos.

Para lograr este objetivo se proponen los siguientes objetivos específicos:

- **Realizar revisión bibliográfica.**

Al revisar de manera bibliográfica la investigación sobre el monitoreo de los niveles de humedad en los cultivos con un enfoque en la pitahaya roja se permitirá identificar los parámetros, técnicas, conceptos, metodologías y sensores más adecuados para controlar de manera efectiva la humedad en la producción de pitahaya.

- **Diseñar una red LoRaWAN.**

Al diseñar una red utilizando dispositivos de transmisión de datos y medición compatibles con LORAWAN se muestra un enfoque general en el que se define de que estará compuesta dicha red, en este caso será por sensores de humedad del suelo, puertas de enlace de LoRaWAN utilizados como puntos de acceso y un servidor centralizado para almacenar y procesar los datos recopilados.

- **Probar y evaluar la implementación.**

En el momento que se realicen las pruebas y evaluaciones se logrará verificar la efectividad y confiabilidad de la red implementada. Con este objetivo se permitirá determinar si la solución cumple con los requisitos, asegurando una medición precisa y oportuna de la humedad en la planta de pitahaya.

4.2.2. ALCANCE

El alcance de esta propuesta incluye la implementación de una red de sensores de humedad del suelo en los sembríos de pitahaya de la Finca Catagua. Estos sensores estarán equipados con módulos de comunicación LoRaWAN, lo cual permitirá la captura y recopilación de datos en tiempo real. Estos datos serán transmitidos de manera inalámbrica hacia una base de datos centralizada, donde serán almacenados y procesados para su análisis posteriormente.

La distribución de esta red de monitoreo se diseñará de manera que abarque amplias áreas del cultivo, lo que hará posible el monitoreo eficiente y preciso de la humedad del suelo en diversas áreas dentro de la finca. De este modo se logrará una visión general del estado de la humedad de los cultivos en tres áreas diferentes de la finca, lo cual permite visualizar estos datos que contribuyen a una mejor toma de decisiones en cuanto al riego y el manejo adecuado de la humedad en el cultivo.

A través de esta implementación de red de sensores, se espera lograr los siguientes puntos que son importantes:

- 1. Monitoreo preciso:** los sensores ubicados en cada área permitirán recopilar datos precisos y confiables sobre el contenido de humedad del suelo, proporcionando una representación precisa de las condiciones de humedad en tiempo real.
- 2. Toma de decisiones informada:** los datos recopilados se enviarán a un servidor de base de datos para su procesamiento y análisis. Los análisis proporcionarán información importante que puede usarse para tomar decisiones sobre el manejo de la humedad en cada área del cultivo.

- 3. Eficiencia en el uso de recursos:** el uso de recursos hídricos se optimizará si se conocen claramente los niveles de humedad relativa del suelo obteniendo un resultado más responsable y eficiente de este recurso.
- 4. Maximización de la producción:** se puede fomentar el crecimiento y desarrollo saludable de las pitahayas al momento de monitorear los cultivos de manera inalámbrica, lo cual dará como resultado una cosecha de mayor rendimiento y calidad.
- 5. Reducción de costos:** el uso de una red de sensores que midan la humedad permitirá evitar riegos excesivos e inadecuados, lo que reducirá los costos asociados con una gestión de riego ineficaz.

4.2.3. BENEFICIO

La implementación de esta propuesta obtendrá algunos beneficios en la Finca Catagua como se definen a continuación:

- **Mejorar la producción y la calidad de las frutas.**

Los agricultores podrán tomar decisiones más precisas sobre el riego gracias al seguimiento en tiempo real del contenido de humedad del suelo. Esto llevará a estándares de producción pitahaya más altos y rendimientos más altos.

- **Aumentar el ahorro de los recursos hídricos.**

Al gestionar el riego de manera eficaz, será posible limitar el uso excesivo de agua, lo que ayudará a preservar los recursos de agua en áreas donde el agua es un recurso escaso y valioso.

- **Optimizar tiempo y recursos.**

La automatización del monitoreo de la humedad del suelo a través de la red de sensores LoRaWAN permitirá ahorrar tiempo y recursos reservados previamente para el control del riego humano.

- **Mantener un impacto ambiental positivo.**

Reducir el uso del agua y maximizar los recursos ayudará a preservar la biodiversidad en las zonas agrícolas y promover la sostenibilidad ambiental.

4.2.4. DETERMINACIÓN DE RECURSOS

En la siguiente sección se identifican y describen los recursos necesarios para la implementación de la propuesta de desarrollo del software y la red de monitoreo. Estos recursos se agrupan en dos categorías: recursos humanos, recursos tecnológicos y recursos económicos

4.2.4.1. RECURSOS HUMANOS

En los recursos humanos se incluirá el equipo encargado de llevar a cabo o que forma parte del proyecto. Se requieren habilidades y conocimientos técnicos para así llevar a cabo las diferentes etapas para la implementación de la propuesta, en la Tabla 21 se observa el nombre seguido del rol y el cargo de cada persona que forma parte de esta propuesta.

Tabla 21

Recursos humanos.

NOMBRE	ROL	CARGO
Roberto Catagua.	Ingeniero Agrónomo.	Encargado de proporcionar información y asesoramiento sobre los requerimientos específicos de la pitahaya roja en cuanto a la humedad del suelo y el manejo agrícola.
Josselyn Macias.	Estudiante de TI.	Encargada del diseño e implementación del software permitiendo la integración de la base de datos para almacenar los datos recolectados por medio de la red LoRaWAN y mostrarlos mediante el software implementado.
Dayana Villamar.	Estudiante de TI.	Encargada del diseño e implementación de la red LoRaWAN permitiendo la integración de los sensores de humedad del suelo como de los

		sensores de presión, humedad y temperatura del ambiente.
Juan Carlos Sendón.	Tutor de Proyecto.	Encargado de la gestión y administración en la coordinación y seguimiento del proyecto.

Fuente. *Propia*.

4.2.4.2. RECURSOS TECNOLÓGICOS

Los recursos tecnológicos usados en este proyecto se muestran en la Tabla 22 en la que se detallan los dispositivos de medición de humedad, estos son compatibles con LoRaWAN. También, los dispositivos gateway LoRaWAN que reciben y transmiten los datos de los sensores. Adicional se muestra el servidor encargado de almacenar y procesar los datos, la plataforma de visualización y gestión de los datos recopilados y, por último, las herramientas de desarrollo de software y entornos de programación.

Tabla 22

Recursos Tecnológicos.

DISPOSITIVO.	DETALLE.
Dispositivos de medición de humedad.	Estos dispositivos son los sensores de humedad, los cuales se encargan de recopilar los datos del suelo.
Gateway LoRaWAN.	Este es utilizado para recibir y transmitir los datos de los sensores mediante la frecuencia de LoRa.
Servidor centralizado.	Este debe contar con la capacidad de almacenamiento y procesamiento de los datos.
Plataforma de IoT	Utilizada para la visualización y gestión de los datos recopilados.
Herramientas de desarrollo	El proyecto cuenta con herramientas para el desarrollo del sitio web en algún entorno de programación en este caso de trabajo en Visual Studio Code.

Fuente. *Propia*.

4.2.4.3. RECURSOS ECONÓMICOS (PRESUPUESTO)

En esta etapa se encuentra una parte fundamental para la determinación de recursos como es el presupuesto. Tomando en cuenta que, se debe realizar un análisis de los costos que son asociados a los recursos tecnológicos que fueron necesarios para la implementación del proyecto.

Tabla 23

Costos para el desarrollo del proyecto.

COSTOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO					
PROFORMA:	Costos necesarios		FECHA	15/4/2023	
CANTIDAD	DESCRIPCION		PRECIO UNIT.	TOTALES	
PRESUPUESTO HUMANO					
300	Horas de implementación y desarrollo	\$	2,00	\$	600,00
OTROS GATOS					
9	Internet	\$	23,00	\$	207,00
7	Energía Eléctrica	\$	20,00	\$	140,00
20	Transporte	\$	10,00	\$	200,00
				\$	-
				SUBTOTAL	\$ 1.147,00
				TOTAL	\$ 1.147,00

Fuente. Propia

En la Tabla 23 se observa una proforma de costos relacionados al desarrollo del proyecto, en el cual se detalla el valor determinado para la cantidad de horas implementadas, a su vez, se añaden otros gastos como internet, energía eléctrica, transporte que son esenciales para el resultado del proyecto.

Tabla 24

Proforma de compra de dispositivos.

COSTOS DE DISPOSITIVOS PARA EL DESARROLLO DEL PROYECTO					
PROFORMA	Compra de dispositivos		FECHA	15/4/2023	
CANTIDAD	DESCRIPCION		PRECIO UNIT.	TOTALES	
COMPRA DE DISPOSITIVOS					
3	Módulo Heltec Wifi Lora 32	\$ 40,00		\$ 120,00	
2	Sensor de humedad del suelo corrosivo HD-38	\$ 12,10		\$ 24,20	
6	Sensor de humedad del suelo corrosivo YL-69	\$ 6,00		\$ 36,00	
3	Baterías de 3, 5 y 9 Voltios	\$ 5,00		\$ 15,00	
2	Cajetines	\$ 6,00		\$ 12,00	

4	Placa Baquelitas Perforada	\$ 1,00	\$ 4,00
70	Cables Jumper	\$ 0,10	\$ 7,00
1	Estaño	\$ 7,00	\$ 7,00
1	Cautín	\$ 12,00	\$ 12,00
		SUBTOTAL	\$ 237,20
		TOTAL	\$ 237,20

Fuente. Propia

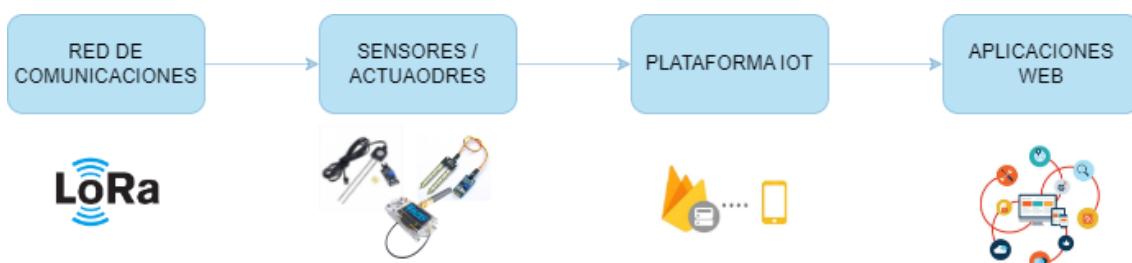
En la Tabla 24 se observa una proforma de costos relacionados a los productos de la implementación del proyecto. Estos productos fueron comprados el 15 de mayo del 2023, seguido a esto se detalla el valor y cantidad de productos determinados y los costos totales.

4.3. DISEÑO DE LA ARQUITECTURA PROPUESTA

Al hablar de la arquitectura del proyecto se aborda el diseño de la propuesta para establecer una red inalámbrica con dispositivos LoRaWAN mejorando el control de la humedad en los sembríos de pitahaya roja en la “Finca Catagua”. Esta arquitectura se compone de dos partes principales: una de ellas es la descripción, la cual da una comprensión completa de los componentes y metas que conforman la propuesta y otra es la implementación que detalla la construcción y operación de la red.

Figura 29

Arquitectura de IoT.



Fuente. Propia

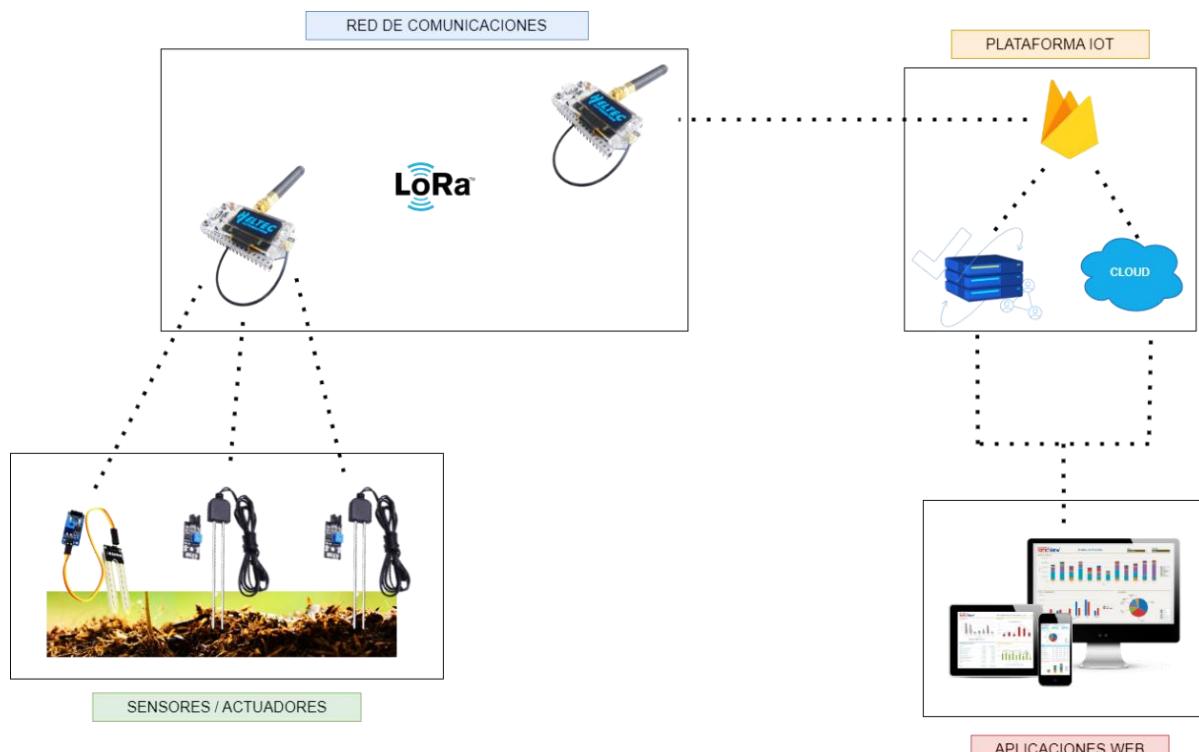
En la Figura 29 se observa la arquitectura que se utilizará para la propuesta esta cuenta con 4 etapas: la primera es red de comunicaciones en la que se utilizará la modulación de LoRa; la segunda es sensores o actuadores en la que se usarán los dispositivos

necesarios como el módulo LoRa y sensores de humedad; la tercera es la plataforma de IoT en la que se utilizará Firebase debido a su facilidad de uso y servicios incluidos; la última es aplicaciones web donde se realizará el sistema de visualización de datos.

Mediante la figura 30 se logra observar la arquitectura dada en la Figura 29 pero englobada a la propuesta descrita de esta manera se muestra la red de comunicaciones que se utilizará para la comunicación entre los módulos Heltec mediante la modulación de la frecuencia LoRa debido a que uno de ellos será emisor y el otro receptor. También se muestra los sensores / actuadores en la que se muestran los sensores a utilizar, estos serán conectados al módulo emisor, adicional a esto se encuentra la plataforma de IoT en la que se encuentra Firebase, de esta se utilizará la base de datos, el backend y el hosting. Por último, se encuentra las aplicaciones web, en esta se realizará un sistema para que el usuario pueda ingresar y verificar los datos, además de, analizar estos datos mediante gráficos.

Figura 30

Arquitectura general de la propuesta.



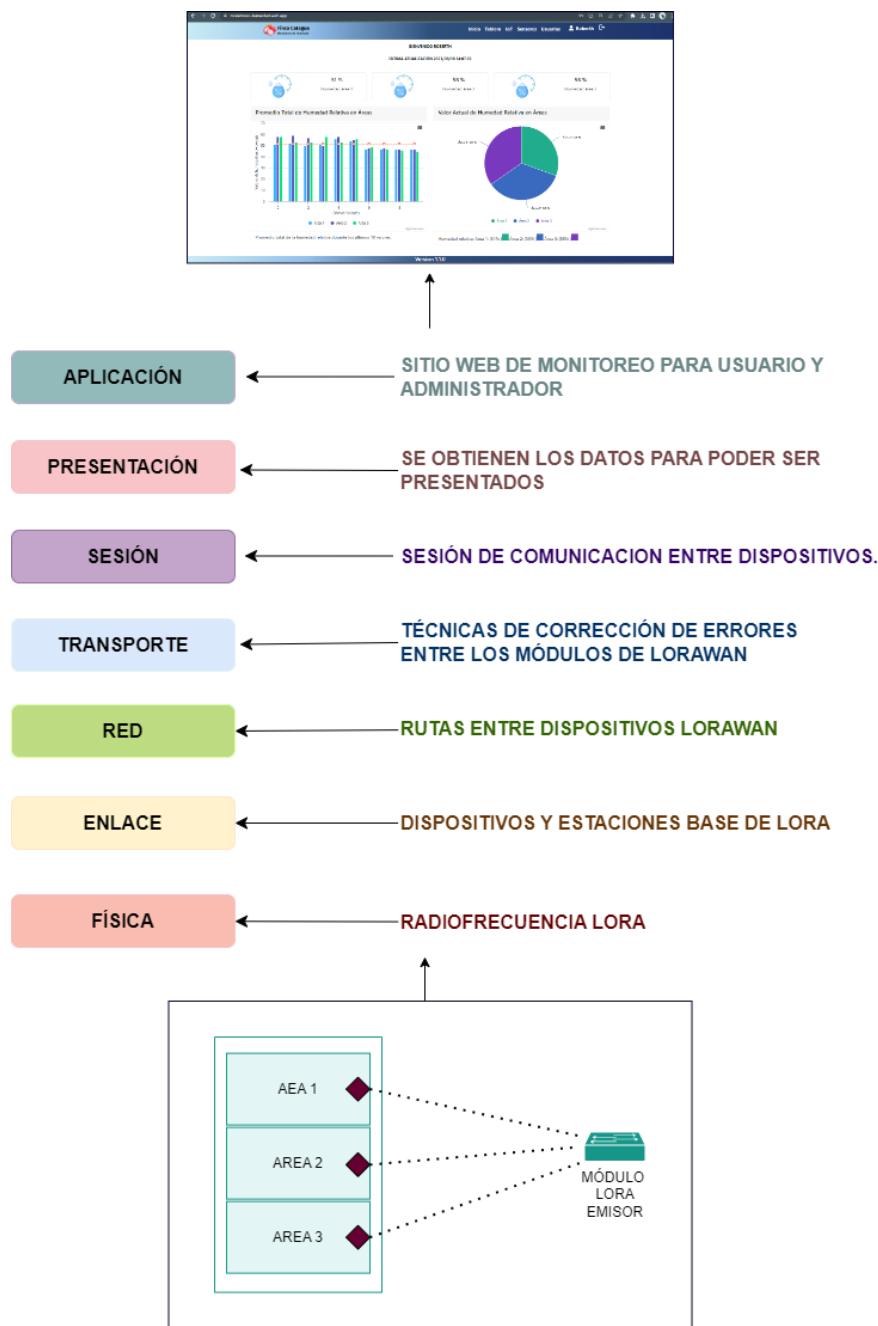
Fuente. Propia

En síntesis, se consideran aspectos esenciales como la selección de dispositivos, el protocolo de comunicación, la elección de la plataforma utilizada para la recopilación y presentación de los datos y el desarrollo de una aplicación web diseñada para la visualización y análisis de los datos mediante representaciones graficas.

La arquitectura de la propuesta se basa en una red de comunicaciones LoRaWAN para el monitoreo de la humedad en el suelo de los sembríos de pitahaya en la Finca Catagua. Mediante la Figura 31 se observa una descripción general de la red utilizada, tomando en cuenta el proceso de los datos recolectados mediante cada una de las capas del Modelo OSI. En la capa física se establece la conexión entre los dispositivos de medición de humedad, permitiendo la transmisión inalámbrica de datos. Continuamente en la capa de enlace se establece la conexión directa entre los módulos mediante la tecnología LoRaWAN para su transmisión, en la capa de red se define la ruta de comunicación para conocer hacia donde se envían los datos para ser almacenados, después en la capa de transporte se asegura que los datos lleguen de manera confiable al servidor, en la capa de sesión se inicia, mantiene y finaliza la comunicación entre los dispositivos y el servidor, en la capa de presentación se obtiene los datos que se van a mostrar en la siguiente capa, por último, en la aplicación se ubica la plataforma de IoT y la aplicación web que permitirá a los usuarios interactuar con la red de monitoreo.

Figura 31

Proceso de la propuesta mediante el modelo OSI.



A continuación, se muestra la etapa de red de comunicaciones en la que se procede a describir de manera general el protocolo y la forma en la que se comunicarán los dispositivos para la implementación de la propuesta establecida.

4.3.1. RED DE COMUNICACIONES

Esta primera etapa se basa en establecer la infraestructura para habilitar la comunicación entre un dispositivo emisor, un receptor y una plataforma de IoT. El protocolo

de comunicación con el que se trabajará en este proyecto es LoRaWAN, debido a que cuenta con un bajo consumo de energía y es de largo alcance.

4.3.1.1. FUNCIONAMIENTO DE LORA / LORAWAN.

El funcionamiento de LoRa en este proyecto permite la transmisión de los datos de forma inalámbrica. Por medio de la capa física se conecta a la radiofrecuencia de LoRa, enviando estos datos a la capa de enlace por medio de las estaciones de base de LoRa y en la capa de red se recibe las rutas entre dispositivos de emisor y receptor obteniendo la información entre ambos módulos.

Mediante la figura 32 se muestra la conexión entre el módulo emisor y receptor por medio de la frecuencia de LoRa tomando en cuenta que el módulo emisor obtendrá datos mediante los sensores y los enviará por medio de la conexión del LoRa al módulo receptor, en este se enviarán los datos recibidos a la base de datos.

Figura 32

LoRa como conexión entre módulos.



En síntesis, se determinó el protocolo de comunicación más adecuado para administrar el tráfico de la red que en este caso es LoRaWAN, con el fin de garantizar la eficiencia y la precisión de los datos, debido a su comunicación confiable y bajo consumo de energía. Esto garantiza una transmisión segura y efectiva de datos, lo que resulta apropiado para el monitoreo de la humedad en la Finca Catagua.

4.3.1.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO PARA LA INFRAESTRUCTURA DE RED.

Para implementar la propuesta de la infraestructura de red para el monitoreo se utilizará la metodología Top Down, debido a que este enfoque comienza de manera general y luego se descompone en componentes más pequeños obteniendo así una visión general clara desde el primer momento. Esta metodología cuenta con 4 fases que ayudarán a la implementación del proyecto:

Figura 33

Fases de metodología Top Down.



Fuente. Propia

En la figura 33 se observan 4 fases para la implementación de infraestructura de red la primera es el análisis de requerimientos, en el que se identifican cada una de las necesidades o que a donde se necesita llegar, el diseño lógico en donde se proyecta de manera lógica que se va a realizar, el diseño físico en donde se muestra de manera planificada los componentes a utilizar y la forma de conexión entre ellos, luego se tiene la implementación de la infraestructura de red en la que se implementa con la ayuda de cada una de las primeras fases con el fin de tener la visión final y lograr una infraestructura eficiente, confiable y segura.

Fase I: Análisis de requerimientos.

En esta primera fase se identificarán los objetivos, las metas de acuerdo con las necesidades que el propietario de la Finca Catagua facilitó. Esto se lo realizará con la recopilación de información que se tomó de la entrevista realizada, la encuesta en el que el propietario lleno el cuestionario que se encuentra en el Anexo 3 y mediante las observaciones realizadas en el campo. Cabe recalcar que, de acuerdo con el análisis de dichas herramientas de recopilación se priorizaron y validaron las metas y objetivos que se desean obtener en el resultado.

Fase II: Diseño lógico.

En la segunda fase se realiza un diseño lógico, esto se tomó en cuenta los componentes que van a interactuar y se comunicarán entre sí. En esta fase no se muestra ninguna configuración física sino una planificación de la comunicación entre ellos el medio por el van a interactuar, la estructura y la red. Tomando en cuenta que se deben diseñar la comunicación que realiza el módulo del emisor y del módulo receptor.

Fase III: Diseño físico.

En la tercera fase se realiza un diseño físico en el que debe planificar como se implementarán físicamente los componentes con los que se realiza la red. Este diseño se lo realiza con la información de los requerimientos tomando en cuenta el tamaño del área donde se va a implementar y el rendimiento que se desea lograr. Así mismo la ubicación de los dispositivos como se muestra en la Figura 34 en la que se encuentra el perímetro total de la Finca Catagua y está dividida en tres perímetros iguales en los que en cada una de estas áreas se va a ubicar un sensor, cada área cuenta con 160 m mientras que el área total es de 320 m. Para esto se tomó en consideración los factores físicos como la distancia la disponibilidad de energía eléctrica y el acceso para el mantenimiento necesario.

Figura 34

Áreas divididas en la Finca Catagua.



Nota. La Finca Catagua se dividió en tres áreas iguales para poder monitorear cada zona y obtener mayores resultados. *Fuente.* Adaptado de Google Earth.

Fase IV: Implementación.

Esta última fase se encarga de la implementación completa en el que se llevan a cabo todas las actividades necesarias según el diseño anteriormente planificado. Primeramente, se realizará una preparación de todos los dispositivos o componentes de la red, después se procederá a configurar cada uno de estos dispositivos, luego se realizarán las conexiones debidas en caso de que sea necesario y, por último, se realizarán pruebas de que se encuentra funcionando la red correctamente sin algún inconveniente.

