



**Implementación de un detector de heladas para evitar daños en los cultivos de una
plantación ubicado en el sector “Boliche” de la provincia Cotopaxi**

Gallegos Campaña, Jordy Ernesto

Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Trabajo de unidad integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo
Superior en Automatización e Instrumentación

Msc. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

5 de marzo de 2024

Latacunga



Plagiarism and AI Content Detection Report

TRABAJO DE TITULACION_SR_GALLEG...

Scan details

Scan time: February 29th, 2024 at 17:23 UTC
 Total pages: 34
 Total words: 8390

Plagiarism Detection

Types of plagiarism	Words
Identical	1.5% 127
Minor Changes	0.3% 27
Paraphrased	4.5% 375
Omitted Words	0% 0

AI Content Detection

Text coverage	Words
AI text	0% 0
Human text	100% 8390

Plagiarism Results: (8)

- Qué son y para qué sirven los sensores meteorológicos** 3.1%
<https://www.repositorio.uba.edu.ar/handle/document/11444>
- Repositorio Universidad Técnica de Ambato: Sistema electrónico de moni...** 1.2%
<https://repositorio.uta.edu.ec/handle/document/11444>
- 122-FASCCULOHELADAS.pdf** 0.7%
<https://www.mgapprec.com/revista-palmeria/revista-122-fascculoheladas.pdf>
 Fascículos SERIE SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIUDADANA Rosa Icela Rodríguez Velázquez SECRETARÍA DE SEGURIDAD Y PROTECCIÓN CIU
- Nimbus Weather Services** 0.6%
<http://nimbus.com.ar/nimbusweb.php>
 Imágenes registradas por Alberto Grille de la plantación de arándanos. Imágenes regs



About this report
<https://www.copleaks.com>



Firma:

Msc. Guerrero Rodríguez, Lucia Eliana



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Certificación

Certifico que el trabajo de unidad integración curricular: **“Implementación de un detector de heladas para evitar daños en los cultivos de una plantación ubicado en el sector “Boliche” de la provincia Cotopaxi”**, fue realizado por el señor **Gallegos Campaña, Jordy Ernesto**; el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, además fue revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 5 de marzo de 2024

Firma:

Msc. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana

C.C. 0501878649



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Responsabilidad de Autoría

Yo, **Gallegos Campaña, Jordy Ernesto**, con cédula de ciudadanía n°**1755830724**, declaro que el contenido, ideas y criterios del trabajo de unidad de integración curricular: **"Implementación de un detector de heladas para evitar daños en los cultivos de una plantación ubicado en el sector "Boliche" de la provincia Cotopaxi"** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 5 de marzo de 2024

Firma:

Gallegos Campaña, Jordy Ernesto

C.C. 175583072



Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Autorización de Publicación

Yo **Gallegos Campaña, Jordy Ernesto**, con cédula de ciudadanía **n°1755830724**, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de unidad integración curricular: **"implementación de un detector de heladas para evitar daños en los cultivos de una plantación ubicado en el sector "Boliche" de la provincia Cotopaxi"** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 5 de marzo de 2024

Firma

.....*Jordy Ernesto*.....

Gallegos Campaña, Jordy Ernesto

C.C.: 1755830724

Dedicatoria

Sr. Gallegos Campaña Jordy Ernesto

Este proyecto dedico principalmente a mi madre que gracias a su esfuerzo y apoyo incondicional hizo lo posible para ver a su hijo superarse, a mí y hermano que siempre me brindo su apoyo y estuvo pendiente en cada momento.

Agradecimiento

Sr. Gallegos Campaña Jordy Ernesto

Quiero agradecer profundamente a mi madre y hermano que formaron parte en esta meta, sus esfuerzos por verme subir un escalón más en este camino que llamamos vida se ve reflejado en este logro.

Agradecer a mi tutora Msc. Guerrero Rodríguez, Lucía Eliana por compartir sus enseñanzas en el aula, brindarme su paciencia y guiarme en el desarrollo del proyecto.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula.....	1
Reporte de verificación de contenido	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría	4
Autorización de Publicación.....	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento.....	7
Índice de contenido	8
Índice de figuras	11
Índice de tablas	12
Resumen	13
Abstract.....	14
Capítulo I: Marco Referencial.....	15
Tema.....	15
Planteamiento de problema.....	15
Antecedentes.....	16
Objetivos	17
<i>Objetivo General</i>	17
<i>Objetivos específicos</i>	17
Justificación	17
Alcance.....	18