4.3.2. PLATAFORMA DE IOT

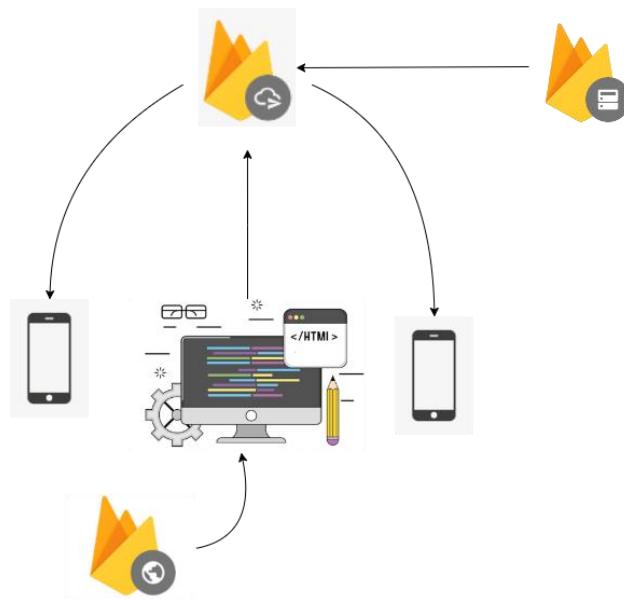
En esta segunda etapa se procede a utilizar una plataforma en la que se procesan y se almacenan los datos recopilados por los sensores para continuamente visualizarlos por medio de un hosting que contenga una aplicación web.

Se utilizará Firebase debido a que ofrece algunas herramientas y servicios. En la figura 35 se muestran los servicios que se usarán de firebase, primeramente se utilizará Realtime Database junto a Firestore Database, las cuales son bases de datos en la que se almacenará la información recolectada del cultivo de pitahaya en la Finca Catagua y los datos de usuarios que podrán ingresar al sistema, estos datos son extraídos mediante las funciones

del backend que establece firebase en la cual se utilizará la autenticación para que dicho usuario pueda visualizar los datos que se encuentran ingresados. Por último, se utilizará el hosting de firebase para guardar la configuración del código y visualizar el sistema por medio del dominio dado por firebase.

Figura 35

Procesos y herramientas de Firebase.

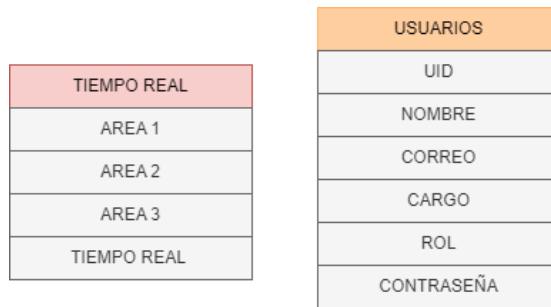


Fuente. Propia.

Bases de datos: se utilizará un servicio de bases de datos en tiempo real denominado Realtime Database esta alojada en la nube. Se encarga de almacenar y sincronizar los datos en forma de JSON. En la figura 35 se puede observar la estructura que tendrá la base de datos al momento de almacenar la información extraída de los sensores en este caso su identificador es el tiempo en el que se subió el dato, dentro de este dato se encuentra un array que contiene los datos de Área 1, Área 2 y Área 3, también debe incluir el tiempo para poder extraerlo al momento de presentar aquellos datos en el sistema web mediante gráficos y tablas. Adicional a esto se muestra los campos a almacenar del usuario los cuales son: nombre, correo, cargo, rol y contraseña, en el cual el identificador es el UID.

Figura 36

Estructura de los datos almacenados.



Fuente. Propia

Backend: proporcionará un servicio de autenticación que servirá para autenticar a los usuarios o administradores de manera segura. Este servicio incluye métodos de autenticación, así como el inicio de sesión con correo electrónico y contraseña, registrar un nuevo usuario con el fin de que tenga acceso a los datos recolectados ingresando al sistema, este usuario podrá ser administrador o usuario encargado de la monitorización.

En síntesis, el backend de Firebase funcionará como una plataforma que ofrece una variedad de servicios para soportar aplicaciones, desde la gestión de datos y la autenticación hasta la ejecución de código en la nube. Estos servicios reducirán considerablemente la complejidad de configurar y mantener un backend convencional, lo que le permitirá centrarse en el desarrollo lógico de su aplicación y proporcionar una experiencia de usuario sólida.

Hosting: permitirá alojar un sitio web en el servicio de Firebase Hosting de una forma más rápida y sencilla. Esto se realizará con gran facilidad directamente desde la línea de comandos y Firebase se encargará de la administración de los recursos necesarios con el fin de que el usuario pueda entender y analizar de mejor manera por medio de gráficos en el sistema.

Cabe recalcar que para utilizar cada uno de los servicios se necesitará realizar las configuraciones necesarias para que mediante el código se pueda autenticar y utilizar los servicios de Firebase.

4.3.3. SENSORES / ACTUADORES

En la tercera etapa tenemos los sensores o actuadores que se utilizarán en la implementación de la red de monitoreo. Teniendo en cuenta que, los sensores serán los encargados de recolectar los datos desde el suelo. Adicional a esto, se utilizarán módulos Heltec Wifi LoRa 32 V2 que se encargan de transmitir estos datos de manera inalámbrica.

4.3.3.1. HELTEC WIFI LORA 32 V2.

Este módulo incluye conexión con LoRa y Wi-Fi. Por este motivo, se utilizará en este proyecto debido a la modulación de LoRa para la comunicación a largas distancias. Además, cuenta con puertos que permitirán la conexión con los sensores YL-69 y HD-38, incluso en la Tabla 25 se muestra cada uno de los pines que van conectados a la pantalla OLED y LoRa, estos son definidos directamente, cada uno tiene su función.

Tabla 25

Pines de pantalla OLED y LoRa.

	Pin	ESP32
OLED	RST	GPIO 16
	SCL	GPIO 15
	SDA	GPIO 4
LoRa	SCK	GPIO 5
	MISO	GPIO 19
	MOSI	GPIO 27
	SS	GPIO 18
	RST	GPIO 14
	DIO0	GPIO 26

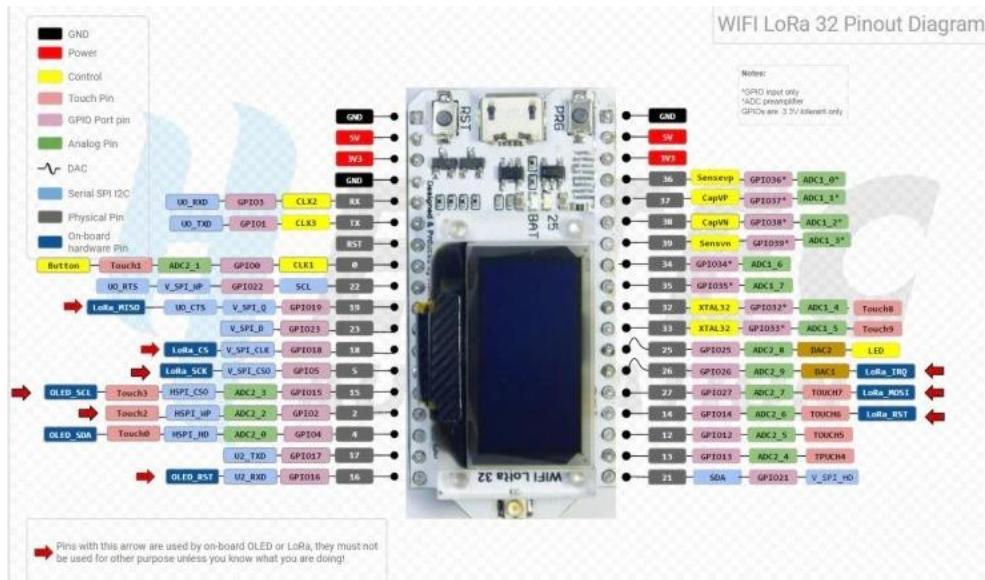
Fuente. Propia

Además, en la Figura 37 se muestra gráficamente los pines del módulo LoRa que se pueden utilizar y los que tienen funciones específicas. Los cuadritos negros se refieren a las conexiones a tierra, los de color rojo son los que van directo al voltaje de estos se encuentran dos diferentes uno de 5 V y otra de 3.3.V, los de color amarillo se refieren a control, los rosa se usan para la pantalla OLED, los morados son Puertos GPIO se pueden usar como enlaces

a otro componente, los azules se encargan de los puertos seriales, los pines grises son pines físicos y por último los pines azules se usan para la conexión de LoRa.

Figura 37

Pines del módulo Heltec WiFi LoRa 32 V2.



Nota. Adaptado de http://pdacontroles.com/wp-content/uploads/2019/11/heltec_pinout.png.

4.3.3.2. SENSOR YL-69 Y HD-38.

Para obtener los datos de la humedad en el suelo se utilizarán los sensores YL-69 y HD-38. Estos sensores se deben conectar al Módulo Heltec WiFi LoRa 32 V2 con los pines definidos como se muestra en la Tabla 26. Tomando en cuenta que se tienen tres sensores cada uno de estos se conecta a un pin del Módulo. Como es el caso del sensor 1 se conecta desde el pin A0 al pin 13 del módulo ESP32, el sensor 2 se conecta desde el pin A0 al pin 21, el sensor 3 se conecta desde el pin A0 al pin 12 del módulo Heltec.

Tabla 26

Pines de conexión entre sensor y módulo.

HD-38 / YL-69	ESP32
VCC	3.3. V

	GND	GND
Sensor 1	A0	13
Sensor 2	A0	21
Sensor 3	A0	12

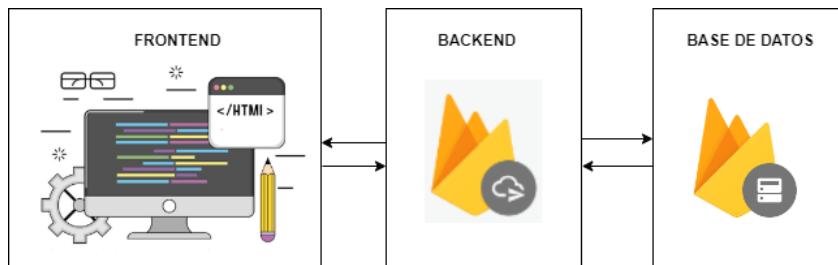
Fuente. Propia.

4.3.4. APLICACIONES WEB

Como última etapa de la arquitectura de IoT se encuentra la aplicación web. Esta permitirá al usuario interactuar con la plataforma IoT, acceder a gráficos y datos históricos, así como recibir alertas a los usuarios en caso de que se detecten niveles de humedad fuera del rango establecido y así, el usuario pueda revisar el lugar específico en el que la humedad este teniendo inconvenientes. Además, aporta una visión completa y detallada del monitoreo.

Figura 38

Arquitectura de la aplicación web.



Fuente. Propia.

El sistema web consta de tres partes para su funcionamiento. Mediante la figura 38 se observa una arquitectura de la aplicación web en la que consta de tres partes frontend, backend y la base de datos. Se debe tomar en cuenta que el backend y base de datos se encuentra directamente implementado en firebase solo se utilizan sus servicios y funciones. Por lo tanto, se creará desde cero el frontend de la aplicación extrayendo las herramientas y datos desde firebase.

Como se mencionó anteriormente el backend y la base de datos se configuran directamente en la plataforma IoT debido a que se usó Firebase que cuenta con herramientas,

servicios directamente implementados lo cual facilita la configuración de un backend aparte. Además, se seleccionó debido a que proporciona una infraestructura confiable y escalable para el almacenamiento y procesamiento de datos. También, se utilizaron servicios de gestión y autenticación para el inicio de sesión del usuario, asegurando un acceso seguro y actualizado de los datos.

4.3.4.1. FRONTEND.

Para crear el frontend del sistema web de monitoreo se usará React, una biblioteca popular de JavaScript, con la cual se construyen las interfaces de usuario para que sean interactivas y reactivas en aplicaciones web. Es decir, se puede dividir la interfaz en componentes modulares, facilitando el mantenimiento y escalabilidad del proyecto.

La interfaz gráfica de la aplicación se diseñará de manera que el usuario pueda acceder con facilidad. De igual manera se permitirá al usuario interactuar con los datos de humedad mediante gráficos, tablas y visualizaciones interactivas. Se incluirán las configuraciones de notificaciones para informar al usuario que ingrese cuando se detecten niveles de humedad fuera de los rangos necesarios en la pitahaya.

Características técnicas del frontend.

Se utilizará un conjunto de tecnologías en el desarrollo de HMI (Interfaz Humano-Máquina) para proporcionar una interfaz de usuario contemporánea, interactiva y efectiva. A continuación, se detallan las características técnicas más significativas:

React: esta biblioteca se utilizará para la creación de varios componentes reutilizables e interfaces de usuario. Esto facilitará la creación del Dashboard debido al modularidad del código basada en componentes, lo que también proporcionará el mantenimiento del proyecto y la expansión de una manera más fácil.

JavaScript: este lenguaje será esencial para la implementación del Frontend, se utilizará para llevar a cabo la lógica del lado del cliente, comunicarse en tiempo real con la

base de datos y administrar la funcionalidad de la interfaz de usuario. Además de, gestionar los eventos de la página y el usuario.

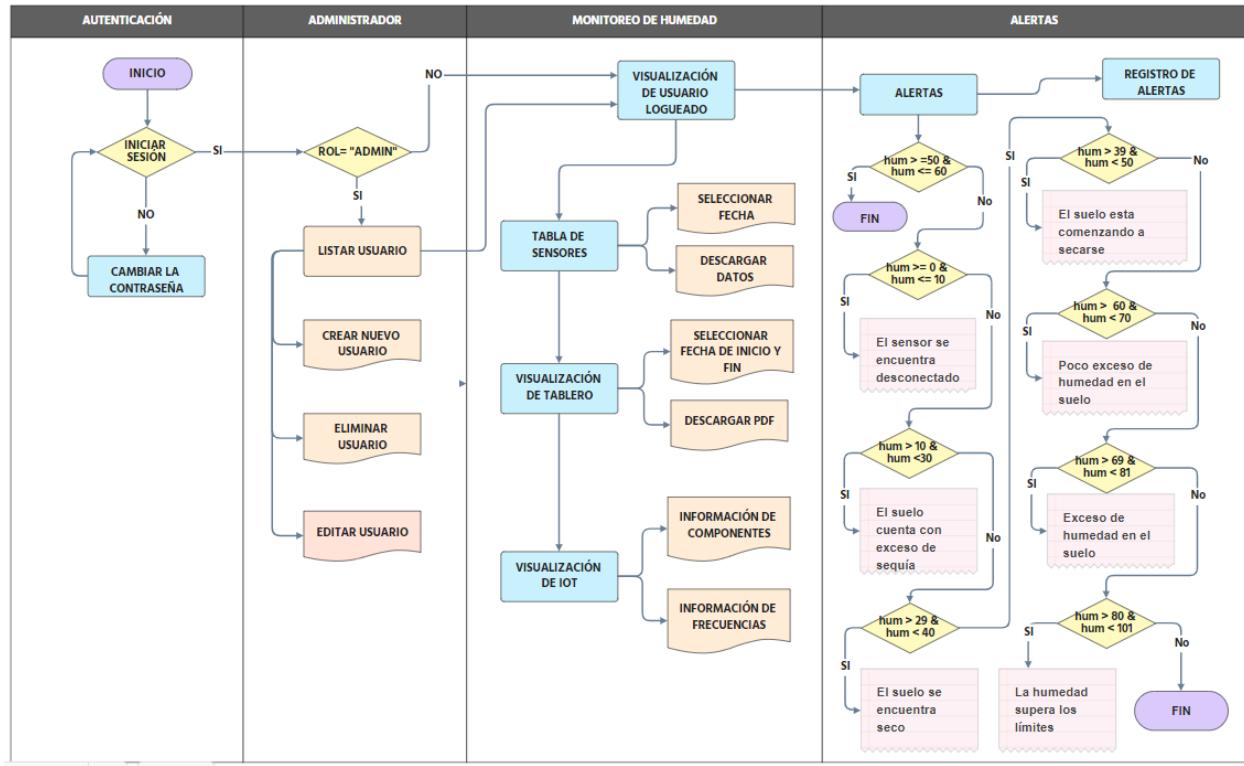
Highcharts: será utilizado para generar visualizaciones atractivas de los datos recolectados mediante visualizaciones interactivas y con variedades de gráficos, incluyendo gráficos de barras, líneas y áreas, lo que permite una representación clara y comprensible de la información. Estas visualizaciones mejorarán la experiencia del usuario al permitir una interacción intuitiva con los datos de humedad.

Mediante la figura 39 se observa el proceso que realizará el usuario al momento de iniciar al sistema. Este puede ser administrador o usuario, al iniciar se encuentra una condición en caso de que el usuario no pueda iniciar sesión deberá cambiar la contraseña, si no ingresará y se tomará en cuenta el rol. Si es administrador podrá acceder a la visualización de los usuarios, en la que podrá crear un nuevo usuario, editar o eliminar uno que se encuentre en la lista. Si no es un administrador no ingresará a esta sección. Cabe recalcar que, al momento de ingresar, a ambos usuarios se le mostrará la página de inicio en la que se observan los datos actuales, junto a esto se observará un gráfico que mostrará los últimos 10 datos y un gráfico con los 3 últimos datos por área.

Añadiendo a lo anterior, a ambos usuarios se le mostrará el apartado de tablero e IoT, en la que en tablero se podrá ubicar la fecha de inicio y fin para mostrar datos. Estos datos se muestran en tres áreas diferentes, adicional a esto se muestra una tabla con todos los datos desde la fecha de inicio hasta la selección de la fecha final. En IoT se muestra un apartado con la información de los componentes utilizados y datos de la frecuencia con la que reciben los datos en LoRa. Por último, ambos usuarios pueden observar una tabla con los valores recolectados durante un tiempo determinado, incluso puede descargar un csv con dichos datos. Para finalizar, ambos usuarios reciben una alerta de acuerdo con la lectura de los sensores, para esto se realizan varias condiciones para controlar la alerta de acuerdo con la humedad.

Figura 39

Proceso que realizará el sistema de visualización.



Fuente. Propia de acuerdo con los requisitos solicitados por el usuario.

4.3.4.2. METODOLOGÍA DE DESARROLLO KANBAN.

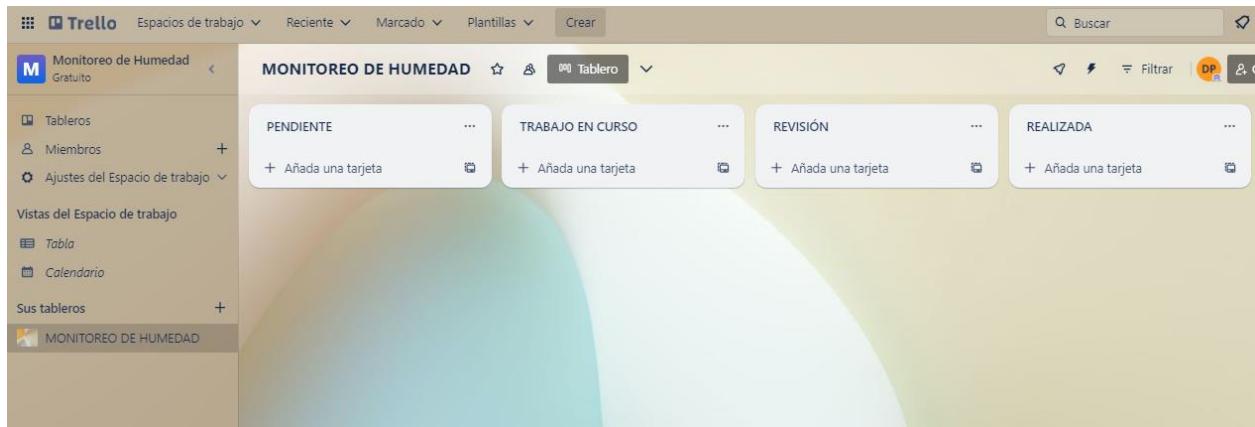
Para implementar la propuesta de desarrollo de software, se utilizará la metodología ágil Kanban, la cual se basa en una gestión de tareas flexibles y visual, esto es adecuado para proyectos que requieren una rápida adaptación a los cambios y un enfoque incremental para el desarrollo de software.

Esta metodología se caracteriza por la utilización de un tablero visual en el cual se representan las tareas pendientes, en progreso y completadas. En la figura 40 se observa una herramienta de trabajo de la metodología kanban esta se llama Trello y cuenta con una configuración sencilla de tareas. Esta herramienta cuenta con un tablero en el que se pueden añadir tareas, acompañadas de tarjetas en la cual se define la fecha de inicio y finalización de dicha tarea, clasificaciones de prioridad si es el caso y el estado actual. En este caso se

mostrarán cuatro etapas en las que se irán ubicando las tareas de acuerdo con su avance, esta es Pendiente, Trabajo en curso, Revisión y Realizada.

Figura 40

Tablero de Kanban.



Las fases necesarias para el desarrollo del sistema Web se encuentran las siguientes:

Fase I: Selección de requisitos.

Esta fase incluye el proceso de desarrollo de software, en el cual se identificará y determinará todos los requisitos propuestos e identificar requisitos funcionales y no funcionales. Esto se lo realiza de acuerdo con las solicitudes brindadas por el propietario de la Finca Catagua mediante la entrevista y encuesta realizada, en la que él manifestó algunos requisitos para la elaboración del diseño web.

Fase II: Diagrama de casos de uso.

En esta fase se realizarán los diagramas de casos de uso. Tomando en cuenta que, es necesario conocer el proceso que realizará el usuario y el proceso que realizará el administrador para ingresar al sitio web, para la visualización de los datos y para la alerta de humedad que recibe el usuario si el valor se encuentra fuera del rango establecido.

Fase III: Diseño de arquitectura.

En esta fase se diseñará un diseño conceptual, un diseño lógico y un diseño físico para comprender la arquitectura del sistema web de manera general y así poder implementarlo en la finca Catagua para el monitoreo del suelo. Este diseño se lo realiza de acuerdo con los requisitos establecidos y los diagramas de caso de uso definidos en las fases anteriores.

Fase IV: Historias de usuario.

En esta fase se proceden a crear las historias de usuario para identificar las necesidades y tareas que se deben realizar con el fin de mejorar el resultado después de implementar el sitio web. Estas historias de usuario se crean a partir del desarrollo de las fases anteriores.

Fase V: Tablero de kanban.

En esta fase se muestran los resultados de las tareas al implementarlas en kanban. Además, se añaden las historias de usuario en el tablero con su respectiva fecha, detalle y tarjeta. Esta debe ser ubicada de acuerdo con la etapa en la que se encuentra del proceso. Las etapas establecidas serán: Pendiente, Trabajo en progreso, Revisión y Realizada.

4.4. IMPLEMENTACIÓN DE LA ARQUITECTURA DE LA PROPUESTA

Para la implementación de la arquitectura se presenta a continuación la ejecución concreta de la propuesta, alineada con la arquitectura del Internet de las Cosas (IoT) seleccionada para este proyecto. Anteriormente se mostró una descripción general de cada una de las etapas de dicha arquitectura y posteriormente se logrará su desarrollo.

4.4.1. RED DE COMUNICACIONES.

La implementación de la red de comunicaciones se realizará mediante las fases de la metodología Top Down. Esta metodología cuenta con seis fases en las que se detallan los requerimientos, el diseño lógico, el diseño físico y la implementación de la infraestructura de la red.

4.4.1.1. FASE I: ANÁLISIS DE REQUERIMIENTOS.

En esta fase inicial se realizó un análisis exhaustivo de los requisitos de la red de comunicaciones, en la que se identificaron las necesidades específicas de la infraestructura de comunicación, la cobertura requerida y los estándares tecnológicos adecuados. Esto se lo realizó mediante la información recolectada en la entrevista, observación de campo y encuesta.

Metas:

- Mejorar la eficiencia del riego.
- Reducir costos en riego.
- Mejorar la productividad, minimizando pérdidas del producto.
- Precisión de los datos obtenidos de humedad.

Actualidad:

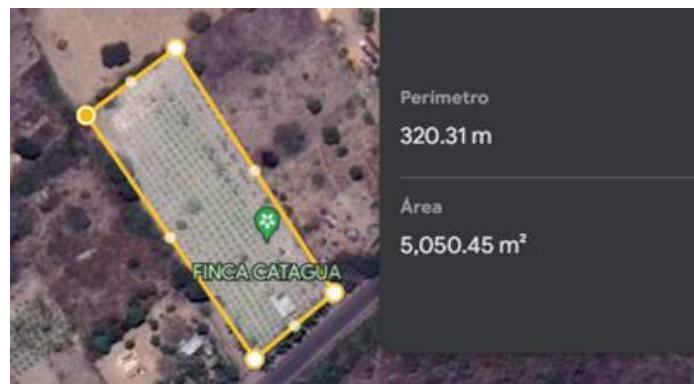
- No existe una red implementada en esta área. Por lo tanto, se debe diseñar desde cero.
- Los datos actuales se recolectan por medio de mediciones físicas, realizadas por el encargado de monitorear la zona.

Alcance de la red:

La Finca Catagua cuenta con 120m de largo, 140m de ancho, un perímetro de 320.31m y el área de 5050.45m², tal como se muestra en la Figura 41. Por lo tanto, se decidió dividir el área total de cultivos de pitahaya en tres áreas iguales, con un perímetro de 160m por cada área con el fin de monitorear la zona completa sin que quede partes por incluir. Cabe recalcar que, en cada Área dividida se debe ubicar un sensor de humedad para obtener datos del suelo por cada una de las áreas.

Figura 41

Medidas de la zona en la "Finca Catagua".



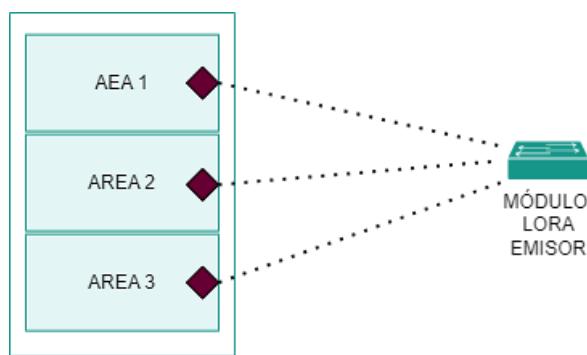
Fuente. Adaptado de Google Earth.

4.4.1.2. FASE II: DESARROLLO DEL DISEÑO LÓGICO.

Con base a los requisitos establecidos, se procede con el desarrollo del diseño lógico de la red de comunicaciones. También se definirán las necesidades específicas de la infraestructura de comunicación, la cobertura y los estándares adecuados. El diseño lógico de la red se encuentra dividido en dos partes: el emisor el cual obtiene los datos recolectados por los sensores y el receptor que es quien recibe los datos del emisor mediante Lora y los envía al centro de datos para almacenarlos y posteriormente analizarlos.

Figura 42

Diseño de red del emisor.

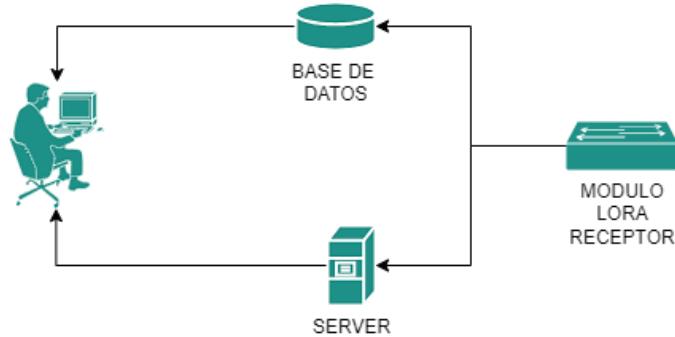


Fuente. Propia.

Mediante la figura 42 se muestra el diseño de la red del emisor, en la que la zona de cultivos se encuentra dividida en tres áreas, en cada una de ellas se implementará un sensor para medir la humedad el cual es el punto rojo. Luego, estos datos son recibidos en el módulo emisor y enviados por medio de LoRa al módulo receptor.

Figura 43

Diseño de red del receptor.

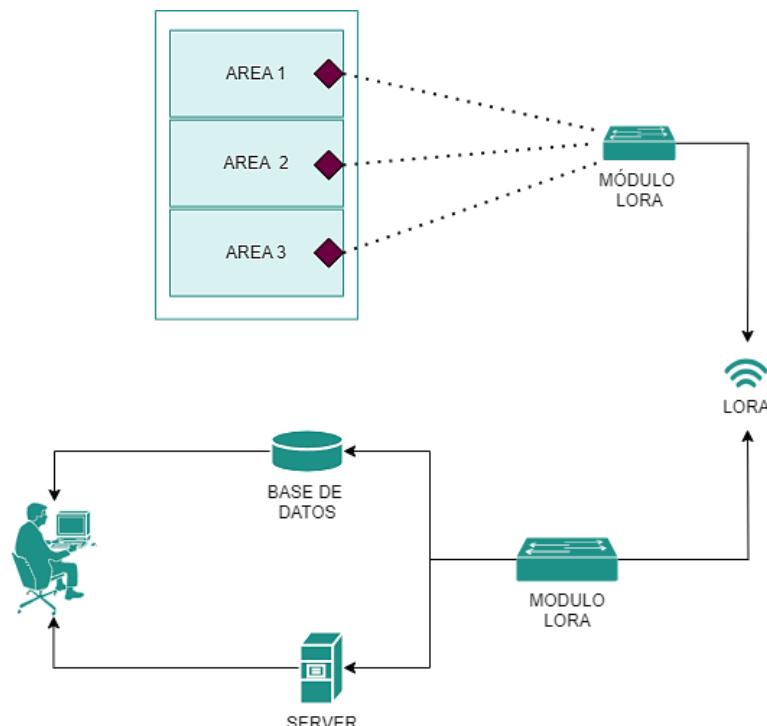


Fuente. *Propia.*

En la figura 43 se presenta el diseño lógico de la red del receptor. En esta configuración el receptor desempeña un papel central de recibir los datos transmitidos por el emisor, posteriormente los almacena en la base de datos y, finalmente mediante un servidor se presentan dichos datos de manera comprensible a través de un sitio web.

Figura 44

Diseño de red completa.



Fuente. *Propia.*

Mediante la figura 44 se observa el diseño lógico general de la red que será implementada, incorporando el diseño del emisor en el cual están conectados los sensores que extraen datos de humedad del suelo y el diseño del receptor el cual logra comunicarse mediante la frecuencia de LoRa al módulo emisor. Después el módulo receptor envía dichos datos a la base de datos de firebase para que mediante el servidor puedan extraerse los datos y mostrarlos mediante una página web.

4.4.1.3. FASE III: DESARROLLO DE DISEÑO FÍSICO.

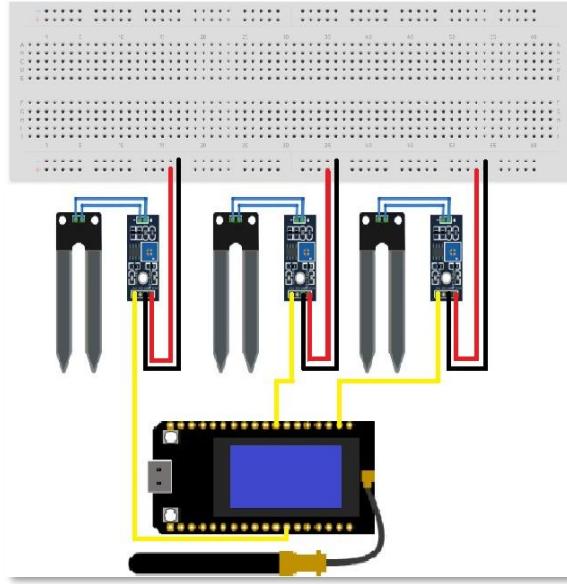
En esta fase se traduce el diseño lógico realizado con anterioridad a un diseño físico, con el cual se llevará a cabo la configuración de los dispositivos, la instalación e interconexión de los componentes, asegurando que su funcionamiento sea estable y eficiente. El diseño físico se divide en dos partes, un diseño para el emisor que está conectado a los sensores y otro diseño para el receptor que trabaja de forma inalámbrica con otros componentes.

Diseño físico del módulo emisor.

Mediante la figura 45, se logra observar el esquema de conexiones entre los tres sensores de humedad (YL-69) y el módulo Heltec Wifi LoRa 32 V2. Tomando en cuenta que, cada uno de los sensores se conectarán a pines específicos del módulo LoRa para adquirir y transmitir los datos de humedad. El sensor 1 después de conectarse a positivo y negativo se conecta al módulo desde el pin A0 al Pin 13, el sensor 2 se conecta desde el pin A0 al pin 21 y el sensor 3 se conecta desde el pin A0 al pin 12 del módulo emisor.

Figura 45

Desarrollo de topología del dispositivo emisor.



Fuente. Propia.

Diseño físico del módulo receptor.

Mediante la Figura 46 se logra apreciar la topología de red del receptor. Está constituido por un módulo Heltec Wifi LoRa 32 V2, este módulo se conecta a firebase en donde procede a almacenar los datos en Realtime Firebase mediante conexión inalámbrica y un hosting de firebase el cual debe almacenar la configuración del sitio web, con el fin de que el usuario pueda visualizar los datos en el sistema.

Figura 46

Desarrollo de la topología del dispositivo receptor.



Fuente. Propia.

Diseño físico de conexión entre módulos

En la Figura 47 se muestra la topología de red entre el emisor y receptor. Está constituido por dos módulos Heltec Wifi LoRa 32 V2, los cuales se conectan por medio de la frecuencia de LoRa. El dispositivo emisor se encuentra conectado a los sensores de humedad, estos son los encargados de recolectar los datos del suelo, para que el emisor pueda enviarlos al módulo receptor. En el momento que el módulo receptor recepta los datos los encapsula y procede a almacenarlos en la base de datos de Firebase mediante conexión inalámbrica en Realtime Firebase. Posteriormente, muestra los datos recolectados, por medio de un sitio web ubicado en un hosting de firebase.

Figura 47

Diseño físico completo de emisor y receptor.



Fuente. Propia.

4.4.1.4. FASE IV: CONFIGURACIÓN PARA LA IMPLEMENTACIÓN.

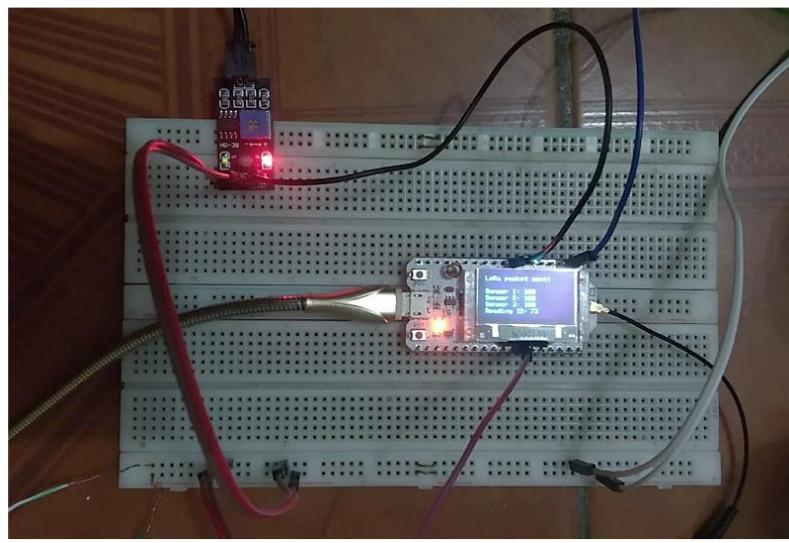
Para configurar el módulo emisor y el módulo receptor, con el fin de obtener una implementación sin problemas, se puedan realizar las pruebas conociendo los resultados. Continuamente se deben seguir una serie de pasos, los cuales serán detallados a continuación.

Paso 1: Conexiones entre sensores y módulo emisor.

Se debe realizar las conexiones entre los sensores de humedad y el módulo Heltec Wifi LoRa32 V2(emisor). En la figura 48 se muestra la conexión entre los sensores de manera física tomando en cuenta los pines establecidos en el diseño de la arquitectura.

Figura 48

Conexión de sensores al módulo ESP32.



Fuente. Propia.

Paso 2: Configuración mediante Arduino IDE.

Para poder configurar el módulo emisor es necesario realizar las configuraciones mediante el código de Arduino tal como se muestra en la Figura 49. Este código consta de una función que inicia los sensores, otra que obtiene los datos de los sensores, una función que inicia la frecuencia de LoRa, también se encuentra el setup en donde se configuran los

pines de entrada o salida y los parámetros de frecuencia para establecer compatibilidad y por último el loop que recibe las instrucciones y en el orden que se deben hacer. Es decir, el funcionamiento del programa.

Figura 49

Sección de código del emisor.

```
implementacionemisor.ino
77  }
78
79 // Initialize LoRa module
80 void startLoRA(){
81     // SPI LoRa pins
82     SPI.begin(SCK, MISO, MOSI, SS);
83     // Setup LoRa transceiver module
84     LoRa.setPins(SS, RST, DIO0);
85
86     while (!LoRa.begin(BAND) && counter < 10) {
87         Serial.print(".");
88         counter++;
89         delay(500);
90     }
91     if (counter == 10) {
92         // Increment readingID on every new reading
93         readingID++;
94         Serial.println("Starting LoRa failed!");
95     }
96     Serial.println("LoRa Initialization OK!");
97     display.setCursor(0, 10);
98     display.clearDisplay();
99     display.print("LoRa Initializing OK!");
100    display.display();
101    delay(2000);
102 }
```

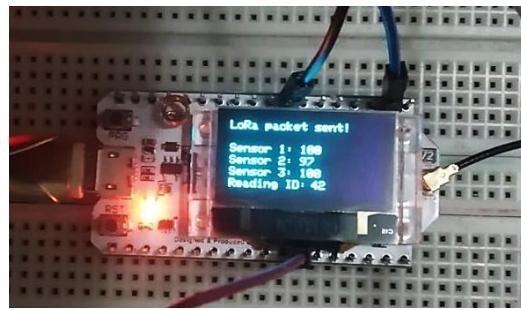
Fuente. Propia.

Paso 3: Obteniendo datos de humedad.

En este paso se procede a la adquisición de los datos provenientes de los sensores. Para este punto se conectaron los sensores y estos fueron ubicados en agua como entorno de prueba. Los resultados revelaron lecturas de humedad elevadas en un rango de 97 a 100 %. Mediante la Figura 50 se muestran con claridad y precisión los datos en el uso del display OLED, brindando una representación visual de las condiciones de humedad en el entorno implementado.

Figura 50

Datos de los sensores en OLED.



Fuente. Propia.

Paso 4: Envío de datos de emisor a receptor.

Para poder recibir los datos mediante el receptor es necesario que en el emisor se configure el envío de los datos obtenidos de los sensores esto se muestra en la figura 51, en la que se observa una función de enviando datos para que sean enviados al módulo del receptor. Es decir, la función dentro del código se encarga de enviar los datos obtenidos de los sensores por medio de LoRa al módulo del receptor.

Figura 51

Envío de datos por medio de Lora.

```

109
110 void sendReadings() {
111     LoRaMessage = String(readingID) + "/" + String(sensor1Value) + "&" +
112     String(sensor2Value) + "#" + String(sensor3Value);
113     // Send LoRa packet to receiver
114     LoRa.beginPacket();
115     LoRa.print(LoRaMessage);
116     LoRa.endPacket();
117
118     display.clearDisplay();
119     display.setCursor(0, 0);
120     display.setTextSize(1);
121     display.print("LoRa packet sent!");

```

Fuente. Propia.

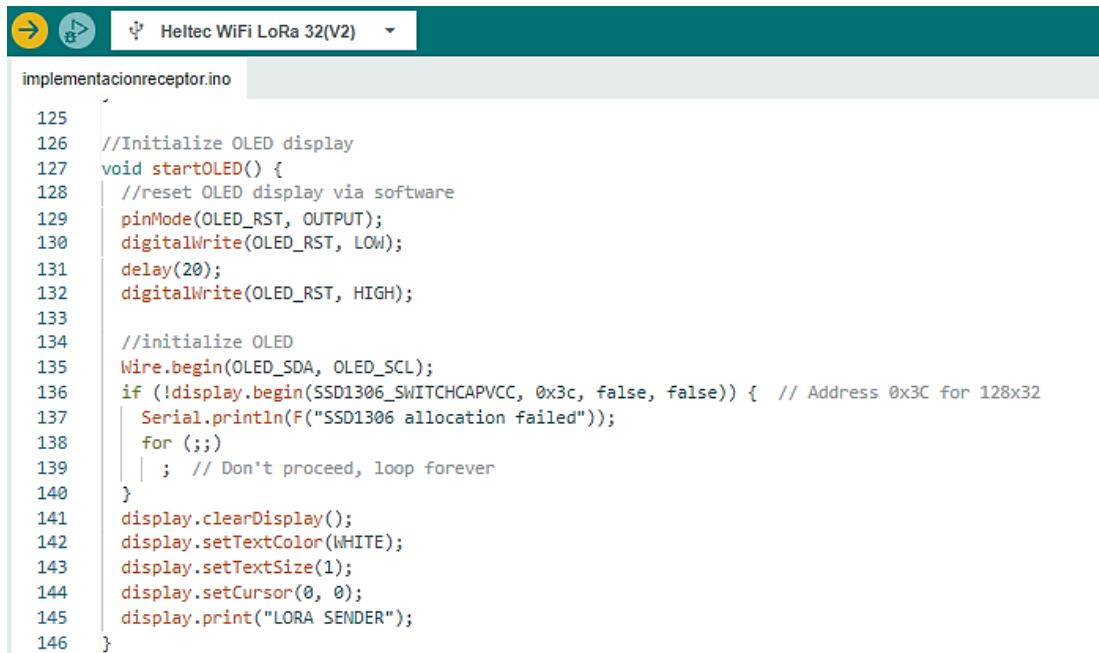
Paso 5: Configuración de módulo receptor.

Para implementar el módulo receptor es necesario realizar las configuraciones en el código. El código del receptor debe tener algunas librerías adicionales que las del emisor,

credenciales de Wifi para poder enviar los datos recolectados a la base de datos central, autenticación de firebase para utilizar los servicios de base de datos de firebase. Mediante la figura 52 se muestra el código con varias funciones entre ellas la inicialización de Wifi, LoRa y el display OLED, una función que obtenga el tiempo en el que se recibieron los datos. Por último, las funciones de setup y loop que son necesarias para el funcionamiento completo del código.

Figura 52

Configuración del módulo receptor mediante código de Arduino.



```

implementationreceptor.ino

125
126 //Initialize OLED display
127 void startOLED() {
128     //reset OLED display via software
129     pinMode(OLED_RST, OUTPUT);
130     digitalWrite(OLED_RST, LOW);
131     delay(20);
132     digitalWrite(OLED_RST, HIGH);
133
134 //initialize OLED
135 Wire.begin(OLED_SDA, OLED_SCL);
136 if (!display.begin(SSD1306_SWITCHCAPVCC, 0x3c, false, false)) { // Address 0x3C for 128x32
137     Serial.println(F("SSD1306 allocation failed"));
138     for (;;) {
139         ; // Don't proceed, loop forever
140     }
141     display.clearDisplay();
142     display.setTextColor(WHITE);
143     display.setTextSize(1);
144     display.setCursor(0, 0);
145     display.print("LORA SENDER");
146 }

```

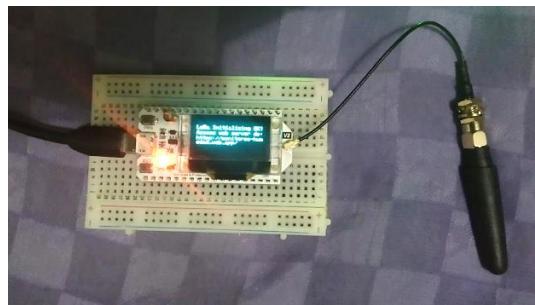
Fuente. Propia.

Paso 6: Funcionamiento de módulo receptor.

Después de la configurar el módulo receptor se muestra en la figura 53 el inicio de LoRa seguido de un mensaje de que recibió los datos del módulo emisor y fueron enviados a la base de datos para mostrarse en el hostname del sitio web donde se visualizarán los datos mediante tablas y gráficos.

Figura 53

Inicio de LoRa y nombre del sitio web.



Fuente. Propia.

Paso 7: Almacenamiento de datos.

Después de los pasos anteriores en la figura 54 se muestra que los datos enviados desde el emisor y recibidos mediante el receptor han sido enviados a la base de datos la cual es encargada de almacenarlos para que puedan ser extraídos mediante el sitio web y el usuario pueda visualizarlos desde el sitio web.

Figura 54

Datos en firebase.



Nota. Obtenido de firebase, proyecto monitoreo-humedad.

4.4.1.5. FASE V: IMPLEMENTACIÓN DE LA INFRAESTRUCTURA DE RED PARA EL MONITOREO.

Esta fase es la encargada de implementar la infraestructura de la red para el monitoreo de los cultivos en la Finca Catagua, con el fin de efectuar mejoras en el diseño y de que se

obtengan datos con mayor precisión. Para esto, se implementará el diseño final de la red con una serie de pasos que son detallados a continuación:

Paso 1: Almacenamiento de los módulos.

Mediante la figura 55 se muestra un enfoque de almacenamiento y conexión de los módulos. Estos se encuentran debidamente soldados para asegurar su conexión ante algún tipo de desastre. Adicional, se incorporó el módulo emisor junto a el cableado que contiene los sensores, en un cajetín el cual sirve como medida preventiva para proteger la infraestructura red en situaciones de lluvias o condiciones ambientales. Esto se lo realizó tanto para el emisor como para el receptor.

Figura 55

Almacenamiento y cubierta de la red.



Fuente. Propia.

Paso 2: Conexión entre módulo y sensores.

En este paso se verifica la conexión con el módulo del emisor para comprobar la comunicación entre ellos como se muestra en la Figura 56. Para esto se conecta el módulo emisor mediante un cable USB con la computadora utilizando la consola serial de Arduino y así poder verificar que todo esté funcionando correctamente.

Figura 56

Verificación de conexión entre dispositivos.



Fuente. Obtenida en la Finca Catagua.

Paso 3: Instalación de los sensores y módulo emisor.

De acuerdo con el perímetro y área del sembrío de pitahaya se decidió ubicar los sensores en tres áreas diferentes como se muestra en la Figura 57 en la que cada uno de los puntos azules es la ubicación de cada uno de los sensores, la x es el lugar donde se encuentra ubicado el módulo emisor.

Figura 57

Ubicación general de los sensores.



Fuente. Obtenido de Google Earth.

Paso 4: Verificación de los datos recolectados.

Después de la instalación de cada uno de los sensores y el módulo se procede a verificar que todo se encuentre correctamente funcional, para esto se procede a mostrar la

figura 58 en la que se observa la conexión nuevamente al módulo emisor desde Arduino, luego se reciben los datos que se recolectan en cada una de las áreas.

Figura 58

Verificación de los datos recolectados.



Fuente. Obtenida en la Finca Catagua.

Paso 5: Pruebas de conexión de acuerdo con la distancia.

Luego de ser ubicado el módulo receptor, en la figura 59 se observa la verificación de la conexión de acuerdo con la distancia obtenida entre la ubicación del módulo emisor y receptor, para verificar que no exista algún inconveniente. Se toma en cuenta que la distancia entre ellos es de 50 m y los datos llegan sin problema ni interferencia.

Figura 59

Prueba de conexión entre ambos módulos.



Fuente. Obtenida en la Finca Catagua.

Paso 6: Verificar la recepción de los datos.

Después de verificar la conexión por medio de LoRa entre módulos emisor y receptor se procede a verificar receptando los datos de los sensores en el dispositivo receptor de manera correcta, estos incluyen los datos de las tres áreas en donde se ubicaron cada uno de los sensores, para poder continuar con la implementación.

Paso 7: Verificar la base de datos.

Por último, después de realizar la implementación y verificar cada uno de los pasos anteriores se procede a revisar la base de datos, para comprobar que los últimos datos se hayan subido correctamente, tal como se muestra en la Figura 60, en la que se observa una estructura de los datos almacenados donde su identificador es el tiempo obtenido en segundo y dentro de este dato se encuentran los datos de sensor 1, sensor 2, y sensor 3 que corresponden a área 1, área 2 y área 3, también, se incluye nuevamente el tiempo.

Figura 60

Datos almacenados en Firebase.

```

root
  |
  +-- 1690931592 : {
      |-- sensor1Value: "41"
      |-- sensor2Value: "52"
      |-- sensor3Value: "54"
      |-- timestamp: "1690931592"
    }
    |
    +-- 1690931652 : {
      |-- sensor1Value: "49"
      |-- sensor2Value: "42"
      |-- sensor3Value: "42"
      |-- timestamp: "1690931652"
    }
    |
    +-- 1690931712 : {
      |-- sensor1Value: "42"
      |-- sensor2Value: "50"
      |-- sensor3Value: "50"
      |-- timestamp: "1690931712"
    }
    |
    +-- 1690931772 : {
      |-- sensor1Value: "50"
      |-- sensor2Value: "53"
      |-- sensor3Value: "51"
    }
  }
}

```

Fuente. *Adaptada de Realtime Database.*

4.4.2. PLATAFORMA DE IOT.

La implementación de la plataforma de IoT se realizará mediante firebase. Para poder utilizar esta herramienta es necesario configurar varios puntos, los cuales se detallarán a continuación:

4.4.2.1. PASO 1: CREACIÓN DE PROYECTO.

Al ingresar a firebase se solicita el nombre de un proyecto para lo cual es necesario crearlo. En la figura 61 se muestra la creación del proyecto de firebase en el que su nombre es monitoreo-humedad-suelo es importante, tener en cuenta cada paso que se hace.

Figura 61

Creación de proyecto de firebase.



Nota. Adaptado de firebase el 10 de julio del 2023.

4.4.2.2. PASO 2: AGREGUE FIREBASE A SU APLICACIÓN.

Dentro de la consola de firebase se agrega una aplicación web al proyecto creado anteriormente, por lo tanto, es necesario crear el sitio web. Mediante la figura 62 se muestra el proceso en el que se ubica un nombre a la aplicación y se configura el hosting de firebase para la misma. Asimismo, se obtiene el sdk que se utilizará para agregar a la aplicación web y se pueda configurar con el servidor web.

Figura 62

Aplicación web en Firebase.

The screenshot shows a modal window titled 'Agrega Firebase a tu aplicación web'. Step 1, 'Registrar app', is selected. It asks for a 'Sobrenombre de la app' (alias) which is filled with 'monitoreo-humedad-suelo'. A checkbox is checked, stating 'Además, configura Firebase Hosting para esta app.' (Also, configure Firebase Hosting for this app.) with a link to 'Más información'. Below this, a note says 'Hosting también se puede configurar más adelante. Puedes comenzar cuando quieras sin costo alguno.' (Hosting can also be configured later. You can start whenever you want without any cost). A dropdown menu shows 'monitoreo-humedad-suelo (Aún no hay impl...' (monitoreo-humedad-suelo (No implementation yet...)). At the bottom is a blue 'Registrar app' button.

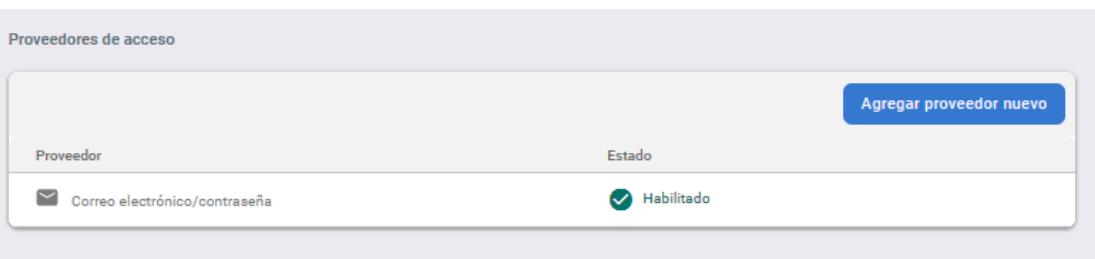
Fuente. Propia

4.4.2.3. PASO 3: AÑADIR LA AUTENTICACIÓN.

Es necesario agregar el servicio de autenticación, debido a que, el usuario necesitará loguearse para poder ingresar al Dashboard y visualizar los datos en el sistema. En la figura 63 se observa la autenticación por medio de correo electrónico y contraseña, esto se realiza agregando un proveedor nuevo, luego se procede a habilitar la autenticación de correo electrónico con contraseña, existen otras formas de autenticarse que en este caso no se utilizarán.