Capítulo II: Fundamentación Teórica	19
Agricultura en la Zona Andina	19
Helada	19
Clasificación de helada	20
Factores que Intervienen en la Intensidad y Ocurrencia de una Helada	21
Meteorología	22
Sensores Meteorológicos	22
Capítulo III: Desarrollo del Proyecto	25
Introducción	25
Análisis de los componentes más adecuados para el desarrollo del proyecto.	25
Desarrollo de la Propuesta	26
<i>Requerimientos para el Detector de Heladas</i>	26
<i>Diagrama del Sistema Detector de Heladas</i>	26
<i>Sensor Requerido para el Detector de Heladas</i>	27
Adquisición de Datos.	29
Ubicación Geográfica del Detector	30
Área de la Plantación para la Lectura del Detector Climático	31
Flujograma del Funcionamiento del Detector	34
Líneas de Programación del Transmisor	35
Diseño Eléctrico para la PCB del Trasmisor	37
Contenedor para el Módulo de Trasmisión	38

Adquisición de Datos	39
Líneas de Programación para la Recepción	39
Pruebas de Funcionamiento del Detector de Heladas	41
<i>Pruebas de la Humedad Atmosférica</i>	41
Capítulo IV: Conclusiones y Recomendaciones	52
Conclusiones.....	52
Recomendaciones	53
Bibliografía	54
Anexos	56

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1	<i>Diagrama de comunicación para el monitoreo climático.</i>	26
Figura 2	<i>Temperatura medida con el DHT22.</i>	29
Figura 3	<i>Temperatura medida con el computador.</i>	29
Figura 4	<i>Colocación del detector de heladas.</i>	30
Figura 5	<i>Ubicación geográfica del detector de heladas.</i>	31
Figura 6	<i>Área del terreno.</i>	32
Figura 7	<i>Mensaje de inicio recibido desde Telegram.</i>	33
Figura 8	<i>Mensaje recibido y enviado mediante Telegram para la utilización de comandos.</i>	34
Figura 9	<i>Flujograma de funcionamiento.</i>	35
Figura 10	<i>Librerías utilizadas en la programación del transmisor.</i>	36
Figura 11	<i>Configuración del DHT22 y conexión a red de la tarjeta.</i>	36
Figura 12	<i>Adquisición de datos del sensor DHT22.</i>	37
Figura 13	<i>Circuito eléctrico de módulo de transmisión.</i>	37
Figura 14	<i>Contenedor del módulo transmisor.</i>	38
Figura 15	<i>Líneas de programación recepción de datos.</i>	39
Figura 16	<i>Líneas de programación para conexión al servidor.</i>	40
Figura 17	<i>Líneas de programación para la recepción de datos.</i>	40
Figura 18	<i>Verificación de conexión a la Red.</i>	41
Figura 19	<i>Rango de temperatura y humedad.</i>	42
Figura 20	<i>Comportamiento de temperatura y humedad, 12 de febrero.</i>	44
Figura 21	<i>Comportamiento de temperatura y humedad, 16 de febrero.</i>	46
Figura 22	<i>Comportamiento de temperatura y humedad, 18 de febrero.</i>	48
Figura 23	<i>Datos obtenidos en el freezer del refrigerador.</i>	49
Figura 24	<i>Mensaje de alerta automático enviado a Telegram.</i>	50
Figura 25	<i>Mensaje de apagado automático del indicador.</i>	51

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Características de sensores Temperatura y Humedad.....</i>	28
Tabla 2 <i>Registro de temperatura obtenido del módulo, 12 de febrero.</i>	43
Tabla 3 <i>Registro de bajas temperaturas, 16 de febrero.</i>	45
Tabla 4 <i>Registro de baja temperatura, 18 de febrero.</i>	47
Tabla 5 <i>Resultado de prueba, bajas temperaturas.</i>	49