Figura 63

Autenticación de usuario.



Fuente. Propia

4.4.2.4. PASO 4: CONFIGURAR REALTIME FIREBASE.

Para obtener el servicio de base de datos en tiempo real, es necesario activar el almacenamiento y sincronización de datos en tiempo real. En la figura 64 se muestran las reglas en true para esto es necesario ingresar en la consola de firebase y ubicarse en el apartado de compilación, luego en Realtime Database se crea una base de datos y se le ubican las reglas necesarias.

Figura 64

Reglas de Firebase.

```

1  {
2    "rules": {
3      ".read": true,
4      ".write": true
5    }
6  }

```

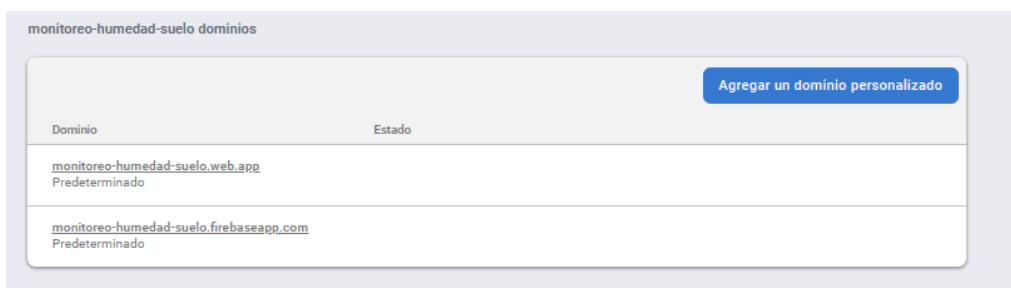
Fuente. Propia

4.4.2.5. PASO 5: CONFIGURAR HOSTING.

Mediante la figura 65 se logra observar el hosting creado, esto se lo realizó en el paso 2 en el que se activó la configuración del hosting para ese proyecto. Esto es necesario para la publicación del sistema web, para que al ingresar al dominio se pueda visualizar desde cualquier parte del mundo.

Figura 65

Hosting de Firebase.



Fuente. Propia.

4.4.2.6. PASO 6: CONFIGURAR SU APLICACIÓN WEB CON FIREBASE.

Mediante la Figura 66 se observa el archivo de configuración de firebase en la aplicación que se desarrollará, en este archivo primeramente se importarán servicios como firebase, usuario y base de datos. Después, se ubicarán los datos de configuración de firebase en un constante, estos datos deben ser: APIKEY, dominio, URL de la base de datos, el nombre del proyecto, el nombre del lugar para almacenamiento, el identificador de la API y el ID de mensajería. Por último, se inicializarán las exportaciones de firebase, usuario y base de datos, se inicializarán de acuerdo con los datos de la constante en donde se almacenaron los datos de configuración.

Figura 66

Configuración de firebase en la aplicación.

```

src > firebase.js > ...
1 //importar firebase
2 import { initializeApp } from "firebase/app"; 22.8k (gzipped: 7.3k)
3 //importar usuario
4 import {getAuth} from 'firebase/auth'; 70.6k (gzipped: 21k)
5 //importar base de datos
6 import { getDatabase } from "firebase/database"; 189.5k (gzipped: 55.8k)
7
8 //datos de configuracion de firebase
9 const firebaseConfig = {
10   apiKey: "AIzaSyAKy23WZonQ_dU9mtUAo9Of-mB3wse_4d8",
11   authDomain: "monitoreo-humedad.firebaseio.com",
12   databaseURL: "https://monitoreo-humedad-default-rtdb.firebaseio.com",
13   projectId: "monitoreo-humedad",
14   storageBucket: "monitoreo-humedad.appspot.com",
15   messagingSenderId: "1090458914878",
16   appId: "1:1090458914878:web:37349fe759032e8341016f"
17 };
18
19 // Inicializar Firebase
20 export const app = initializeApp(firebaseConfig);
21 // Inicializar Usuario
22 export const auth = getAuth(app);
23 // Iniciarizar Base de datos
24 export const db = getDatabase()

```

Fuente. Propia

4.4.3. SENSORES / ACTUADORES.

En esta etapa se establece la ubicación de los sensores y los módulos para obtener un resultado eficiente en la implementación. Tomando en cuenta la distancia, el alcance y que los componentes se encuentren en áreas protegidas para que no se dañe ninguno de los dispositivos.

4.4.3.1. LUGAR DE UBICACIÓN DEL EMISOR.

En la Finca Catagua se seleccionó con precisión un punto estratégico en la zona central para la ubicación del cajetín que contiene la conexión del dispositivo emisor con la red de sensores de humedad, así como se muestra en la figura 67. La elección garantiza una distribución precisa de la transmisión de datos, lo que permite una recopilación de información precisa y eficaz sobre la humedad en el suelo. De esta manera, se garantiza el flujo de datos entre el emisor y brinda a los sensores un ambiente controlado e ideal. Además, se observa el cultivo de la Finca Catagua en general en la que se identifica con una x el lugar en el que se ubicó el módulo emisor.

Figura 67

Ubicación del dispositivo emisor.



Fuente. Obtenida en la Finca Catagua.

4.4.3.2. LUGAR DE UBICACIÓN DE LOS SENSORES

Tomando en cuenta el perímetro y el área de la Finca Catagua se decidió ubicar los sensores en tres perímetros diferentes los cuales fueron extraídos de la división de la Finca Catagua. A continuación, se detalla la ubicación de cada uno de los sensores:

- **Ubicación del sensor 1.**

La instalación estratégica del sensor en el área 1 se visualiza a través de la figura 68. Esta imagen captura el proceso de instalación de uno de los sensores en la Finca Catagua. Brindando una visualización de cómo se integra el dispositivo en el área específica al principio de esta fase. En esta área se utilizó el sensor HD-38

Figura 68

Instalación del primer sensor.



Fuente. Captada en la Finca Catagua.

- **Ubicación del sensor 2.**

Mediante la figura 69 se observa la ubicación precisa del sensor en el área 2 proporcionando una referencia visual para el análisis y seguimiento de los datos de humedad correspondiente, en este se utilizó el sensor HD-38.

Figura 69

Instalación del segundo sensor.



Fuente. Captada de la Finca Catagua.

- **Ubicación del sensor 3.**

En la figura 70 se observa una representación gráfica de la ubicación precisa en donde se procede a la implementación del último sensor ubicado en el área 3 con el fin de obtener datos que pueda abarcar toda el área 3. Para esta área se utilizó el sensor YL-69.

Figura 70

Instalación del último sensor.



Fuente. Captada en la Finca Catagua.

4.4.3.3. LUGAR DE UBICACIÓN DEL MÓDULO RECEPTOR.

Se seleccionó la ubicación estratégica para el módulo receptor, este módulo se encuentra dentro de un cajetín y fue ubicado en la estación base de la Finca Catagua, así como se muestra en la figura 71. La elección garantiza una distribución precisa de la transmisión de datos entre el módulo emisor y el receptor, lo que permite una recepción de datos sobre la humedad en el suelo obtenida por los sensores. Además, en la misma figura se observa el cultivo de la Finca Catagua desde Google Earth en la que se identifica con un punto el lugar en que se ubicó el módulo receptor.

Figura 71

Ubicación del módulo receptor.



Fuente. Obtenida en la Finca Catagua.

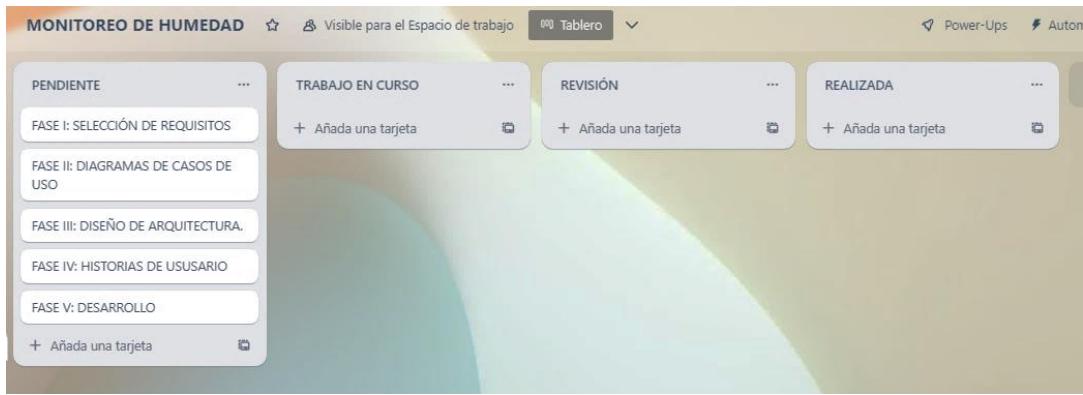
4.4.4. APLICACIÓN WEB.

La aplicación web se implementará utilizando un enfoque estructurado basado en las etapas de la metodología Kanban. Este método, es bastante conocido por su eficacia en la gestión ágil de proyectos, para esta metodología se deben seguir varios pasos, estos incluyen la identificación de requisitos, creación de diagramas de estudios de casos, diseño de arquitectura, la conceptualización de la historia del usuario que guiará el desarrollo y la organización.

Mediante la figura 72 se muestra el tablero Kanban con el proceso de cada una de las fases que se encuentran pendiente a medida que se vaya avanzando con cada una de ellas, cada una de las fases se encuentra en pendiente, debido a que aún no se han comenzado.

Figura 72

Proceso de las fases de desarrollo.



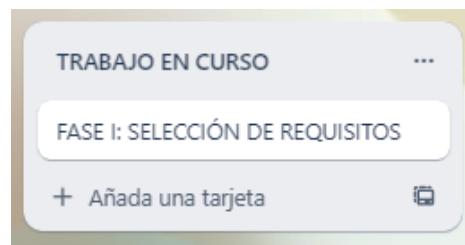
Fuente. Propia

4.4.4.1. FASE I: SELECCIÓN DE REQUISITOS.

Es una fase concluyente para el proceso de desarrollo de software. Se realiza con el fin de identificar y determinar todos los requisitos propuestos. Dentro de esta etapa se identifican, evalúan y priorizan los requisitos para contemplar si importancia y viabilidad. Para la selección de requisitos se procede primeramente a identificar los requisitos y luego a definir los requisitos funcionales y no funcionales.

Figura 73

Fase I en curso.



Fuente. Propia

Mediante la figura 73 se muestra la tarea de fase 1 donde se seleccionan los requisitos, que comenzó en pendiente y ahora se encuentra en curso, debido a que se está desarrollando en este punto, en el momento que se haya realizado se ubicara en la última columna de tareas.

Identificación de requisitos.

La identificación de requisitos es necesaria para comprender las funcionalidades y características que debe tener la aplicación a desarrollar, por ende, a continuación, se mostrarán los requisitos identificados.

- **Extracción y visualización de la humedad obtenida, en la base de datos:**
El sistema debe recopilar datos de humedad de los sensores y mostrarlos en una base de datos para posteriormente visualizarlos y analizarlos en la base de datos.
- **Login:** Debe contar con un mecanismo de autenticación que permita a los usuarios identificarse antes de acceder a las funciones y datos del sistema.
- **Tablas estadísticas con una cantidad de datos establecidos:** El sistema debe presentar tablas estadísticas con una cantidad específica de datos, lo que sugiere la posibilidad de visualizar resúmenes o informes con datos relevantes.
- **Determinar hosting para el sistema:** Se debe definir donde se alojará el sistema para poder ser visualizado en cualquier parte del mundo.
- **Calibres de los sensores en cada una de las zonas:** Debe incluir calibres para los sensores en cada zona cada que se actualicen los datos.
- **Tarjetas que muestren los últimos datos que se van almacenando y se actualicen:** Este debe realizarse en la interfaz para que aparezca una tarjeta por cada zona, en el que se muestren el último dato almacenado en tiempo real.

En la tabla 27 y la tabla 28 se muestran los requisitos funcionales y no funcionales con las tareas establecidas para cada uno, con el fin de determinar el tiempo en el que se realizará cada una de las tareas.

Tabla 27

Requisitos funcionales.

Requisitos funcionales	
Requisitos	Tareas
Extracción y visualización de la humedad obtenida, en la base de datos.	<ul style="list-style-type: none"> a. Configurar la interfaz para recibir datos de los sensores de humedad. b. Diseñar y crear la base de datos para almacenar los datos de humedad. c. Desarrollar un módulo para procesar y guardar los datos recibidos en la base de datos. d. Implementar una funcionalidad para visualizar los datos de humedad en la interfaz del sistema. e. Visualización de datos con gráficos y tablas f. Mostrar una cantidad de datos y dar la opción de mostrar más datos.
Login.	<ul style="list-style-type: none"> a. Diseñar e implementar la interfaz de inicio de sesión. b. Validación de los datos de autenticación.
Tablas estadísticas con una cantidad de datos establecidos.	<ul style="list-style-type: none"> a. Obtener los datos necesarios para las tablas estadísticas.
Determinar hosting y base de datos para el sistema.	<ul style="list-style-type: none"> a. Investigar opciones de alojamiento en la nube. b. Realizar configuración necesaria del hosting y base de datos
Calibres de los sensores en cada una de las zonas.	<ul style="list-style-type: none"> a. Proporcionar retroalimentación visual o notificaciones cuando los datos de humedad estén fuera de los límites calibrados
Tarjetas que muestren los últimos datos que se van almacenando y se actualicen.	<ul style="list-style-type: none"> a. Configurar actualizaciones automáticas de la interfaz para mostrar los últimos datos de humedad en la tarjeta.

Fuente. *Propia*.

Tabla 28

Requisitos no funcionales.

Requisitos no funcionales	
Requisitos	Tareas

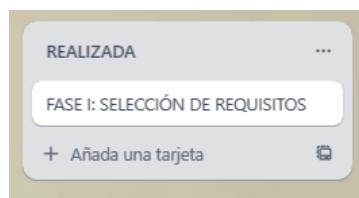
Usabilidad.	Visualización adaptada a diferentes tamaños de pantallas y dispositivos.
Disponibilidad.	Sistema disponible en todo momento, para asegurar la continuidad del servicio.
Precisión.	Los datos mostrados deben ser precisos

Fuente. *Propia*

En la figura 74 se encuentra la Fase I completa por lo tanto ya está ubicada en realizada, tomando en cuenta que ya se identificaron los requisitos, se priorizaron y se ordenaron en requisitos funcionales y no funcionales. Los cuales se utilizarán más adelante para continuar con el proceso.

Figura 74

Fase I realizada



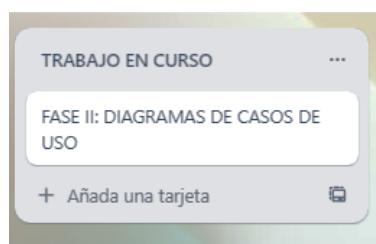
Fuente. *Propia*

4.4.4.2. FASE II: DIAGRAMA DE CASOS DE USO.

La creación de los diagramas de casos de uso que se mostrarán a continuación ofrece una representación visual, clara y concisa de la interacción de los usuarios con la aplicación y ayudan a comprender la funcionalidad desde la perspectiva del usuario.

Figura 75

Fase II en curso.



Fuente. Propia

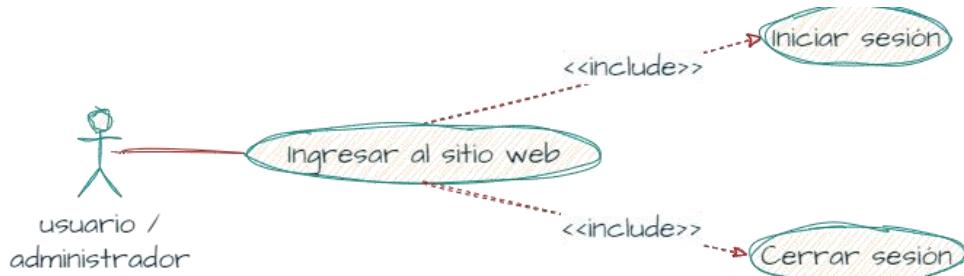
De acuerdo con la figura 75 en la que se muestra la fase II en curso debido a que en esta etapa se realiza cada uno de los diagramas de casos de uso. Cuando se finalice esta tarea se ubicará en el apartado de realizada.

Caso de uso 1: Ingresar al sitio web.

Mediante la figura 76 se observa el proceso que realiza el cliente para ingresar al sistema. Este usuario puede ser administrador o usuario, debe autenticarse para poder acceder a la información de los datos de los sensores y luego debe cerrar sesión para poder salir del sitio.

Figura 76

Caso de uso para la autenticación.



Fuente. Propia.

Mediante la figura 77 se muestra el inicio de sesión al sitio web, en este incluye un mensaje de error en la parte superior en caso de que los datos ingresados sean incorrectos, seguido se muestra el logo del sistema. Para ingresar se debe ingresar el correo electrónico y la contraseña, existe la opción en caso de que no recuerde la contraseña, podrá restablecer su contraseña. Por último, se encuentra el botón de ingreso el que realiza la configuración necesaria para poder ingresar al sistema de acuerdo el rol establecido.

Figura 77

Inicio se sesión del sistema.



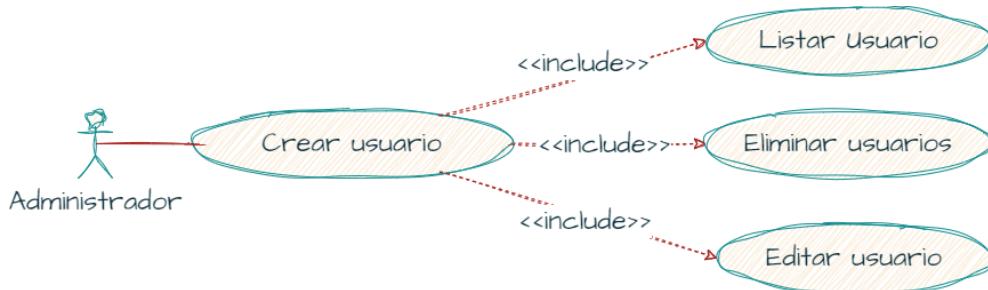
Fuente. Adaptado de Sistema de Monitoreo.

Caso de uso 2: Lista de usuarios

Mediante la figura 78 se puede observar el caso de uso para crear usuarios. Este lo realizará el administrador. Solo el administrador tiene acceso a los usuarios, puede crear usuario, luego de haberlo creado puede obtener una lista, editar un dato y eliminar un dato específico.

Figura 78

Caso de uso para crear usuarios.



Fuente. Propia

En la Figura 79 se observa el desarrollo de uso en el que debe estar disponible crear, listar, editar y eliminar un usuario. Para listar el usuario se muestra el nombre, correo, cargo, rol y las acciones que se puedan realizar en este caso es Editar y Eliminar. Cabe recalcar que también se almacena la contraseña, pero esta no se muestra.

Figura 79

Desarrollo del caso de uso de usuarios.

NOMBRE	CORREO	CARGO	ROL	ACCIONES
Josselyn Macias	maciaspicostefany@gmail.com	Encargado	admin	
Robert Catagua	roberthcatagua@gmail.com	Propietario	admin	
Dayana Villamar	dayanavillamar2017@gmail.com	Empleado	usuario	

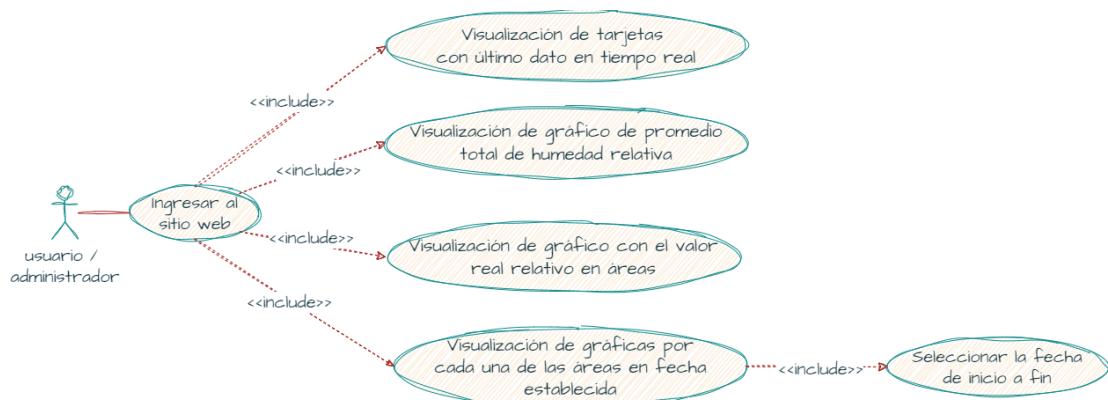
Fuente. *Adaptado de Sistema de Monitoreo.*

Caso de uso 3: Visualización de datos.

Mediante la Figura 80, se detallan las acciones que puede realizar el cliente sea usuario o administrador una vez haya ingresado al sistema, así como visualizar los datos dentro de las tarjetas en tiempo real, verificar el Dashboard donde se muestran cada uno de los gráficos para una mejor compresión de datos estadísticos, a su vez podrá hacer uso de una tabla que permita la lectura de todos los datos almacenados.

Figura 80

Caso de uso para visualización de datos.

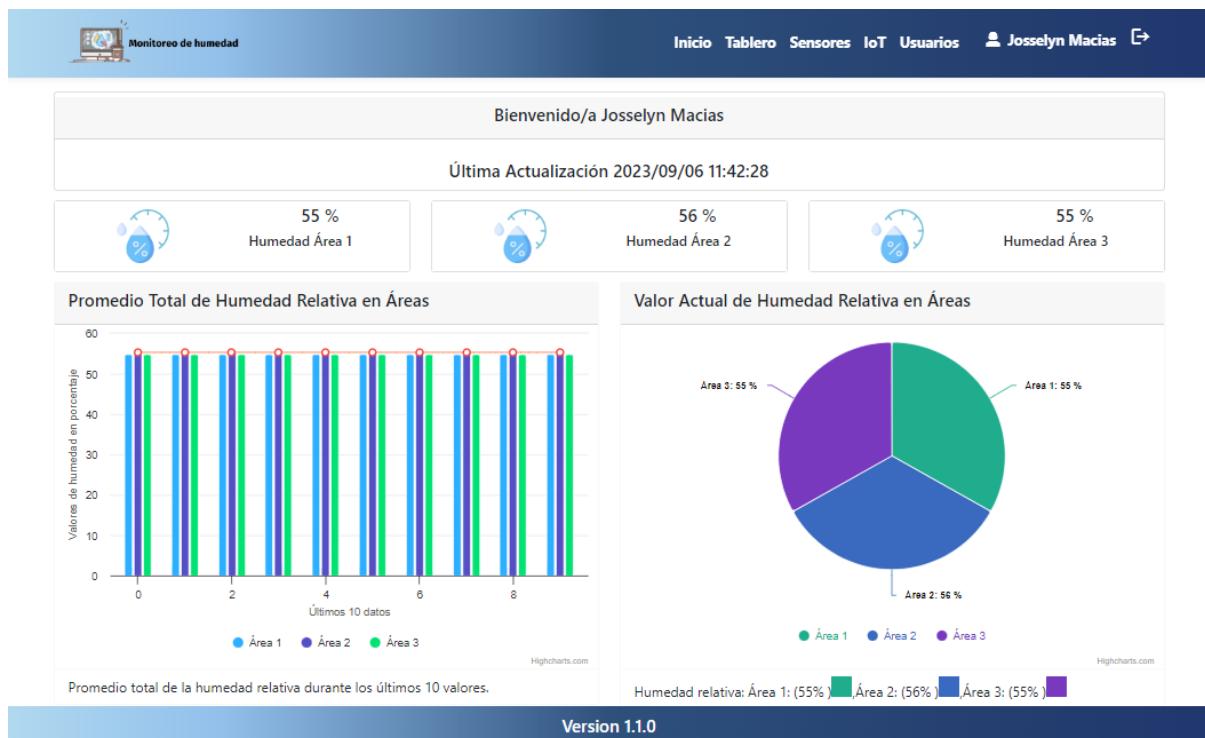


Fuente. *Propia.*

Mediante la Figura 81 se muestra la Página de inicio del sistema en la que se ingresó con usuario administrador por lo tanto se encuentra el apartado de usuarios, en el inicio se encuentran tres tarjetas en las que se observa el último valor de humedad en cada una de las áreas, seguido a esto se muestra una gráfica que obtiene los valores de las 10 últimas mediciones de humedad de los sensores, los valores de x son la cantidad de datos a mostrar y los valores de y son las mediciones por área, tomando en cuenta en las barras de color verde subido son del área 3, las barras de color morado son del área 2 y las barras de color azul son del área 1. En el gráfico de pastel se muestran los datos de las áreas por color, el área 1 se encuentra de color verde, el área 2 de color morado y el área 3 de color azul.

Figura 81

Página de inicio del sistema.



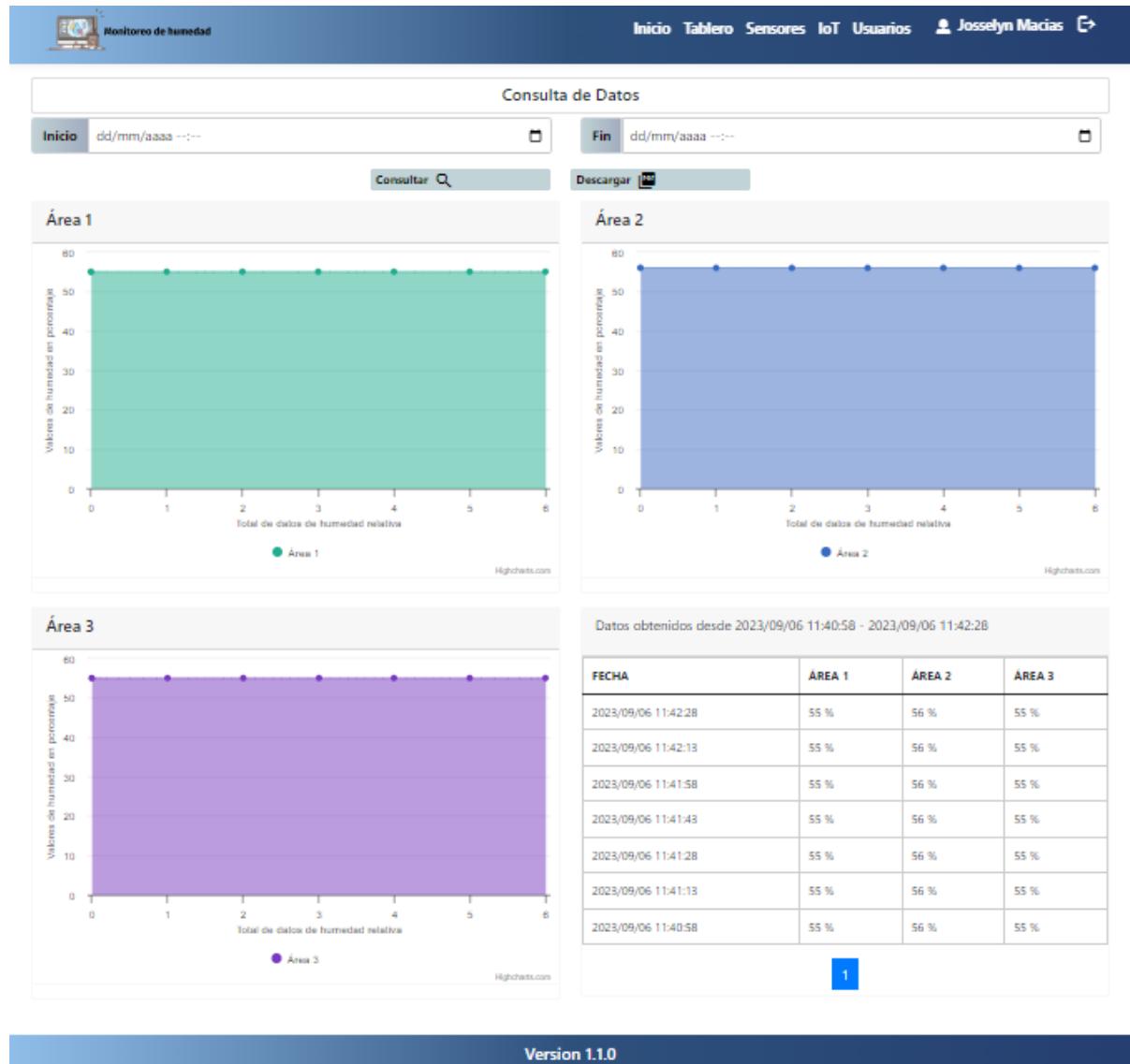
Fuente. *Adaptado de Sistema de Monitoreo.*

En la figura 82 se observa la vista de Tablero en la que al ingresar por defecto se muestran los últimos 7 datos recolectados, pero también se puede seleccionar una fecha. De acuerdo con esto se cambian los datos de las figuras y la tabla. Adicional, se puede descargar

un archivo pdf mostrado en el Anexo 4 con la información en el rango de la fecha seleccionada.

Figura 82

Visualización de tablero.



Fuente. *Adaptado de Sistema de Monitoreo.*

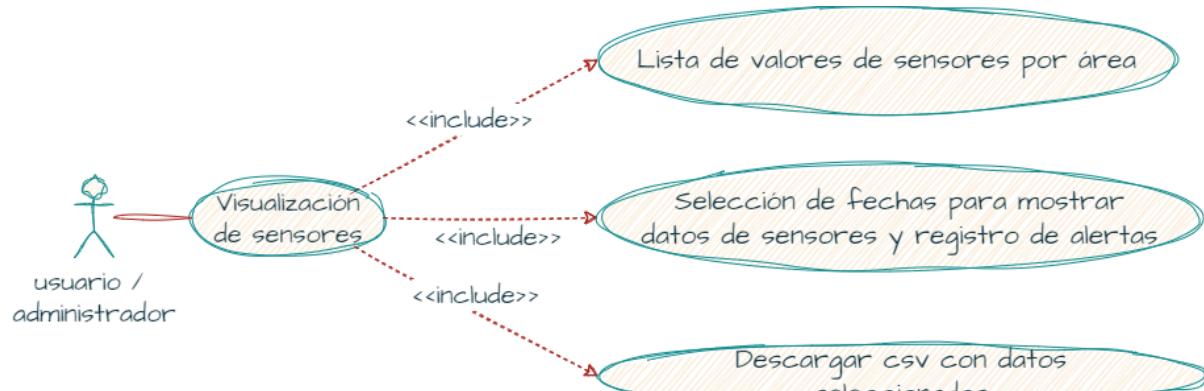
Caso de uso 4: Registro de sensores.

En la figura 83 se observa el caso de estudio al momento de ingresar al apartado de sensores en la que se visualizará una lista de sensores por área, la selección de fechas para

mostrar datos de sensores junto a un registro de las alertas en ese período de tiempo, por último, se podrá descargar un archivo excel y pdf con los datos seleccionados.

Figura 83

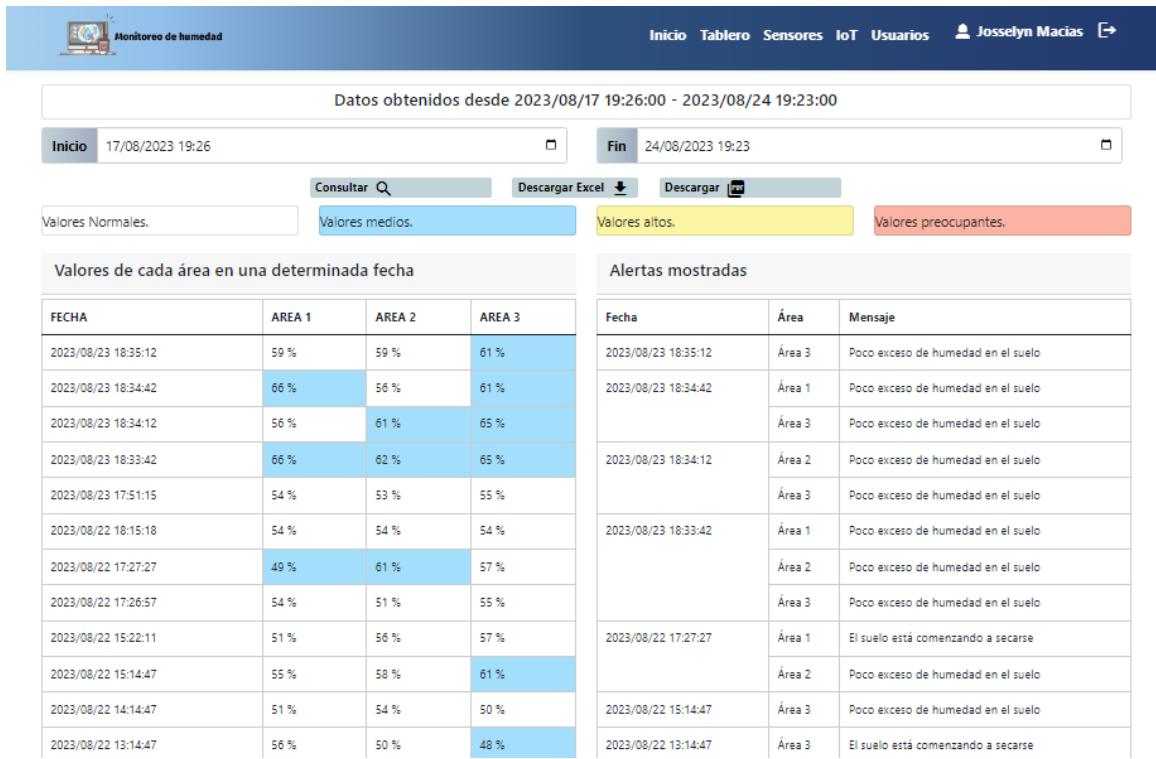
Caso de estudio de *registro de sensores y alertas*.



Mediante la figura 84 se logra observar la lista de las mediciones de humedad en las que se identifican mediante el tiempo en el que se recolectaron, seguidas de los valores de cada área y los mensajes de alertas mostrados el momento que se actualizan los datos, esto se actualizará cada cierto tiempo. Además, se puede seleccionar una fecha de inicio y fin para mostrar entre ese rango la cantidad de datos, también, se podrá descargar un archivo Excel y un archivo Pdf con la información seleccionada.

Figura 84

Página de la lista de datos por área.



Fuente. Adaptado de Sistema de Monitoreo.

Caso de uso 4: Alerta de humedad en el suelo.

Como se observa en la figura 85, el cliente sea usuario o administrador al encontrarse dentro del sistema podrá visualizar los mensajes de alerta generados al momento de que se muestren alteraciones o disminuciones dentro de la humedad en el suelo. Estas alertas pueden ser de suelo húmedo, con exceso de humedad, de suelo seco y con exceso de sequía.

Figura 85

Caso de uso para recibir la alerta de acuerdo el dato recibido.

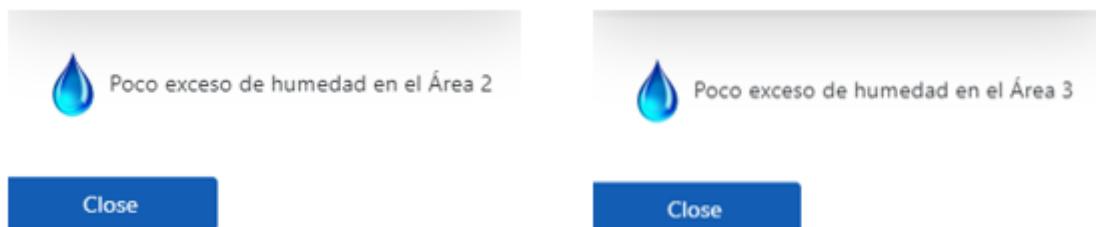


Fuente. Propia

En la Figura 86 se observan dos de las notificaciones de alertas que son mostradas por el sistema de acuerdo con el rango establecido. Tomando en cuenta que el valor necesario es entre 50 a 60. Por tal motivo, si los valores se elevan significa que existe mucha humedad, caso contrario, si el valor disminuye entonces hay poca humedad y se necesita regar.

Figura 86

Notificaciones de alertas en el sitio web.



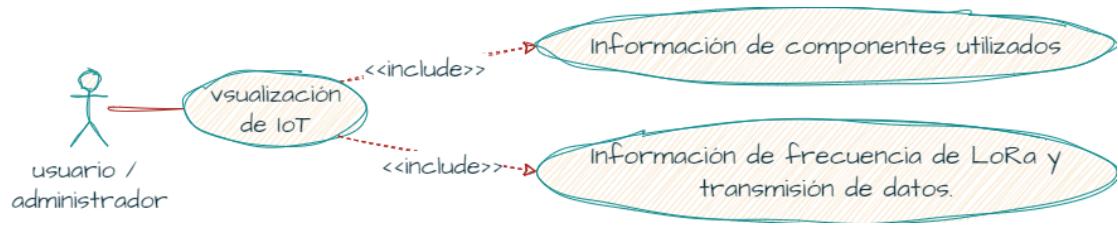
Fuente. *Adaptado de Sistema de Monitoreo.*

Caso de uso 5: Visualización de IoT.

Mediante la figura 87 se muestra el caso de uso para la visualización de la información de la infraestructura de la red, en este apartado se podrá observar la información de los componentes utilizados e información de frecuencias de LoRa y con la frecuencia en que se transmiten los datos.

Figura 87

Caso de uso de IoT.



Fuente. Propia.

Mediante la figura 88 se observa el apartado de IoT en la que se muestra la transmisión de los datos entre el módulo emisor y receptor. Además, se muestra una tabla

con los datos de frecuencia de transmisión de datos la cual se reciben y se actualiza en el sistema cada 30 segundos, intensidad de la señal recibida que se encuentra entre -30 dBm y la banda de frecuencia utilizada que es de 915MHz. También se puede visualizar una pequeña descripción del módulo emisor y receptor.

Figura 88

Visualización de Infraestructura de Red.



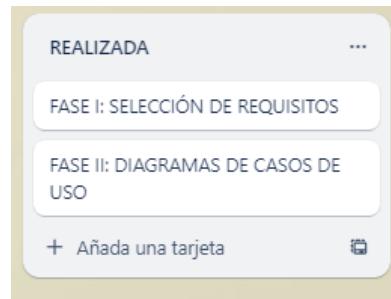
Version 1.1.0

Fuente. *Adaptado de Sistema de Monitoreo.*

Mediante la figura 89 se observan las tareas que hasta el momento han sido realizadas, como es el caso de la “Fase 1: Selección de requisitos” y de la “Fase II: Diagramas de casos de Uso”. A medida que se avanza con el desarrollo se ubican más tareas en esta etapa.

Figura 89

Fase II realizada.



Fuente. Propia.

4.4.4.3. FASE III: DISEÑO DE ARQUITECTURA.

La arquitectura es un proceso de desarrollo el cual establece como se construye el sistema de software. En este proyecto se mostrará el diseño en tres partes: diseño conceptual, lógico y físico.

En la figura 90 se muestra la tercera fase ubicada entre las tareas en curso. Debido a que en este momento se comenzará a desarrollar cada uno de los diseños, en el momento que se finalice esta fase, esta tarea pasará como realizada.

Figura 90

Fase III en curso.



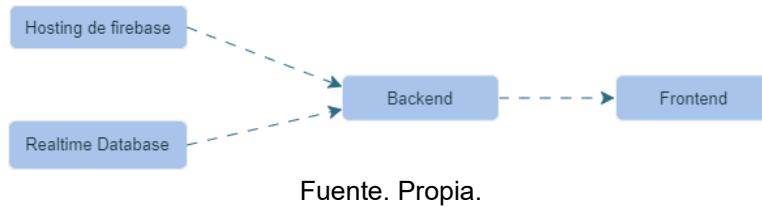
Fuente. Propia.

Diseño conceptual.

En la figura 91 se muestra el diseño conceptual de la arquitectura sin mostrar detalles técnicos. Es por eso por lo que, se define los principales componentes y la forma en que se interactúa con ellos. Con la finalidad de comprender la visión general del mismo. Se muestran 4 procesos que se debe tener los cuales son el hosting de firebase, la base de datos Realtime Firebase, el backend de donde se utilizaran servicios que permitirán usarse en el frontend para que el usuario pueda visualizar los datos obtenidos.

Figura 91

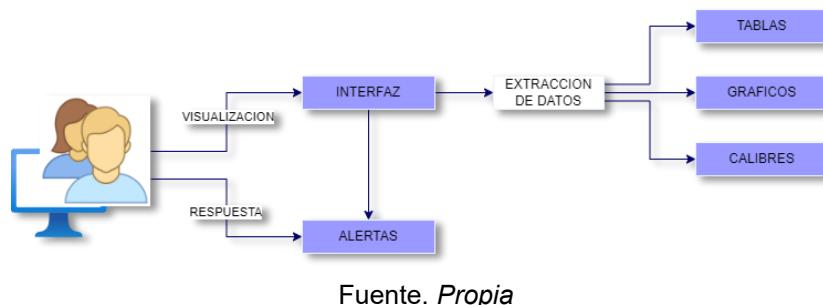
Diseño conceptual del proyecto.

**Diseño lógico.**

De acuerdo con la Figura 92 en la que se muestra el diseño lógico, el cual se enfoca en determinar las funcionalidades establecidas en el diseño conceptual. El usuario podrá visualizar la interfaz en la que se mostrará la información extraída de la base de datos y con estos datos podrá comprender mediante un análisis gráfico. Además, mostrará una alerta como respuesta de la lectura de los datos de los sensores.

Figura 92

Diseño lógico del proyecto.

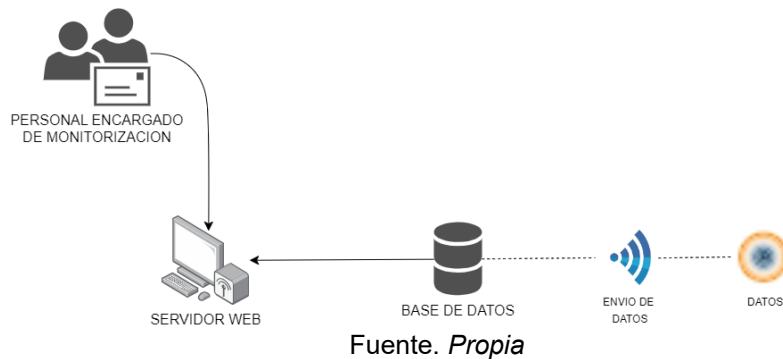
**Diseño físico.**

Mediante la Figura 93 se muestra el diseño físico, en este se observa los datos extraídos desde el suelo, en el que se realiza la extracción de datos, luego se envían a la base de datos para ser almacenados mediante conexión inalámbrica. Por último, se presentan estos datos mediante un servicio web, este lo pueden visualizar mediante autenticación los usuarios o administradores. Este diseño se centra en la

implementación real del sistema en producción, lo cual es clave para el desarrollo de software y garantizar que el sistema cumpla los requisitos y expectativas específicas.

Figura 93

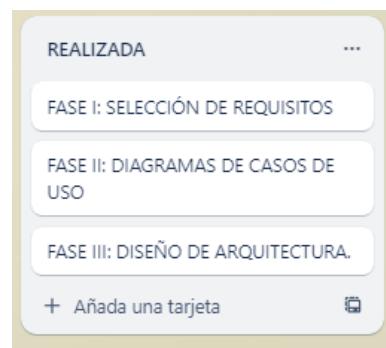
Diseño físico del proyecto.



Mediante la figura 94 se observan las tareas que hasta el momento han sido realizadas, como es el caso de la “Fase 1: Selección de requisitos”, “Fase II: Diagramas de casos de Uso” y “Fase 3: Diseño de la arquitectura”. A medida que se avanza con el desarrollo se ubican más tareas en esta etapa.

Figura 94

Fase III realizada.



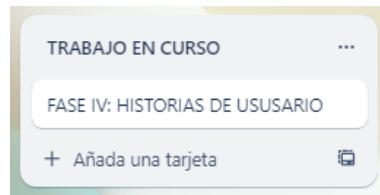
4.4.4.4. FASE IV: HISTORIAS DE USUARIO.

Mediante la figura 95 se observa la fase IV que es donde se muestran las historias de usuario. En esta etapa se detallan las historias de usuario del proyecto, con el propósito de

identificar las necesidades y funcionalidades que serán implementadas en el sistema para recolectar, almacenar y visualizar los datos de humedad de la Finca Catagua.

Figura 95

Fase IV en curso.



Fuente. Propia.

Cada una de las historias mostradas en la Tabla 29 cuentan con una actividad específica que se debe realizar en el desarrollo del sistema.

Tabla 29

Historias de usuario para el sistema.

Id	Historias De Usuario	Descripción
HU01	Realizar configuración necesaria del hosting y base de datos.	La configuración del hosting y la base de datos deben ser realizadas, para poder guardar y extraer los datos para ser visualizados.
HU02	Diseñar y crear la base de datos para almacenar los datos de humedad.	Se debe configurar el usuario con el que se podrá autenticar y en el que se guardaran los datos enviados desde el dispositivo receptor.
HU03	Diseñar e implementar la interfaz de inicio de sesión.	Se debe implementar el inicio de sesión para poder ingresar y visualizar los datos correspondientes.
HU04	Validación de los datos de autenticación.	La validación de los datos es importante para que solo el usuario autorizado pueda ingresar.
HU05	Procesar y guardar los datos recibidos en la base de datos.	Es necesario procesar los datos para que sean guardado en la base de datos y puedan utilizarse posteriormente.
HU06	Obtener los datos necesarios para las tablas estadísticas.	Los datos almacenados serán utilizados para mostrar graficas estadísticas y tablas por cada zona.

HU07	Visualización de datos con gráficos y tablas.	Se deben visualizar los gráficos de los datos para obtener un análisis completo y preciso.
HU08	Visualización adaptada a diferentes tamaños de pantallas y dispositivos.	Es importante que al momento de ingresar al sitio web, el sistema se pueda adaptar en el tamaño del dispositivo desde el que se ingresó.
HU09	Actualizaciones automáticas de los sensores en tiempo real.	Se debe actualizar la tabla en el tiempo establecido por el sistema. Para que a lo que se almacene el dato inmediatamente se actualice la tabla y los datos en el sistema.
HU10	Proporcionar notificaciones cuando los datos de humedad estén fuera de los límites calibrados.	Es importante mostrar una alerta o notificación al momento que la humedad sea muy alta o baja. Para que la persona encargada pueda conocer o revisar los motivos.

Fuente. *Propia de acuerdo con los requisitos del sistema.*

Mediante la figura 96 se observan las tareas que hasta el momento han sido realizadas, como es el caso de la “Fase 1: Selección de requisitos”, “Fase II: Diagramas de casos de Uso”, “Fase 3: Diseño de la arquitectura” y “Fase 4: Historias de usuario”. A medida que se avanza con el desarrollo se ubican más tareas en esta etapa.

Figura 96

Fase IV realizada.



Fuente: Propia

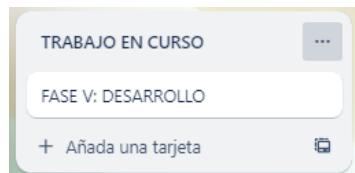
4.4.4.5. FASE V: DESARROLLO EN KANBAN.

Para el desarrollo del software mediante la metodología kanban, las tareas se muestran como tarjeta en el tablero de Trello, usado en este proyecto. Estas tareas se ubican a través de diferentes etapas del flujo de trabajo.

En la Figura 97 se muestra la última tarea en curso. En esta se realiza el desarrollo de las tareas por medio de la metodología de kanban, en el momento en que esta tarea culmine pasará a realizada.

Figura 97

Fase V en curso.



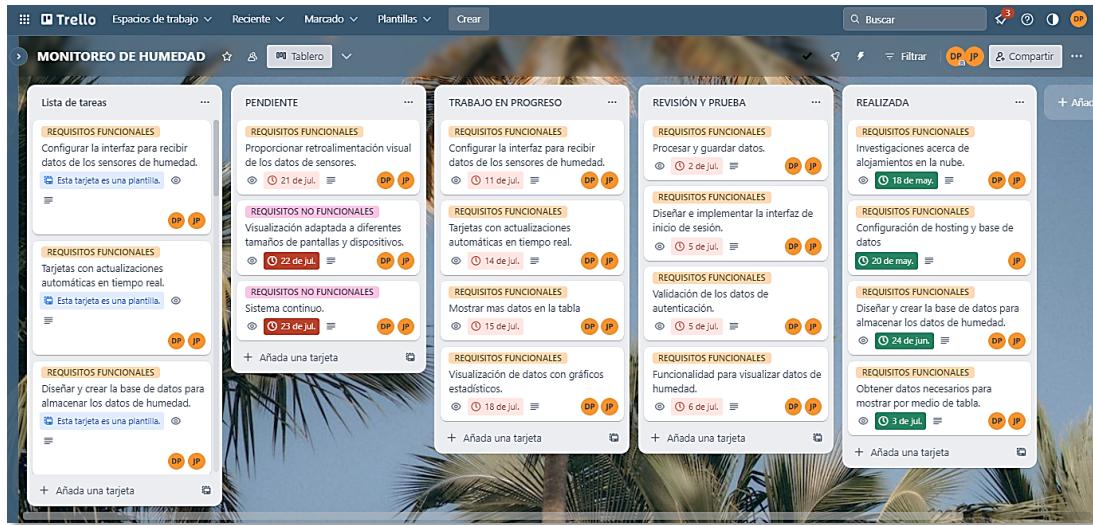
Fuente. Propia

Las tareas que han sido definidas en este proyecto, al implementar un software se detallaron en las historias de usuario mostradas anteriormente. Las etapas implementadas en la metodología Kanban por medio de la aplicación de Trello son: PENDIENTE, TRABAJO EN PROGRESO, REVISION y REALIZADA.

En la figura 98 se muestra primeramente una lista de todas las tareas a realizar. En la siguiente columna se muestra una lista de las tareas que se encuentran pendientes, después se muestran las tareas que se encuentran en progreso, luego se ubican las tareas que están en revisión y con las pruebas necesarias. Por último, se muestran las tareas que ya han sido realizadas.

Figura 98

Tablero Trello con cada una de sus tareas.

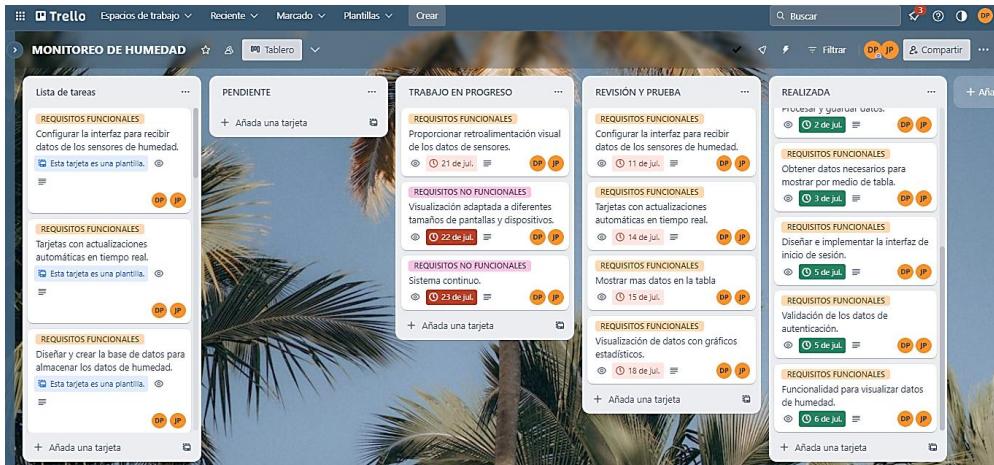


Nota. Adaptado de Trello el 23 de jul. de 23. Fuente. Propia

La Figura 99 se muestra el proceso continuo a la figura 94. Cabe recalcar que, en esta figura ya no se observan tareas pendientes, debido a que, estas se movieron a tareas en progreso y las que se encontraban en progreso se movieron a revisión y prueba. Por último, las que se encontraban en revisión se encuentran realizadas.