Resumen

Las bajas temperaturas son consideradas una de las causas principales de las pérdidas de cultivos dentro de la agricultura, ya que estas temperaturas pueden descender a tal punto de producir una helada. Dado que estas ocurren mayormente en las madrugadas, las personas encargadas de las plantaciones, no pueden tomar las medidas necesarias para cuidar sus cultivos. Actualmente, el sector el Boliche, no cuenta con una estación meteorológica y al estar situado en las faldas del volcán Cotopaxi, muy a menudo se ve afectado por temperaturas bajas que afectan la calidad y cantidad de la producción agrícola, por lo que, con el fin de alertar y evitar estos y otros daños en los sembríos, se ha implementado un sistema que monitorea la temperatura y humedad del sector a través de un sensor ubicado en un lugar estratégico de la plantación. El detector de heladas permite monitorear en tiempo real la temperatura y humedad del sector. La ubicación donde se encuentra el detector, cuenta con acceso a internet facilitando así, la comunicación transmisor-receptor, y tener información de las condiciones meteorológica de la zona. El módulo transmisor cuenta con una tarjeta de desarrollo programable ESP32 WROOM 32 que lee los datos del sensor. La información del sensor, se procesa y se remite mediante Telegram a los encargados de la plantación cuando se detecten temperaturas bajas y avizoren una helada en el sector, con el fin de implementar las medidas preventivas necesarias.

Palabras clave: detector de heladas, ESP32 WROOM 32, telegram

Abstract

Low temperatures are considered one of the main causes of crop losses in agriculture, since these temperatures can drop to the point of producing a frost. Since these temperatures occur mostly in the early morning, the people in charge of the plantations cannot take the necessary measures to take care of their crops. Currently, the Boliche sector does not have a weather station and being located on the slopes of the Cotopaxi volcano, it is very often affected by low temperatures that affect the quality and quantity of agricultural production, so, in order to warn and prevent these and other damage to crops, a system has been implemented that monitors the temperature and humidity of the sector through a sensor located in a strategic place of the plantation. The frost detector allows real-time monitoring of the temperature and humidity of the sector. The location where the detector is located has internet access, thus facilitating transmitter-receiver communication and providing information on weather conditions in the area. The transmitter module has an ESP32 WROOM 32 programmable development board that reads the sensor data. The information from the sensor is processed and sent via Telegram to those in charge of the plantation when low temperatures are detected and they foresee a frost in the sector, in order to implement the necessary preventive measures.

Keywords: frost detector, ESP32 WROOM 32, telegram

Capítulo I

Marco Referencial

Tema

Implementación de un detector de heladas para evitar daños en los cultivos de una plantación ubicado en el sector “Boliche” de la provincia Cotopaxi.

Planteamiento de problema

La Región Sierra del Ecuador se identifica por presentar un panorama irregular, cuenta con abundantes terrenos de tierra fértil que son adecuados para el cultivo de papas, mellocos, habas y cebolla; que son esenciales para dinamizar la economía de los pueblos y sus provincias. Debido a la geografía del terreno interandino, las heladas son un restrictivo importante para el sector agrícola, y su riesgo puede aumentar en los meses de enero, marzo, julio, agosto y diciembre. (elyex, 2022)

Según los últimos estudios realizados en 2010, el sector Boliche se encuentra junto al parque nacional Cotopaxi, con una extensión de 392 hectáreas. Es conocido por su plantación de pinos y cipreses, que cubre 200 hectáreas y que debido a las frecuentes temperaturas bajas y cambios climáticos constantes han reemplazado casi por completo el páramo. Moradores del sector informan que las heladas a lo largo del año, además de generar pérdidas en sus cultivos, provocan enfermedades en los animales que les puede inducir a su muerte. (GooRaymi, 2018)

El uso de sistemas de monitoreo climático ayuda a mitigar el efecto de las heladas sobre los sembríos ya que estos generan información para advertir a los usuarios de la posible ocurrencia de una helada y que de esta manera puedan anticipar medidas de protección sobre los cultivos, por lo que la instalación de un detector de heladas exclusivo para la plantación ubicado en el sector “Boliche” de la provincia Cotopaxi, ayudaría a los agricultores de la zona a mantenerse informados del clima existente y de ser el caso tomar las medidas adecuadas. (Bravo H, Guzmán M, Travisany R, & Martínez A, 2021, pág. 13)

Antecedentes

Mediante la investigación bibliográfica en repositorios universitarios se ha encontrado los siguientes proyectos.