Figura 99

Tablero Trello, tareas pendientes finalizadas.



Nota. Adaptado de Trello el 23 de jul. de 23. Fuente. Propia

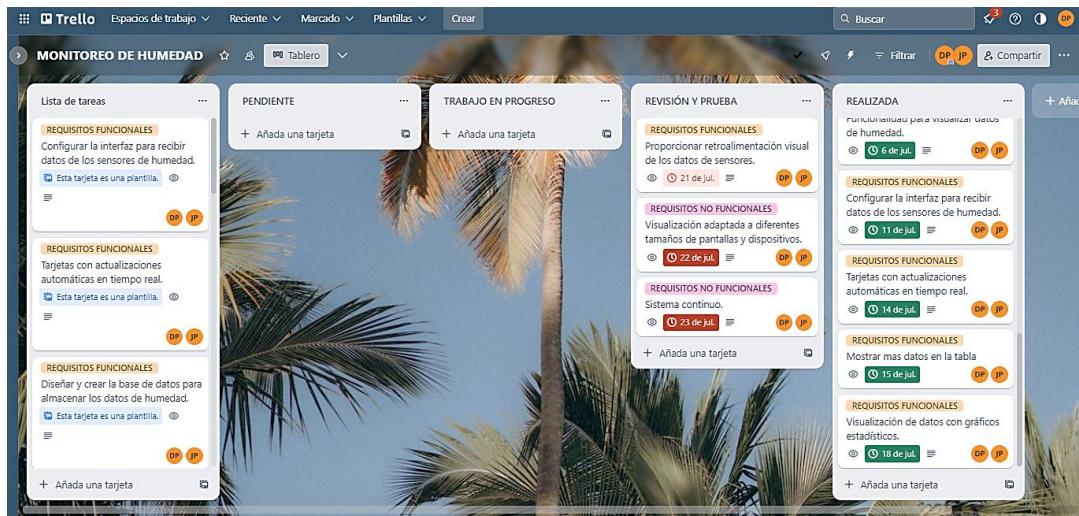
En la figura 100 se muestran dos columnas con tareas, estas son revisión y realizada.

Debido a la continuidad del progreso de las actividades en la figura 95 se tiene en cuenta que

las tareas que se encontraban en trabajo en progreso se ubican ahora en revisión y prueba, las que se encontraban en revisión y prueba ya se encuentran completamente realizadas.

Figura 100

Tablero Trello. Tareas pendientes y en progreso finalizadas.

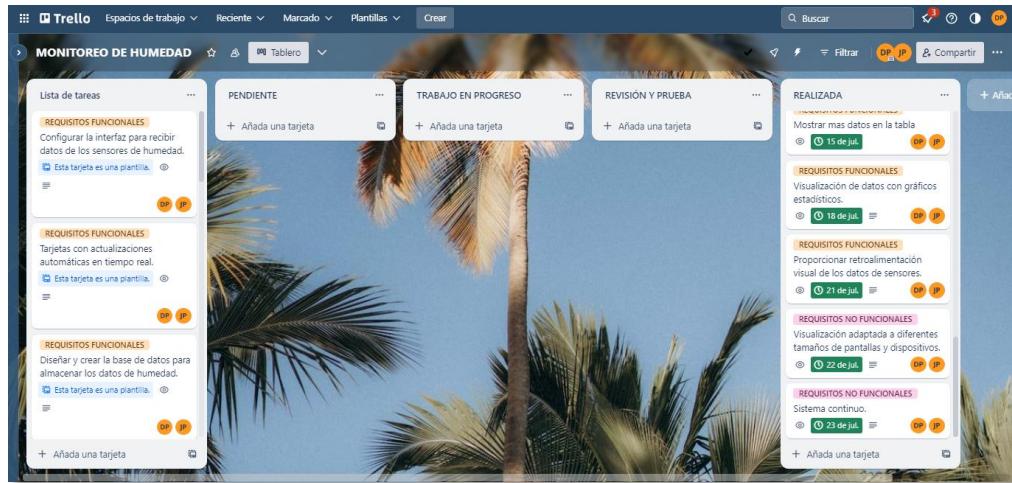


Nota. Adaptado de Trello el 23 de jul. de 23. Fuente. Propia

En la figura 101 se muestra una columna que contiene las tareas que ya han sido realizadas. Continuando con el proceso de la figura 96 las tareas que se encontraban en revisión y prueba ahora se encuentran realizadas. Estas tareas se encuentran con su fecha correspondiente de finalización, el tipo de requisito que es, las personas encargadas del proceso y el nombre detallado.

Figura 101

Tablero de Trello, tareas finalizadas.



Nota. Adaptado de *Trello* el 23 de jul. de 23. Fuente. Propia

Cronología, calendario y tabla.

En la figura 102 se muestra una tabla en la aplicación de Trello con las tareas, la etapa en la que se encuentra, la etiqueta de cada una, los miembros del equipo y por último la fecha de vencimiento de cada una de ellas. Tomando en cuenta, que las tareas se encuentran realizadas completamente.

Figura 102

Tabla de las tareas realizadas en kanban.

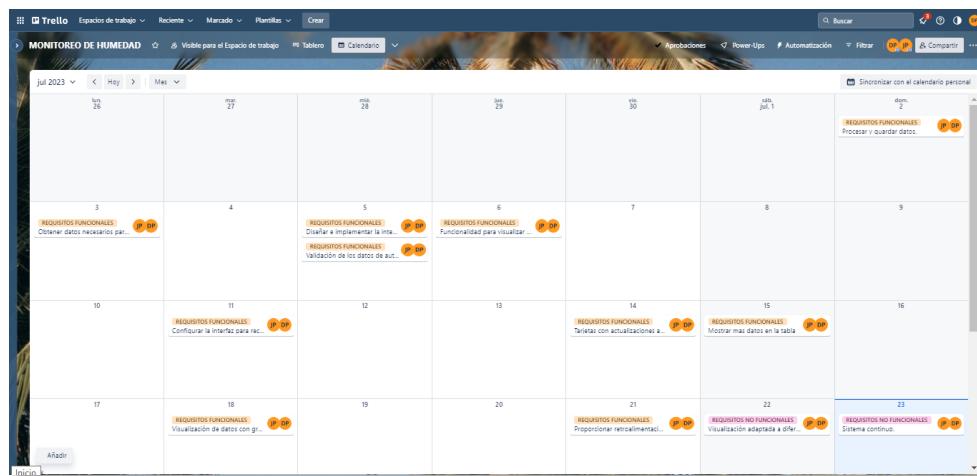
Tarjeta	Lista	Etiquetas	Miembros	Fecha de vencimiento
Investigaciones acerca de alojamientos en la nube.	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, DP	18 de may.
Configuración de hosting y base de datos	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, JP	20 de may.
Diseñar y crear la base de datos para almacenar los datos de humedad.	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, DP	24 de jun.
Procesar y guardar datos.	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, DP	2 de jul.
Obtener datos necesarios para mostrar por medio de tabla.	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, DP	3 de jul.
Diseñar e implementar la interfaz de inicio de sesión.	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, DP	5 de jul.
Validación de los datos de autenticación.	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, DP	5 de jul.
Funcionalidad para visualizar datos de humedad.	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, DP	6 de jul.
Configurar la interfaz para recibir datos de los sensores de humedad.	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, DP	11 de jul.
Tarjetas con actualizaciones automáticas en tiempo real.	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, DP	14 de jul.
Mostrar mas datos en la tabla	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, DP	15 de jul.
Visualización de datos con gráficos estadísticos.	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, DP	18 de jul.
Proporcionar retroalimentación visual de los datos de sensores.	REALIZADA	REQUISITOS FUNCIONALES	JP, DP	21 de jul.
Visualización adaptada a diferentes tamaños de pantallas y dispositivos.	REALIZADA	REQUISITOS NO FUNCIONALES	JP, DP	22 de jul.
Sistema continuo.	REALIZADA	REQUISITOS NO FUNCIONALES	JP, DP	23 de jul.

Nota. Adaptado de *Trello* el 23 de jul. de 23. Fuente. Propia

En la Figura 103 se muestra un calendario del mes de julio del 2023 en la aplicación de trello. El mismo que, demuestra las tareas realizadas en el determinado mes, con su etiqueta y los miembros integrados en cada una de las actividades que fueron realizadas.

Figura 103

Calendario de las tareas realizadas en Trello.

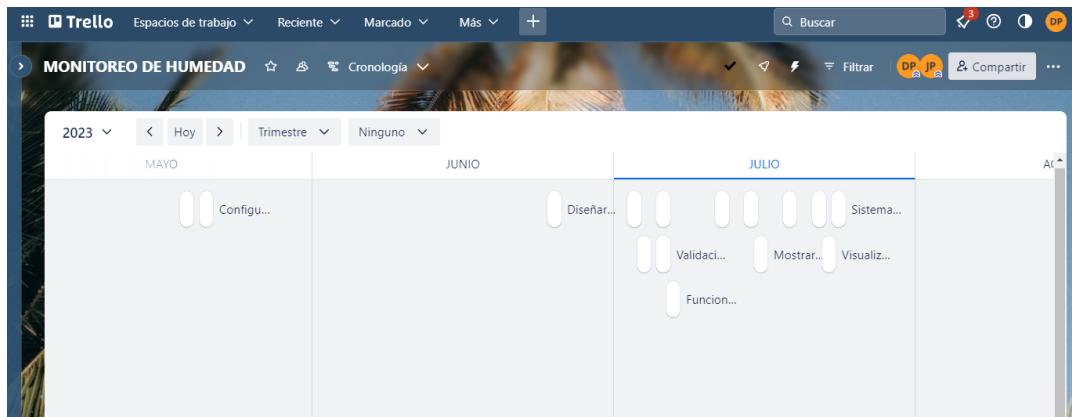


Nota. Adaptado de *Trello* el 23 de jul. de 23. Fuente. *Propia*

Por último, en la figura 104 se muestra una cronología de las tareas realizadas durante los meses de mayo, junio y julio. Tomando en cuenta que en el mes que se realizaron más tareas fue en el mes de julio debido a que en este mes se realizaron los puntos importantes del desarrollo de software.

Figura 104

Cronología de las tareas realizadas en Trello.



Nota. Adaptado de Trello el 23 de jul. de 23. Fuente. Propia.

Tareas realizadas.

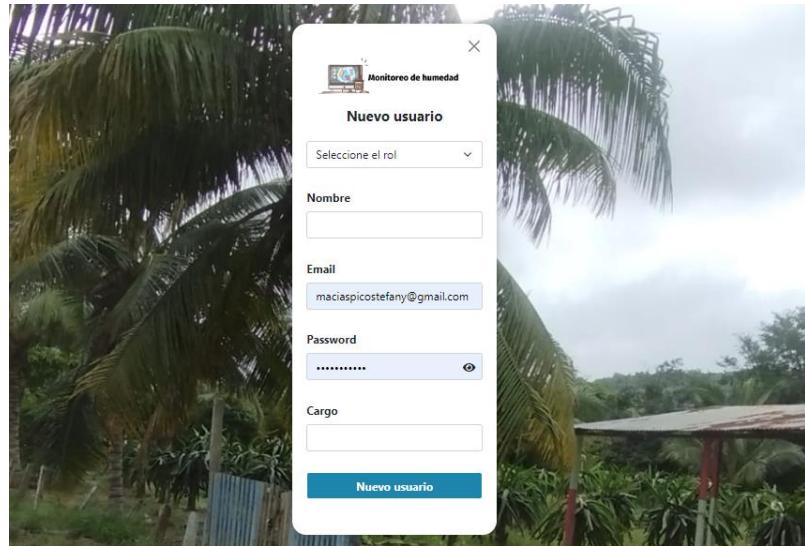
A continuación, se muestra la implementación de las tareas principales creadas mediante el tablero de Kanban.

- **Diseñar e implementar la interfaz de registro por medio de administrador.**

En la figura 105 se muestra una de las tareas, la cual es diseñar la creación de un nuevo usuario en el cual se debe ubicar el rol que tendrá el personal tomando en cuenta las restricciones que tendrá dicho rol, correo, cargo y contraseña para que el usuario pueda ingresar, tomando en cuenta que la contraseña deberá restaurarla y ubicar una nueva. Debido a que el administrador le ubicará contraseñas aleatorias.

Figura 105

Registrar nuevo usuario.



Fuente. Adaptado de Sistema de Monitoreo.

- Procesar y guardar los datos recibidos en la base de datos.**

Para que funcione el inicio de sesión deben almacenarse los usuarios en Firebase, esto es lo que se observa en la Figura 106 en el que se guardan los usuarios, a este usuario se le brinda un UID único, para que pueda identificarse al iniciar sesión, con más facilidad.

Figura 106

Datos de usuario.

Buscar por dirección de correo electrónico, número de teléfono o UID de usuario					Agregar usuario	⋮
Identificador	Proveedores	Fecha de creación	↓	Fecha de acceso	UID de usuario	⋮
alejandro@gmail.com	✉	5 ago 2023		5 ago 2023	eif57dCE3gfUJKHucdAZHTeV2Uy1	
villamaripilosolisseth@gma...	✉	28 jul 2023		3 ago 2023	iQzQuFIURhQIV6KChyOCNctqucl3	
monitoreo-humedad@iot.p...	✉	21 jun 2023		5 ago 2023	N0npj85jxhdS3SZw7dTxdLyLqz82	

Filas por página: 50 ⏴ 1 - 3 of 3 ⏵ ⏵ ⏵

Fuente. Adaptado de Sistema de Monitoreo.

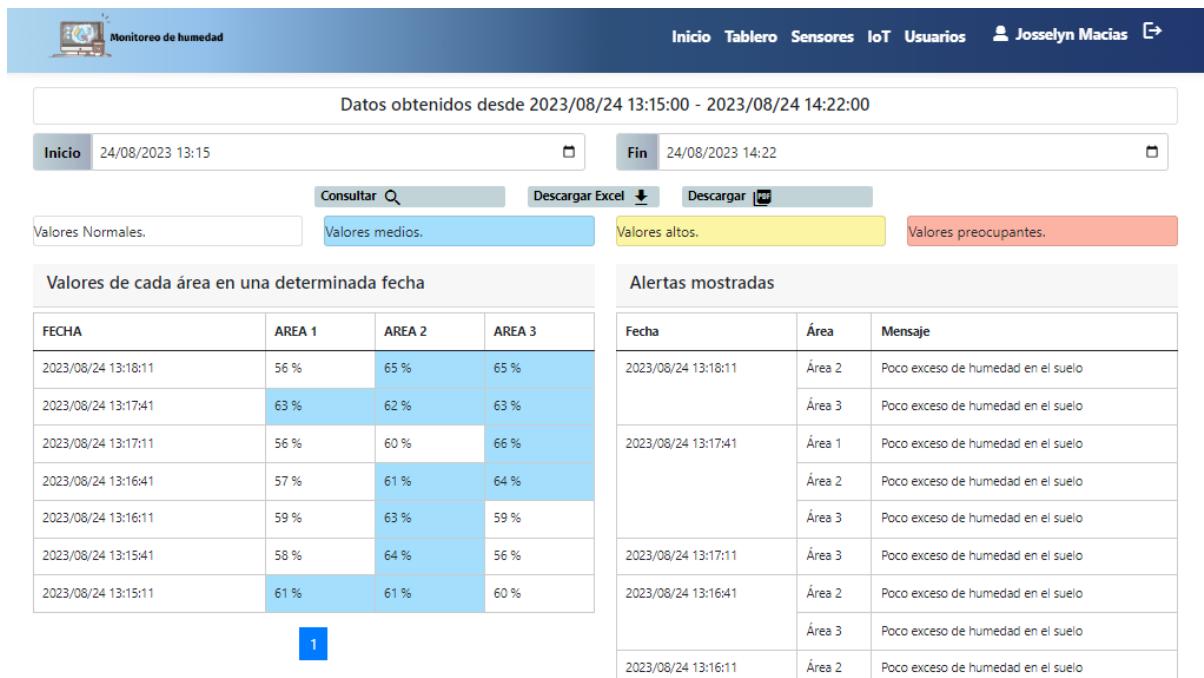
- Obtener los datos necesarios para las tablas estadísticas.**

En la figura 107 se muestra el desarrollo de la extracción de los datos almacenados en la base de datos para que puedan ser mostrados mediante una tabla en el sistema de

monitoreo, luego de que el usuario haya ingresado al sistema. El color de las celdas de los datos suele cambiar de color de acuerdo con el rango establecido como humedad normal. Adicional a esto se muestra una tabla con las alertas mostradas de los mismos datos que se muestran en la tabla de valores de cada área.

Figura 107

Tabla de los datos de humedad almacenados.



The screenshot shows a web-based monitoring system for soil moisture. At the top, there's a header with the title 'Monitoreo de humedad', a user profile for 'Joselyn Macias', and navigation links for 'Inicio', 'Tablero', 'Sensores', 'IoT', 'Usuarios', and a 'Logout' button. Below the header, a search bar displays the date range 'Datos obtenidos desde 2023/08/24 13:15:00 - 2023/08/24 14:22:00'. Underneath the search bar are four colored buttons: 'Valores Normales.' (light blue), 'Valores medios.' (medium blue), 'Valores altos.' (yellow), and 'Valores preocupantes.' (orange). The main content area has two sections: 'Valores de cada área en una determinada fecha' (left) and 'Alertas mostradas' (right). The left section is a table with columns 'FECHA', 'AREA 1', 'AREA 2', and 'AREA 3', showing data for various dates from 2023/08/24 13:18:11 to 2023/08/24 13:15:11. The right section is a table titled 'Alertas mostradas' with columns 'Fecha', 'Área', and 'Mensaje', listing alerts for different areas and their messages.

FECHA	AREA 1	AREA 2	AREA 3
2023/08/24 13:18:11	56 %	65 %	65 %
2023/08/24 13:17:41	63 %	62 %	63 %
2023/08/24 13:17:11	56 %	60 %	66 %
2023/08/24 13:16:41	57 %	61 %	64 %
2023/08/24 13:16:11	59 %	63 %	59 %
2023/08/24 13:15:41	58 %	64 %	56 %
2023/08/24 13:15:11	61 %	61 %	60 %

Fecha	Área	Mensaje
2023/08/24 13:18:11	Área 2	Poco exceso de humedad en el suelo
	Área 3	Poco exceso de humedad en el suelo
2023/08/24 13:17:41	Área 1	Poco exceso de humedad en el suelo
	Área 2	Poco exceso de humedad en el suelo
	Área 3	Poco exceso de humedad en el suelo
2023/08/24 13:17:11	Área 3	Poco exceso de humedad en el suelo
2023/08/24 13:16:41	Área 2	Poco exceso de humedad en el suelo
	Área 3	Poco exceso de humedad en el suelo
2023/08/24 13:16:11	Área 2	Poco exceso de humedad en el suelo

Fuente. *Adaptado de Sistema de Monitoreo.*

- Visualización de datos con gráficos y tablas.**

En el sistema se agregó un Tablero en el que se observan varios gráficos acerca de la humedad en el suelo de los sembríos de la Finca Catagua. En la figura 108 se observa la navegación al ingresar con un personal administrador en el que se puede visualizar el apartado de usuarios, en esta imagen del apartado de tableros se muestran tres gráficas, cada una de ellas contiene los valores de las 3 áreas en las que se ubicó cada sensor. Adicional, se muestra un filtro de datos para que las gráficas muestren los cambios de los valores en una determinada fecha, una tabla con los datos que se seleccionaron.

Figura 108

Tablero de la aplicación web.



Fuente. *Adaptado de Sistema de Monitoreo.*

- **Visualización adaptada a diferentes pantallas.**

El sitio web cuenta un diseño adaptativo o responsive, con el fin de lograr una visualización correcta en cualquier dispositivo desde el cual se ingresará. En la figura 109 se muestra un diseño adaptativo a dos tipos de pantallas: en la parte izquierda se puede observar una pantalla de Tablet en la que se observan los gráficos adaptados a la pantalla sin que se pierda algún gráfico; en la parte derecha se muestra el sitio web en un teléfono en el que los gráficos son flexibles y se ubican uno debajo del otro, logrando la visualización de cada uno de los gráficos estadísticos.

Figura 109

Diseño adaptativo.

Datos obtenidos desde 2023/08/24 12:25:00 - 2023/08/24 14:50:00

Alertas mostradas

Fecha	Área	Mensaje
2023/08/24 13:18:11	Área 2	Poco exceso de humedad en el suelo
2023/08/24 13:17:41	Área 3	Poco exceso de humedad en el suelo
2023/08/24 13:17:11	Área 1	Poco exceso de humedad en el suelo
2023/08/24 13:16:41	Área 2	Poco exceso de humedad en el suelo
2023/08/24 13:16:11	Área 3	Poco exceso de humedad en el suelo
2023/08/24 13:15:41	Área 3	Poco exceso de humedad en el suelo

Fuente. Adaptado de Sistema de Monitoreo.

CAPITULO V

EVALUACIÓN DE RESULTADOS

5.1. INTRODUCCIÓN

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos luego de implementar la propuesta de desarrollar una red inalámbrica, utilizando dispositivos LoRaWAN para el manejo de la humedad en cultivos de pitahaya roja (*Hylocereus undatus*). Con la finalidad de gestionar estos resultados se utilizó la Metodología de desarrollo Kanban, para monitorear de manera eficiente el contenido recolectado por medio de los sensores la humedad del suelo en las áreas establecida para cada sensor.

La descripción e implementación fueron detalladas en el capítulo anterior, discutiéndose tanto el diseño del software como la implementación de la infraestructura de red. Además, se presentaron características, con un enfoque en el uso de tecnologías como React, JavaScript y Highcharts que hicieron posible la creación de una interfaz de usuario atractiva.

Se utilizó la metodología Kanban para gestionar las diversas etapas de desarrollo, desde la selección de requisitos y el diseño de casos de uso hasta la definición del historial de usuario y el tablero de Kanban para continuar el progreso del proyecto.

Los resultados de la implementación de la red de sensores de humedad del suelo y la plataforma de IoT se mostrarán en el siguiente capítulo. Se demostrará como los dispositivos LoRaWAN se comunican de manera efectiva con los sensores para recopilar los datos de humedad en las áreas destinadas para cada sensor. Adicional se discutirá la funcionalidad de la aplicación web, enfatizando su capacidad para entregar información en tiempo real, visualizaciones interactivas y alertas por exceso o escasez de humedad.

El análisis se centrará en la eficacia y eficiencia de la red implementada, así como en la usabilidad y funcionalidad de la aplicación web. También, se evaluará la efectividad de los

objetivos planteados en la propuesta y las contribuciones y limitaciones del proyecto implementado.

En síntesis, este capítulo permitirá a los lectores comprender el impacto y la utilidad de una red inalámbrica en línea con dispositivos utilizados por LoRaWAN para controlar la humedad en los cultivos de Pitahaya Roja, demostrando como la tecnología IoT puede mejorar la agricultura al proporcionar información oportuna y precisa para una mejora en la toma de decisiones informadas. Estos resultados contribuirán para el análisis y las conclusiones que se presentarán en el siguiente capítulo.

5.2. PRESENTACIÓN Y MONITOREO DE RESULTADOS

En esta fase, se presentan los resultados obtenidos y el seguimiento continuo para tener un panorama completo de lo sucedido luego de la implementación de la propuesta. Con el fin de asegurarse que los resultados sean entendible y precisos. Además, se presentan mediante gráficos para que puedan ser entendibles y amigables para los diferentes usuarios, garantizando que las personas implicadas puedan comprender los resultados.

5.2.1. DISTANCIA DE ENLACE Y COBERTURA

La verificación entre la distancia máxima en la que los dispositivos se pueden comunicar entre emisor y receptor sin ningún inconveniente se obtuvo mediante una medición de distancias moviendo el dispositivo emisor en varias direcciones para probar la intensidad de envío y recepción de los datos.

En la figura 110 se observa la distancia máxima que se utilizó como prueba, de la cual se obtuvo datos enviados entre emisor y receptor sin ningún tipo de inconveniente ni interferencias. Cabe recalcar, que entre esta distancia no existieron obstáculos. Se realizaron 3 pruebas de medición en las que se verificó la transmisión de datos deseada, por lo tanto, la distancia máxima determinada como prueba fue de 1883.67 m. Aproximadamente entre una

distancia superior a los 2 km existe algún tipo de interferencia lo cual genera pequeñas pérdidas de datos enviados entre el emisor y receptor.

Figura 110

Distancia entre emisor y receptor.



Fuente. Obtenida de Google Earth.

Después, de realizar las pruebas del alcance entre emisor y receptor se procedió con la implementación en la Finca Catagua en la que observó la conexión sin problemas entre el dispositivo emisor y receptor, tomando en cuenta el perímetro total de la Finca Catagua mencionado en el capítulo de la implementación y mostrado en la Tabla 30.

Tabla 30

Perímetro por área.

Área	Perímetro
Área total	320 m
Área 1	160 m
Área 2	160 m
Área 3	160 m

Fuente. Propia

Cabe recalcar que este resultado se debió a la capacidad de LoRaWAN para proporcionar comunicación a larga distancia lo que permitió cubrir el perímetro total de la Finca Catagua, debido a que el módulo emisor se ubicó a 50 m del módulo receptor, sus

sensores se ubicaron en cada uno de los puntos azules, lo cual no mostró algún inconveniente, así como se observa en la figura 111.

Figura 111

Alcance de LoRaWAN.



Fuente. Obtenido de Google Earth.

5.2.2. PRUEBAS DE LA IMPLEMENTACIÓN

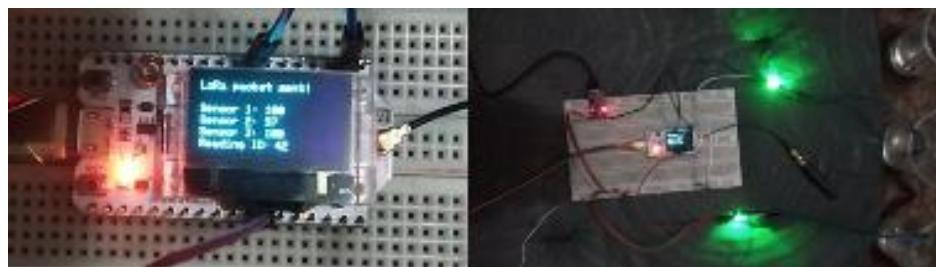
Para conocer los resultados en diferentes situaciones que puedan presentarse luego de ser implementadas se procedió a realizar varias pruebas entre ellas pruebas con abundante humedad, con humedad media y con humedad en cero, de las cuales se obtuvieron los siguientes resultados:

5.2.2.1. PRUEBA CON ABUNDANTE HUMEDAD.

Para esta prueba se realizaron simulaciones con situaciones reales, en este caso se procede a la adquisición de los datos provenientes de los sensores. En la figura 112 se muestra el módulo emisor junto a los sensores que fueron ubicados en vasitos llenos de agua, para verificar que dichos sensores se encuentren funcionando si la humedad es elevada. Como resultado se mostraron lecturas en un rango de 97 a 100 %, debido a que se encontraban sumergidos en agua, continuamente los datos fueron mostrados con claridad y precisión mediante el uso del display OLED, brindando una representación visual de las condiciones de humedad en el entorno implementado.

Figura 112

Datos de los sensores en OLED.



Fuente. Propia.

5.2.2.2. PRUEBA CON HUMEDAD MEDIA.

Para esta prueba se realizaron simulaciones con datos provenientes de los sensores.

En la figura 113 se muestran los sensores ubicados en tierra medio humedad, para verificar que dichos sensores se encuentren funcionando si la humedad no es ni muy elevada ni muy baja. Como resultado se mostraron lecturas en un rango de 55 a 60 %, debido a que se encontraban sumergidos en tierra que no estaba muy húmeda, continuamente los datos fueron mostrados con claridad y precisión mediante la consola serial de Arduino que se observa en la parte derecha de dicha figura.

Figura 113

Prueba con humedad media.



Fuente. Propia.

5.2.2.3. PRUEBA CON HUMEDAD EN CERO.

Para esta prueba se realizaron simulaciones con datos provenientes de los sensores.

Estos sensores no se ubicaron en ningún lugar simplemente se conectaron como se muestra en la Figura 114, para verificar que se encuentren funcionando si no encuentra datos de humedad. Como resultado se mostraron lecturas en un rango de 0 a 10 %, debido a que se

no se encontraban en ningún lugar que contenga humedad, continuamente los datos fueron mostrados con claridad y precisión mediante la consola serial de Arduino.

Figura 114

Prueba con humedad baja.



Fuente. Propia.

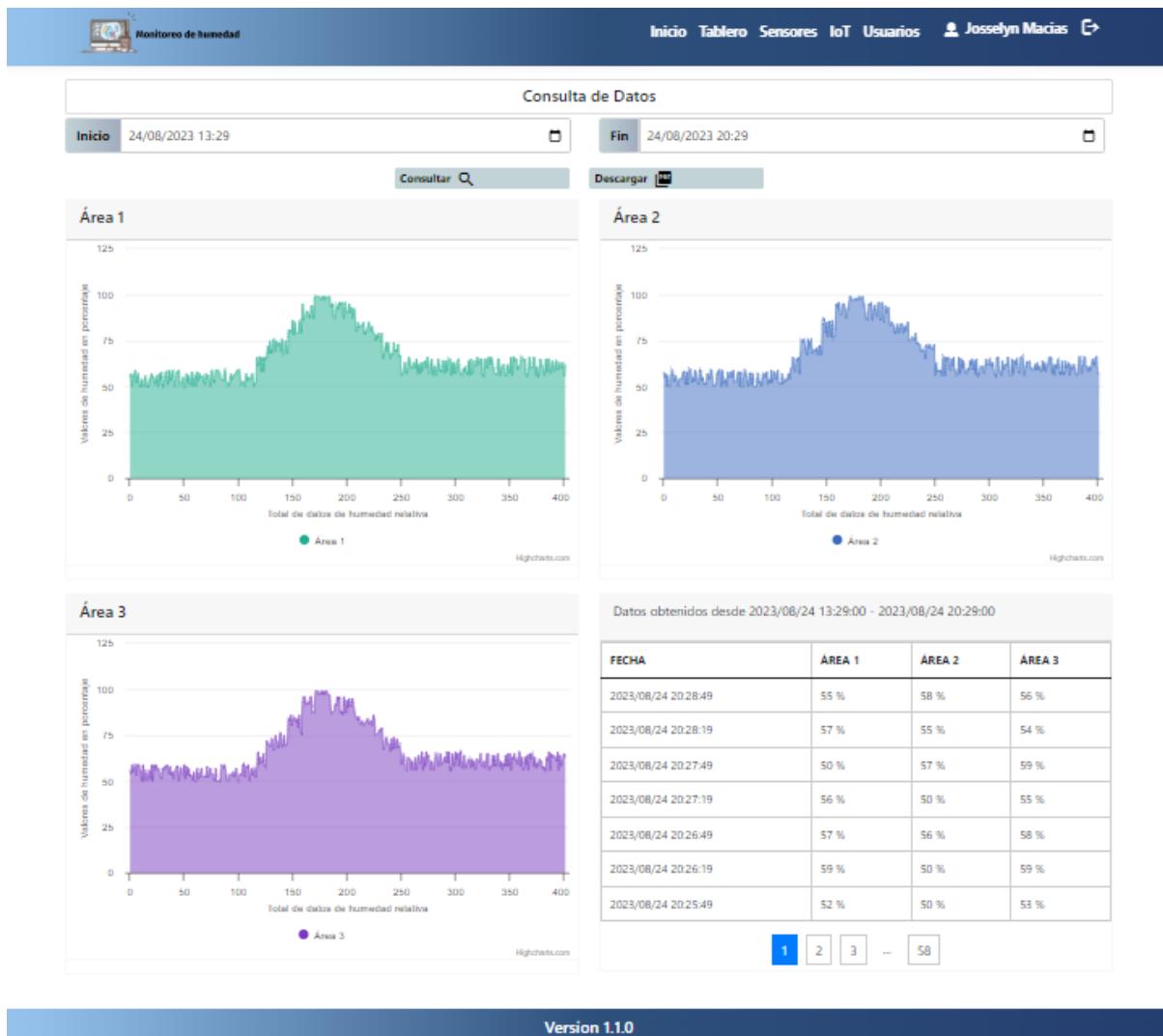
Se debe tener en cuenta que durante las pruebas realizadas el sensor 1 y 3 obtuvo lecturas iguales mientras que el sensor 2 obtuvo la lectura diferente. Esto se debe a la precisión de los sensores, debido a que, para el sensor 1 y 3 se utilizó el sensor HD-38 mientras que para el sensor 2 se utilizó el sensor YL-69. Es decir, el sensor HD-38 es más preciso que el sensor YL-69.

5.2.2.4. PRUEBAS DESDE EL SISTEMA.

Después de confirmar que la implementación se procede a verificar los datos que se están almacenando, dichos son mostrados mediante el sitio web creado como se observa en la figura 115. Los cuales son datos relacionados a cada una de las áreas según las mediciones extradidas desde los sensores, sin embargo, los datos se observan que durante el tiempo establecido en el filtro existió un exceso de humedad en el que por un momento llegó hasta un 100 % teniendo en cuenta que el rango establecido es entre 50% a 60% siendo este el parámetro de aceptación correcto. Estos datos se pueden visualizar mediante una tabla, descargarlos en un documento Excel o descargar en un archivo pdf.

Figura 115

Datos desde el sistema.



Fuente. *Adaptado de Sistema de Monitoreo.*

5.3. INTERPRETACIÓN OBJETIVA

La interpretación objetiva de los resultados que se obtuvieron mediante la implementación de la red con dispositivos LoRaWAN para controlar la humedad en los sembríos de pitahaya, muestra un análisis de los datos que se recopilaron y se observaron durante todo el proceso, es decir las ventajas y desventajas del sistema implementado. A continuación, se presentan los principales aspectos del proyecto:

5.3.1. VARIABILIDAD DE LA HUMEDAD

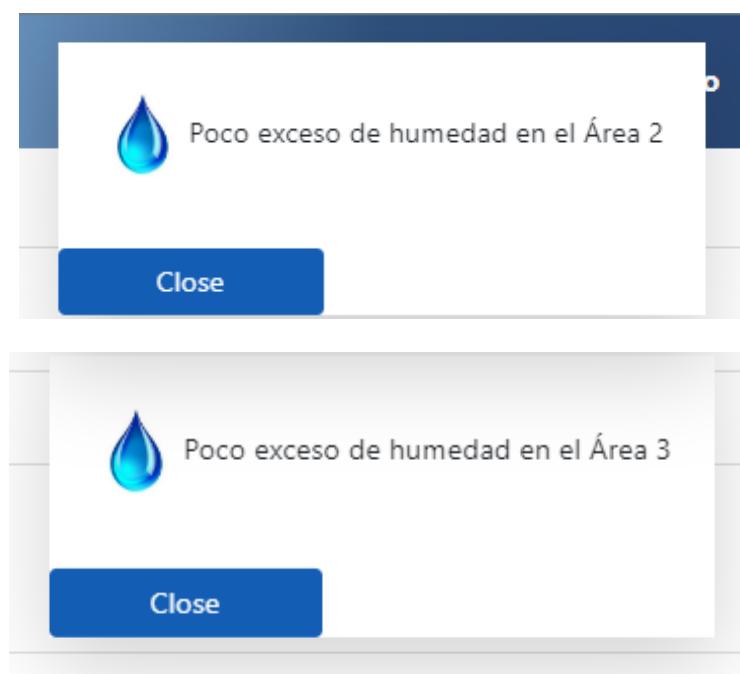
De acuerdo con, los datos mencionados en el capítulo I, II y los antecedentes históricos se determinó que la humedad necesaria para el monitoreo de la humedad en los

cultivos de pitahaya roja debe estar entre 50 y 60% para mantenerse estable, debido a esto y al tiempo que ha estado implementada la red se muestra la eficiencia al determinar la ubicación e implementar los sensores.

En la Finca Catagua se realiza el riego a la pitahaya cada dos días, en el transcurso de ese tiempo se debe tener varias consideraciones debido a cambios climáticos que puedan alterar la humedad. Por lo tanto, en la figura 116 se muestra el caso en el que si existe una lectura elevada o fuera del rango establecido de alguna de las áreas del sensor y debido a esto se genera una alerta que pueda visualizar el agricultor.

Figura 116

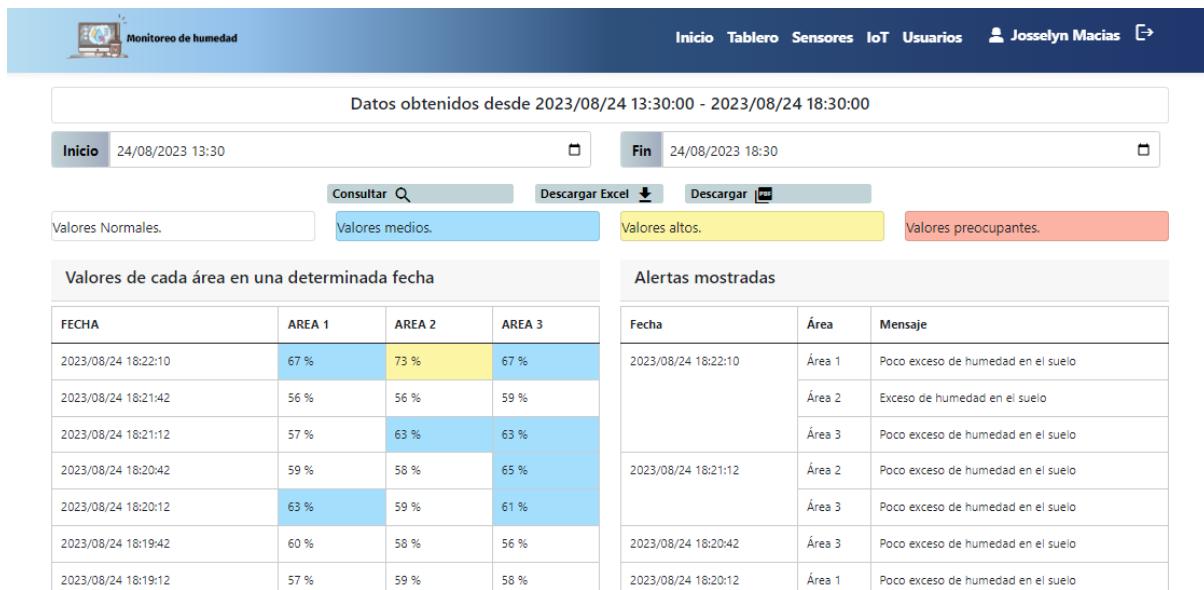
Alerta fuera de rango.



Fuente. *Adaptado de Sistema de Monitoreo.*

Figura 117

Variaciones de la humedad.



Fuente. Adaptado de Sistema de Monitoreo.

Añadiendo a lo anterior, durante el proceso de implementación se pudo notar que existieron cambios climáticos notables. De acuerdo con la figura 117 se muestra que el 24 de agosto aproximadamente entre las 12:55 a las 18:55 aumentaron los valores de humedad, estos se muestran con sombreado azul cuando los valores no son muy altos y amarillos cuando son más altos para que el usuario pueda tener una mayor visualización. Cabe recalcar que, los colores van a variar de acuerdo con el valor de los datos. Estos valores, se encontraron entre 60% a 70% con color azul y entre 70 a 80 con color amarillo.

Anteriormente se mostraron resultados en las variaciones de la humedad en la finca Catagua mediante los datos recolectados en cada una de las áreas. Por medio de esto, se pudo notar que de acuerdo con los cambios climáticos se procede a regar los sembríos, es decir, en caso de que existan lluvias que aumenten la humedad en el suelo, no se debe regar hasta que la humedad se nivele a lo necesario. Por otro lado, en caso de que exista algún motivo por el que la humedad disminuya, el sistema brindará una notificación que alerte al usuario o administrador a tomar en cuenta los últimos datos actualizados para verificar en qué nivel se encuentra la humedad de cada área.

En conclusión, mediante la implementación de la red para monitorear la humedad en los cultivos de pitahaya, demostró ser una herramienta para la optimización de la producción

agrícola. La cual está compuesta por sensores de humedad distribuidos estratégicamente en cada una de las áreas en las que se dividió el cultivo de Pitahaya, esto permitió un seguimiento preciso y en tiempo real de las condiciones de humedad del suelo, ayudando a los agricultores a tomar decisiones informadas sobre el riego mediante la recopilación continua de datos, evitando tanto el exceso como el déficit de agua en las plantas de pitahaya. La implementación no sólo mejoró la eficiencia del uso hidrocarburo, sino que también benefició la salud de las plantas y el rendimiento general de la cosecha.

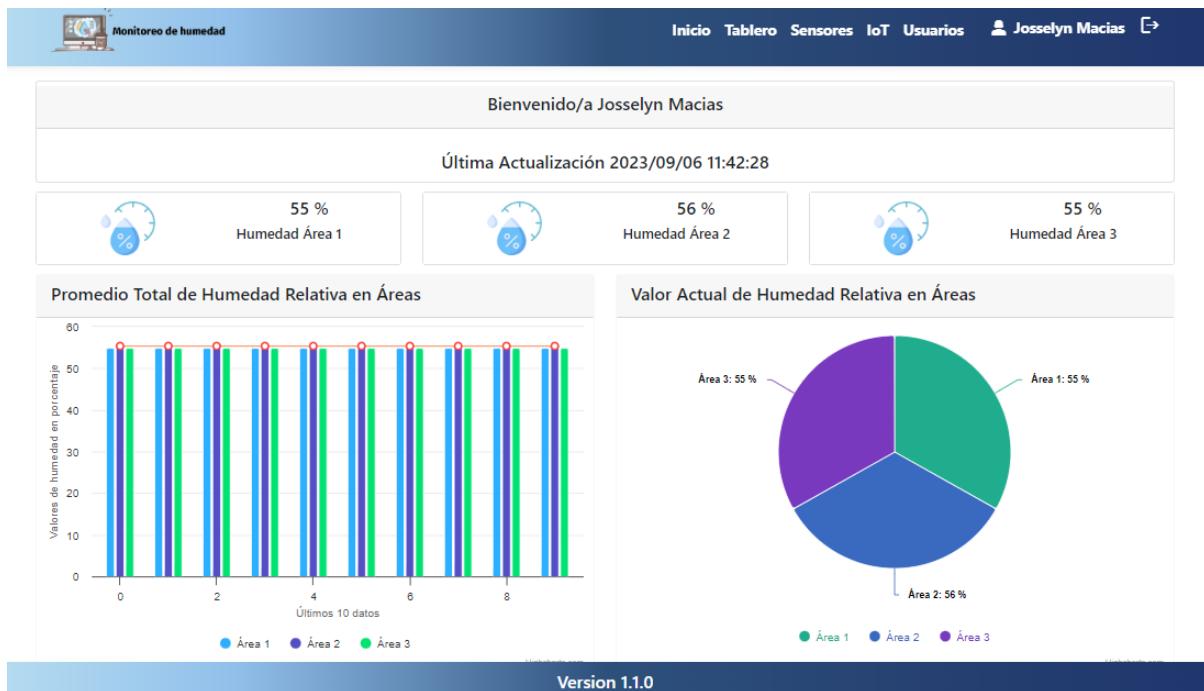
5.3.2. EFICIENCIA Y PRECISIÓN DE LOS DATOS

Al implementar la red se demostró una alta eficiencia en la transmisión de los datos de humedad en el suelo. También, se logró observar que la tasa de éxito en la comunicación entre los sensores y las puertas de enlace era cercana al 100%, lo que indica un grado considerable de confiabilidad en la recopilación de datos. Por lo tanto, se descubrió que la distancia entre el área en el que está ubicado cada sensor junto a las puertas de enlace eran suficiente para cubrir la totalidad de la finca, asegurando un monitoreo efectivo de la humedad en los cultivos de pitahaya roja.

En la figura 118 se muestran los datos actuales de humedad en cada una de las áreas estos datos se encuentran en un rango de 50 a 60. En dicha figura se encuentran tres tarjetas con los valores de cada una de las áreas, un gráfico de barras que contiene los 10 últimos valores de las áreas y por último un gráfico de pastel que muestra el último valor por área.

Figura 118

Visualización de datos actuales.



Fuente. *Adaptado de Sistema de Monitoreo.*

5.3.3. CUMPLIMIENTO DE OBJETIVOS

La red de monitoreo que se implementó tuvo éxito al lograr cada uno de los objetivos especificados en la propuesta de desarrollo. Se diseño una red LoRaWAN para realizar mediciones de humedad desde sensores y poder transmitirlos mediante LoRa. Además, se realizaron pruebas necesarias con simulaciones reales, para lograr una variedad de resultados de acuerdo con los posibles sucesos al momento de implementarse la red y, por último, se desarrolló un sistema funcional que permitió a los agricultores verificar de forma remota y en tiempo real el contenido de humedad del suelo en sus cultivos de pitahaya roja, para contribuir en la toma de decisiones y aumentar la eficacia de la gestión de riegos.

En la figura 119 se muestran los datos descargados en Excel desde el sistema, estos datos pueden ser seleccionados entre un rango de fecha o pueden ser por defecto los 15 últimos datos. En el archivo se guarda la fecha de cada uno de los datos recolectados por área.

Figura 119

Datos descargados en excel.

	A	B	C	D
1	Fecha	Área 1	Área 2	Área 3
2	2023/08/17 09:13:29	46	46	45
3	2023/08/17 09:11:14	48	47	47
4	2023/08/17 09:07:51	46	49	45
5	2023/08/17 08:37:52	48	49	45
6	2023/08/17 08:16:14	53	50	52
7	2023/08/17 08:06:42	52	51	53
8	2023/08/17 07:58:14	52	51	50
9	2023/08/17 02:03:33	52	50	52
10	2023/08/16 07:39:55	52	51	52
11	2023/08/16 07:39:33	52	51	51
12	2023/08/16 07:38:54	54	54	51
13	2023/08/16 07:38:13	51	52	50
14	2023/08/15 22:44:09	52	51	50
15	2023/08/15 20:38:29	54	50	52
16	2023/08/13 22:44:19	50	52	54
17	2023/08/13 22:37:47	54	50	51
18	2023/08/13 15:58:40	50	54	50
19	2023/08/13 13:27:07	50	51	53
20	2023/08/13 12:50:45	53	53	54
21	2023/08/13 12:49:41	54	50	53

Fuente. *Adaptado de Sistema de Monitoreo.*

Mediante la figura 120 se muestra el cumplimiento de uno de los objetivos que es el diseño y la implementación de la infraestructura de red, en la cual se diseñó cada uno de los puntos claves, realizando pruebas necesarias para conocer los avances y obtener mejores resultados sin errores. Por lo tanto, se obtuvieron resultados notables que beneficiaron al propietario de la Finca Catagua a la gestión de los cultivos de pitahaya. Debido a que, se detectaron problemas de una manera más rápida y así el personal encargado pueda intervenir con mayor eficiencia y solucionar los problemas antes de que afecten al sembrío seriamente.

Figura 120

Cumplimiento de objetivos.



Fuente. Propia.

CAPITULO VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

Se realizó una revisión exhaustiva de la bibliografía relacionada con el monitoreo de la humedad en sembríos de pitahaya roja. El análisis comparativo permitió identificar los parámetros como características del suelo, clima, técnicas, conceptos, metodologías que se pueden utilizar para el desarrollo del proyecto y sensores más adecuados para llevar a cabo un control eficiente de la humedad en los cultivos. Como resultado, con la base de conocimientos que se obtuvo se logró realizar un desarrollo exitoso de la red de monitoreo.

Se diseñó e implementó una red utilizando dispositivos de medición y transmisión de datos compatibles con LoRaWAN. Esta red permitió recolectar datos precisos sobre la humedad en los sembríos de pitahaya roja en tiempo real. Además, se implementó una base de datos para almacenar la información recopilada de manera organizada y accesible, esto se lo realizó con firebase debido a la facilidad de uso, al tiempo de desarrollo reducido por motivo de que firebase proporciona soluciones sin necesidad de un desarrollo adicional como la autenticación de usuarios.

Añadiendo a lo anterior y mediante las pruebas realizadas se pudo notar que hay una variabilidad de los datos entre sensores ubicados en un mismo lugar. Adicional a esto se pudo notar que los sensores YL-69 se sulfatan demasiado rápido debido a esto es recomendable utilizar los HD-38 para un mejor resultado.

Se realizó un sistema web en el que se pueden visualizar los datos mediante tablas y gráficos estadísticos para que el usuario pueda comprender dichos datos de humedad mediante un análisis completo, adicional a esto se le agregó un espacio de notificación debido a que los datos de humedad son cambiantes y se deben mantener en un rango establecido. Por este motivo se concluyó que si la lectura del sensor es mayor a 60 envía una alerta de

que la humedad en dicha área se encuentra fuera de rango, esto mejoró la toma de decisiones del personal encargado del cultivo de pitahayas.

Se realizaron varias pruebas para evaluar e identificar los diferentes errores que se puedan presentar en la solución implementada. Estas pruebas demostraron la efectividad del proyecto al proporcionar un monitoreo preciso y confiable de la humedad en la plantación de pitahaya roja. Los resultados que se obtuvieron mediante las pruebas validaron la viabilidad y el funcionamiento de la red LoRaWAN, también, su capacidad para recopilar datos de manera eficiente.

En conclusión, la implementación de la red basada en dispositivos LoRaWAN para monitorear la humedad en los sembríos de pitahaya demostró una gran efectividad de esta solución tecnológica en el control de la humedad, al utilizar dispositivos LoRaWAN, esto permitió una transmisión de datos confiables y su efectividad es respaldada por las pruebas que demostraron la comunicación exitosa entre los dispositivos, precisión de mediciones y capacidad de aplicación web, con esto los agricultores realizan gestionan y cuidan sus cultivos.

6.2. RECOMENDACIONES

- De acuerdo con los datos obtenidos y la satisfacción del sistema se recomienda el uso de actuadores que permitan controlar el riego, estos actuadores pueden ser activados según los datos recaudados en el sistema de medición de humedad permitiendo así controlar con mayor eficacia el exceso o déficit de humedad.
- Se recomienda el uso de los sensores HD-38 debido a que, mediante las pruebas realizadas, son sensores con mayor precisión y bajo riesgo de corrosión en un ambiente húmedo, por lo que, están integrados directamente en la Tierra.
- Es recomendable realizar mejoras en el aplicativo web para que cubra mayores ventajas en beneficios al agricultor entre éstas podría ser el aplicar notificaciones que se envíen directamente a los dispositivos móviles de cada uno de los encargados del monitoreo, beneficiando así el tiempo de respuesta y corrección de errores en el riego de los cultivos.
- Durante la implementación es necesario verificar los dispositivos definidos a utilizar debido a posibles fallas dentro de los sistemas de tarjetas impresas, por lo mismo al realizar varias pruebas de manera local con diversos tipos de datos en nuestras acciones pongan en situaciones complicadas a la red. Debido a que se puede controlar su tiempo de respuesta en varios tipos de inconvenientes que se puedan suscitar.

BIBLIOGRAFÍA

- Aguilar Zavaleta, S. (2020). *Diseño de una solución basada en el internet de las cosas empleando LoRaWAN para el monitoreo de cultivos agrícolas en Perú*. Lima, PERÚ. Obtenido de <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/2946>
- Ahmed Hashmi, S. (21 de marzo de 2023). *IoT en los edificios: ¿Interfiere la tecnología LoRa con la Wi-Fi?* Obtenido de SpaceWell: <https://spacewell.com/es/recursos/blog/iot-en-los-edificios-interfiere-la-tecnologia-lora-con-la-wi-fi/#:~:text=La%20principal%20ventaja%20de%20LoRa,viable%20por%20limitaciones%20de%20alcance>
- Alonso Rodrigo. (13 de febrero de 2023). *¿Qué es el Internet de las cosas (IoT) y por qué se le llama así?* Obtenido de Hardzone: <https://hardzone.es/reportajes/que-es/internet-cosas-iot/>
- Aranda Castillo, A. (10 de abril de 2018). *Segmentacion de mercados: definicion, tipos y estrategias*. Obtenido de <https://www.abtasty.com/es/blog/segmentacion-de-mercado-definicion-tipos-y-estrategia/>
- Autorizado, D. A. (4 de Diciembre de 2021). *Arduino MKR WAN 1300 LORA*. Obtenido de agelectronica.lat: <https://agelectronica.lat/pdfs/textos/A/ABX00017.PDF>
- Avila, H. F., González, M. M., & Licea, S. M. (2020). La entrevista y la encuesta: ¿métodos o técnicas de indagación empírica? 62-79. doi:Didasc@lia: didáctica y educación ISSN 2224-2643
- Bauer Ralf. (2012). Manejo fitosanitario del cultivo de la pitahaya. Bogota, Colombia: Produmedios. Obtenido de <https://www.ica.gov.co/getattachment/87a2482e-a36a-4380-80ae-11072d0c717c/-nbsp%3BManejo-fitosanitario-del-cultivo-de-pitahaya.aspx>
- Bertoletti, P. (2019). *Proyectos con ESP32 y LoRa*. . Editora NCB.

Boehm, B. W. (2005). *A spiral model of software development and enhancement for internet-based systems*. Obtenido de n Proceedings of the 27th International Conference on Software Engineering : https://www.ou.nl/documents/40554/349790/IM0303_02.pdf

Cabrera Méndez, M. (2010). Introducción a las fuentes de información.

Calle Sarmiento, C. V., & Chacha Yumbla, A. E. (2022). *Diseño de un sistema para la supervisión de la nutrición del suelo en un cultivo de rosas basado en internet de las cosas* . Obtenido de Bachelor's thesis: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23816>

Calvo Adriana. (16 de Julio de 2019). La tecnología en la agricultura: ¿Cómo me beneficia? *Tecnología e Innovación*. <https://www.agroptima.com/es/blog/tecnologia-agricultura-beneficios/>. Obtenido de <https://www.agroptima.com/es/blog/tecnologia-agricultura-beneficios/>

Camarena Gamarra, P. A. (2022). *Desarrollo de una red LoRaWAn para IoT*. Obtenido de <https://upcommons.upc.edu/bitstream/handle/2117/372214/tfg-pedro-andre-camarena-gamarra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Carballar Falcón, J. A. (2010). *Wi-Fi lo que se necesita conocer*. (R. Cogollor, Ed.) Madrid, España: RC libros. Obtenido de https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=rQmH6IKyvigC&oi=fnd&pg=PR11&dq=Wi-Fi&ots=jRhoibRhMd&sig=REE_gvPisxqlwY3h-w7GbCzIgZk#v=onepage&q=Wi-Fi&f=false

Carrasco Nestor. (3 de 10 de 2022). *Comunicaciones*. Obtenido de [becolve.com: https://becolve.com/blog/recomendaciones-para-crear-una-red-privada-lorawan/](https://becolve.com/blog/recomendaciones-para-crear-una-red-privada-lorawan/)

Casares Carlos. (18 de Mayo de 2023). *Que es GCP: Lo que necesitas saber sobre Google Cloud Platform*. Obtenido de <https://ipnet.cloud/blog/es/google-cloud-platform-es/que-es-gcp-lo-que-necesitas-saber-sobre-google-cloud-platform/>

CATSENSORS. (15 de Abril de 2019). *SOLUCIONES LORA PARA AGRICULTURA INTELIGENTE.*

Obtenido de

<https://www.catsensors.com/es/catsensors/catnews/soluciones-lora-para-agricultura-inteligente>

Cauas Daniel. (2015). Definición de las variables, enfoque y tipo de investigación. 1-11.

Obtenido de https://d1wqxts1xzle7.cloudfront.net/36805674/l-Variables-libre.pdf?1425133381=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3Dvariables_de_Daniel_Cauas.pdf&Expires=1689122450&Signature=GTFMmL6gwKQwCotdFO3L69wsR5~8uf-~7EB2~ZnLedtF6K9HJRwOUG-2VIG1UKmF

CepymeNews. (07 de 04 de 2018). Obtenido de <https://cepmenews.es/caracteristicas-usos-internet-cosas/>

Chichande Marin, E. X., & Mena Sellán, C. M. (2017). Implementación de método para seleccionar la mejor ubicación de un grupo de estaciones de base en un área de servicio NLOS operando en la banda de 28 GHz. Guayaquil: Bachelor's thesis.

Chiner Esther. (2011). Investigación descriptiva mediante encuestas. 3-4.

Córdova Espinoza, R. F., & Cuzco Sarango, B. E. (2013). Análisis comparativo entre bases de datos relacionales con bases de datos no relacionales. *Bachelor's thesis*.

Desnanjaya, I. G., Wijaya, I. N., Parwita, W. G., Made, I., & Nugraha, A. (2022). Arduino MKR Analysis Using the RTC Alarm Method. *Jurnal Ilmiah Teknik Elektro Komputer dan Informatika (JITEKI)*, 8(3), 376-387.

Díaz, N. (2006). Técnicas de muestreo. Sesgos más frecuentes. . *Revistas Sedén*, 21-132.

Estrada Angeles, J. (Junio de 2006). *Sistema Kanban, como una ventaja competitiva en la micro, pequeña y mediana empresa.* Obtenido de

<https://www.uaeh.edu.mx/docencia/Tesis/icbi/licenciatura/documentos/Sistema%20KANBAN.pdf>

Fabbri, M. (1998). Las técnicas de investigación: la observación. Obtenido de <http://institutocienciashumanas.com/wp-content/uploads/2020/03/Las-técnicas-de-investigación.pdf>

Fernandez Paúl, A. T. (2016). Acerca de los enfoques cuantitativo y cualitativo en la investigación educativa cubana actual. 1-15.

Flores, E. I. (2020). *Estación meteorológica LoRaWAN*. Obtenido de https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/63895987/Memoria_Estacion_meteorologica_LoRaWAN_MSE20200711-54085-1jtpm8r-libre.pdf?1594530533=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3DMAESTRIA_EN_SISTEMAS_EMBEBIDOS_MEORIA_D.pdf&Expires=1685687212&Signatu

Gómez Erika, P. S. (Febrero de 2021). *Diseño de red LoRaWAN en cultivo de fresas para monitoreo de humedad del suelo*. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/21490/1/CD%2010984.pdf>

González Gelvez, S., & Eugenio García, Y. V. (6 de Noviembre de 2020). *Sistema de estantería inteligente basado en tecnologías móviles e IOT para personas con discapacidad visual*. Obtenido de https://repository.unab.edu.co/bitstream/handle/20.500.12749/13710/2020_Tesis_Stefanny_Gonzalez_Gelvez.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Haro Vilaña, I. V. (2019). *Implementacion de un sistema de monitoreo y control automático de riego para invernaderos mediante tecnologia Lora con ESP32*. Obtenido de Trabajo de titulación.

Heredia Rivadeneria, A. E., & Lucero Andrade, P. F. (10 de Marzo de 2021). *Diseño e implementación de una red inalámbrica de sensores con tecnologia LoRa para*

monitoreo industrial orientado a OPC de arquitectura unificada. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/35875/1/Trabajo%20de%20Título%C3%B3n.pdf>

Huachi Laura, Yugsi Elizabeth, Paredes María, F., Coronel Daniel, Verdugo Karla, & Coba Santamaría, P. (7 de Julio de 2015). Desarrollo de pitahaya (Cereus SP) en Ecuador. Ecuador. doi:10.17163/lgr.n22.2015.05

Iñiguez Vélez, F. P. (2022). *Desarrollo de una plataforma basada en IoT para el monitoreo y registro de información de dispositivos industriales.* Cuenca, Ecuador. Obtenido de [https://dspace.ups.edu.ec:](https://dspace.ups.edu.ec/) <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/22300/1/UPS-CT009663.pdf>

Jason C.S. Wu. (31 de Enero de 2005). Manual del cultivo de la Pitahaya. Guatemala. Obtenido de <https://www.icta.gob.gt/publicaciones/Pitaya/Manual%20del%20cultivo%20de%20la%20Pitaya.pdf>

KeepCoding Team. (31 de Agosto de 2022). *KeepCoding Tech School.* Obtenido de <https://keepcoding.io/blog/que-es-microsoft-azure/>

Labrador George. (31 de Octubre de 2019). *Unicomo.* Obtenido de <https://www.mundodeportivo.com/unicomo/salud/articulo/pitaya-para-que-sirve-49958.html>

Letelier Patricio, & Penadé Carmen. (2012). *Métodologías ágiles para el desarrollo de software: eXtreme Programming (XP).* Obtenido de researchgate.net: https://www.researchgate.net/profile/Patricio-Letelier/publication/28109707_Metodologias_agiles_para_el_desarrollo_de_software_eXtreme_Programming_XP/links/54ad00f10cf2479c2ee86820/Metodologias-agiles-para-el-desarrollo-de-software-eXtreme-Programming-XP.

Lizarzaburo Guillermo. (14 de Marzo de 2020). El mundo de la pitahaya. *Expreso*. Obtenido de <https://www.expreso.ec/actualidad/economia/mundo-pitahaya-6948.html>

López Herrera, P. (2016). Comparación del desempeño de los Sistemas Gestores de Bases de Datos MySQL y PostgreSQL.

López Mora, S. (17 de 05 de 2020). *Digital 55*. Obtenido de <https://digital55.com/blog/que-es-firebase-funcionalidades-ventajas-conclusiones/>

Ministerio de Desarrollo, A. y. (2020). *Analisis del mercado*. Perú. Obtenido de <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/2055424/Perfil%20de%20Mercado%20de%20la%20Pitahaya.pdf.pdf>

Moncada Bohorquez, G. T. (Septiembre de 2021). *Diseño de una red LAN para la medición de la humedad en una plantación de pitahaya roja (Hylocereus Undatus) con la placa ESP8266 Nodemcu utilizo el protocolo LoRaWAN*. Guayaquil.

Murillo Javier. (2011). Métodos de investigación de enfoque experimental.

Nieto Esteban. (2018). Tipos de investigacion . *Universidad Santo Domingo de Guzmán*.

Otzen Tamara, & Carlos, M. (2017). Tecnicas de muestreo sobre una población. *Int. J. Morphol*, 227-232.

Pickering Paul, P. (29 de 06 de 2017). *Desarrollar con LoRa para aplicaciones IoT de baja tasa y largo alcance*. Obtenido de Digi Key: <https://www.digikey.com/es/articles/develop-lora-for-low-rate-long-range-iot-applications>

Pimienta Lastra, R. (2000). Encuestas probabilisticas vs no probabilisticas. *Politica y cultura*, 263-276.

Pincay Castro, M. G. (2022). *Aplicacion web para gestion academica interna y asistencia estudiantil en la unidad educativa fiscal Manuel Inocencio Parrales y Guale*. Obtenido

de Software Libre:
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/4790/1/Pincay%20Castro%20Michael%20German.pdf>

Pino Edwim. (13 de Junio de 2019). Los drones una herramienta para una agricultura eficiente: un futuro de alta tecnología. Tacna, Perú. doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292019005000402>

Ramos Muñoz, J. (Septiembre de 2019). *Producción y Exportación de Pitahaya y su Incidencia en el Desarrollo Económico del Cantón Palora, Provincia de Morona Santiago,* Período 2013-2017. Obtenido de <http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/34427/1/RAMOS%20MU%c3%91OZ.pdf>

Restrepo Muñoz, V. P. (2009). *APLICACIÓN Y COMPARACIÓN DE LA METODOLOGÍA DE DISEÑO TOP DOWN Y BOTTOM UP.* Obtenido de <https://core.ac.uk/download/pdf/47251284.pdf>

Risc Pérez, D. R. (12 de Febrero de 2020). *Implementación de Lora y Lorawan como escenario futuro de la industrias 4.0 en el sector agroindustrial peruano.* Obtenido de <https://www.usmp.edu.pe/campus/pdf/revista29/articulo10.pdf>

Rodríguez González, D. (12 de 11 de 2013). *Arquitectura y Gestión de la IoT.* Obtenido de <https://revistatelematica.cujae.edu.cu/index.php/tele/article/view/119>

Saavedra Juan, C. (30 de Enero de 2015). *Diseño de Red con Top-Down.* Obtenido de JuanCarlosSaavedra.net: <http://juancarlossaavedra.me/2015/01/diseno-de-red-con-top-down/>

Schwaber, K., & Sutherland, J. (2017). *Guía de Scrum.* Obtenido de Scrum.org

Sierra Cecilia, L. J. (01 de Enero de 2011). Las cactáceas mexicanas y los riesgos que enfrentan. Revista Digital Universitaria.

Taco Melisa. (31 de Enero de 2022). *EFFECTO DEL RIEGO DEFICITARIO EN EL CULTIVO DE EFECTO DEL RIEGO DEFICITARIO EN EL CULTIVO DE CERECITA, PROVINCIA DEL GUAYAS.* Obtenido de <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/TACO%20SALTOS%20G%C3%89NESIS%20MELISA.pdf>

Tamayo, M. (2012). El Proceso de la Investigación Científica. pág. 180. Obtenido de <https://tesis-investigacion-cientifica.blogspot.com/2013/08/que-es-la-poblacion.html>

Teran Lozano, D. E., & Farro Teran, L. A. (2021). Desarrollo de una aplicación móvil para el control de zonas con riego permanente en cultivos de pitahaya en la provincia del Guayas. Guayaquil, Ecuador.

Torres Pacheco, G. A. (11 de Septiembre de 2018). *Desarrollo de una aplicacion web basada en Machine Learning, para monitoreo, registro y contol de temperatura y humedad en el cultivo de la pitahaya .* Guayaquil.

Ureña Elizondo, F. (2011). Utilización de estaciones meteorológicas automáticas como nueva alternativa para el registro y transmisión de datos. En *Posgrado y Sociedad* (págs. 33-49). Revista Electrónica del Sistema de Estudios de Posgrado.

Usaola, M. P. (2015). MongoDB: gestión, administración y desarrollo de aplicaciones. *Macario Polo Usaola.*

Vargas Juan. (14 de Junio de 2022). *Conceptos técnicos básicos que te ayudarán a entender LoRa y LoRaWAN (Low Power Wide Area Network) en pocos minutos.* Obtenido de M2M Industrial: <https://www.m2mlogitek.com/conceptos-tecnicos-basicos-que-te-ayudaran-a-entender-lora-y-lorawan-low-power-wide-area-network-en-pocos-minutos/>

Vasyl Cherlinka. (26 de 11 de 2022). *Agricultura Inteligente: Tecnología y Ejemplos.* Obtenido de eos.com: <https://eos.com/es/blog/agricultura-inteligente/>

Yubero Ubierna, O. (23 de Noviembre de 2020). *¿Qué es LoRa y LoRaWan?* Obtenido de
Blog de tecnologías wireless:
<https://www.comunicacionesinalambricashoy.com/wireless/que-es-lora-y-lorawan/>

Zambrano Llerena, A. (2020). *Agricultura digital en el cultivo de Pitahaya.*

Zimányi, P. D., Martínez, G., & López, P. (2018). REAL-TIME DATABASES AND FIREBASE.

ANEXOS

Anexo 1.

Foto de la entrevista



Anexo 2.**Foto de la implementación**

Anexo 3.**Encuesta realizada a los agricultores de Pitahaya Roja.**

- 1. NOMBRES Y APELLIDOS**
- 2. CARGO QUE OCUPA EN LA FINCA DE PRODUCCION DE PITAHAYA**
- 3. SITIO DONDE SE ENCUENTRA LA PRODUCCIÓN**

4. ¿CONOCE USTED ACERCA DE LA HUMEDAD NECESARIA PARA LOS SEMBRÍOS DE PITAHAYA?

- SI
- No

5. ¿CUÁL CREE USTED QUE SON LOS POSIBLES FACTORES QUE INFLUYEN EN EL DESARROLLO DE LA PRODUCCIÓN DE PITAHAYA?

Escriba su respuesta

6. ¿CON QUE FRECUENCIA USTED REALIZA EL RIEGO A LOS SEMBRIOS DE PITAHAYA?

- TODOS LOS DÍAS
- CADA DOS DIAS
- CADA TRES DIAS
- CADA SEMANA

7. ¿ESTÁ USTED DE ACUERDO EN QUE LA HUMEDAD AFECTA LA PRODUCCIÓN DE PITAHAYA ?

- TOTALMENTE DE ACUERDO
- DE ACUERDO
- EN DESACUERDO
- TOTALMENTE EN DESACUERDO

8. ¿CON QUÉ FRECUENCIA PIENSA USTED QUE SE PIERDEN LAS COSECHAS DE PITAHAYA DEBIDO A LA HUMEDAD EN EL SUELO?

- 1
- 2
- 3
- 4
- 5

9. ¿ESTÁ USTED DE ACUERDO EN OBTENER UN SISTEMA QUE MONITORICE Y CONTROLE EL RIEGO AUTOMATIZADO EN LA PRODUCCIÓN DE PITAHAYA ?

- TOTALMENTE DE ACUERDO
- DE ACUERDO
- EN DESACUERDO
- TOTALMENTE EN DESACUERDO

10. ¿ESTÁ USTED DE ACUERDO EN QUE EL IMPLEMENTAR UNA RED DE CONTROL DE HUMEDAD CAUSARÍA UN IMPACTO POSITIVO EN EL RENDIMIENTO DE LA PRODUCCIÓN DE PITAHAYA?

- TOTALMENTE DE ACUERDO
- DE ACUERDO
- EN DESACUERDO
- TOTALMENTE EN DESACUERDO

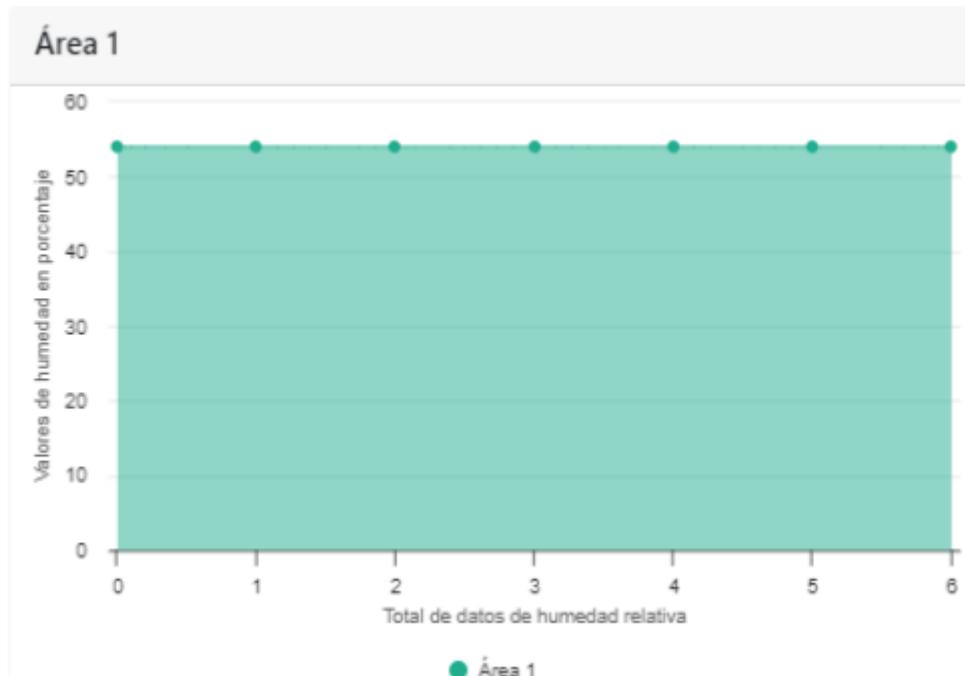
+ Agregar nuevo

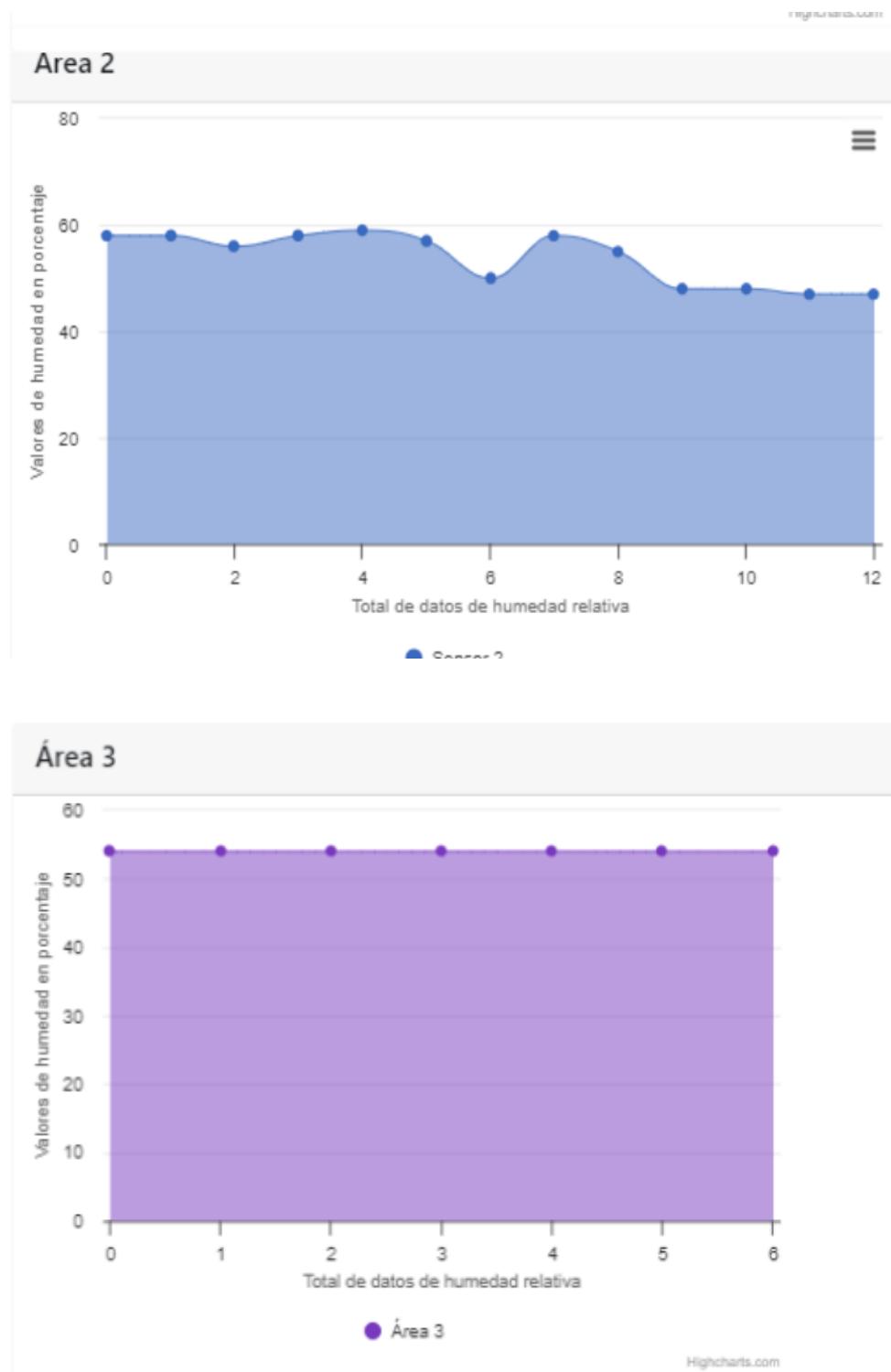
Anexo 4.

Reporte descargado desde el sistema web en el apartado de tablero.



Fecha	Área 1	Área 2	Área 3
2023/09/06 11:42:28	55	56	55
2023/09/06 11:42:13	55	56	55
2023/09/06 11:41:58	55	56	55
2023/09/06 11:41:43	55	56	55
2023/09/06 11:41:28	55	56	55
2023/09/06 11:41:13	55	56	55
2023/09/06 11:40:58	55	56	55

Gráficos por área



GLOSARIO

LoRa:

Es una tecnología basada en la modulación por medio de radiofrecuencias con una amplia capacidad de transmisión de información a un alto rango cuenta con un bajo consumo energético.

LoRaWAN:

Protocolo de comunicación inalámbrica basado en conectar dispositivos de bajo consumo a largas distancias y optimizado hacia el uso de aplicaciones de Internet de las cosas. Maneja la tecnología LoRa lo cual le permite una amplia cobertura en áreas urbanas y rurales para transmisión de datos bidireccional.

Top-Down:

Un enfoque de diseño que empieza desde una descripción en términos general que se expande a detalles más específicos. Comienza definiendo metas, objetivos generales seguido de tareas pequeñas y detalladas, lo cual permite comprender la dirección que toma el proyecto.

Botton-Up:

Un enfoque ascendente comenzando por los detalles específicos desarrollándolos a grandes estructuras, abordando tareas individuales para luego combinarlas creando un objetivo más amplio.

HD-38:

Sensor designado para controlar la humedad del suelo, consiste en una sonda compuesto por dos terminales resistentes, baja probabilidad de oxidación.

YL-69:

Sensor designado para medir la humedad del suelo, cuenta con una sonda que está compuesta por dos electrodos metálicos.

Corrosión:

La degradación o alteración de un metal o aleación, ya sea como resultado de un ataque químico directo o de una reacción electroquímica.

Radiofrecuencia:

Es energía electromagnética que se puede encontrar en el espectro de radiofrecuencia. La capacidad de extenderse por el espacio y penetrar una variedad de materiales sin la necesidad de un medio de transmisión física como los cables.