F.A. Salamanca-Figueroa, W.A. Suarez-Rodríguez de la Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia y CH.C Cárdenas-Gamboa de la Universidad de Pamplona el 08 de noviembre del 2017 presentan un “Prototipo de monitoreo y alarma para la detección de heladas blancas en sectores rurales de Sogamoso”, en donde, mediante el sensor DTH22 obtienen los datos de temperatura y humedad del ambiente, los cuales se usan para determinar la presencia de una helada blanca; el prototipo hace uso de una ESP32 como sistema divulgador, para el envío de datos desde el nodo sensor hacia la estación central mediante tecnología Wifi y el protocolo MQTT, el servidor local está contenido en una Raspberry Pi, que funciona como emisor de alertas tempranas mediante una alarma conectada a la misma, adicionalmente el servidor retransmite la información a dispositivos finales como son celulares en donde se puede visualizar los parámetros de temperatura y humedad en tiempo real. También se puede observar el estado de la alarma si está activa o no para de esta manera realizar acciones de prevención sobre los cultivos. (F.A. Salamanca, CH.C. Cárdenas, & W.A. Suarez, 2018)

Jurado Lozada, Marco Salazar y Lema, Steven Paul de la Universidad Técnica de Ambato en el proyecto de titulación: “Sistema electrónico de monitoreo climático y detección de heladas para el GAD del cantón Pujilí”, describen el diseño e implementación de un sistema de monitoreo climático mediante el uso de la tecnología LoRa. El nodo transmisor contiene sensores que miden temperatura, humedad y velocidad del viento, los datos obtenidos son enviados hacia el nodo receptor el mismo que se encuentra conectado a un servidor web alojado en el portal de servicios en la nube Azure, dentro del servidor la información se procesa mediante Node-Red para almacenarla en una base de datos y si los datos procesados indican que los cultivos se encuentran en riesgo. (Jurado Lozada & Salazar Lema, 2023)

Objetivos

Objetivo General

Implementar un sistema de detección de heladas para evitar daños en los cultivos de una plantación ubicado en el sector “Boliche” de la provincia Cotopaxi.

Objetivos específicos

- Investigar los sistemas y características para la detección de heladas en el sector Boliche.
- Desarrollar el sistema de detección de heladas.

Justificación

La presente investigación se enfoca en la implementación de un detector de heladas para una plantación ubicada en el sector “Boliche” de la provincia Cotopaxi, ya que, debido a los cambios ecológicos de temperatura de la región, provocan daños en los cultivos de la comunidad, afectando tanto la cantidad como la calidad de la cosecha, lo que se traduce directamente en pérdidas económicas para las personas.

Con el fin de evitar estas y otras pérdidas, el presente trabajo, permitirá monitorear en todo momento la temperatura y humedad de la región y cuando se detecten valores que reflejen una helada, se activará un sistema detector que anticipa la llegada de condiciones climáticas adversas que permitirá impulsar medidas preventivas como la aplicación de métodos de protección o la cosecha anticipada, minimizando así las pérdidas económicas asociadas a las heladas.

Además, contar con un sistema detector de heladas proporciona información valiosa para planificar actividades de protección de los cultivos, se pueden ajustar los calendarios de siembra y cosecha de acuerdo con las condiciones climáticas previstas, lo que contribuye a una gestión más eficiente de los recursos y a una mayor previsibilidad en la producción agrícola del sector.

Alcance

El presente trabajo se desarrolló en una plantación ubicada en el sector El Boliche de la provincia de Cotopaxi. Este sector, al estar situado en las faldas del volcán Cotopaxi, muy a menudo se ve afectado por temperaturas bajas que afectan la calidad y cantidad de la producción agrícola, por lo que, con el fin de alertar y evitar estos y otros daños en los sembríos, se ha implementado un sistema que consta de un circuito que monitorea la temperatura y humedad a través de un sensor ubicado en un lugar estratégico de la plantación. La información del sensor, se procesa y se remite mediante Telegram a los encargados de la plantación cuando se detecten temperaturas bajas y avizoren una helada en el sector, con el fin de implementar las medidas preventivas necesarias.

Capítulo II

Fundamentación Teórica

Agricultura en la Zona Andina

La agricultura en la región andina cuenta con una gran diversidad, en los Andes tropicales en las partes inferiores produce gran variedad de cultivos adaptados a al tipo de clima cálido, mientras que en las zonas altas con un clima templado se dan cultivos como trigo, papa, quino, la mayor parte del suelo andino no solo utilizadas para cultivo debido a climas fríos, así como también están cubiertas por árboles las cuales no son aptas para la agricultura. (Alegsa, 2019)

Debido a su ubicación en la cordillera de los Andes, Ecuador es reconocido como uno de los 17 países más diversos del mundo en términos de biodiversidad. La región alberga una amplia gama de vegetación, que se refleja tanto en los cultivos de montaña como en los mercados locales. Esta diversidad agrícola proporciona una amplia gama de opciones tanto para la alimentación humana como para la animal. Además, ciertas plantas autóctonas, como el toronjil o la ortiga, son valoradas por sus propiedades medicinales según la tradición local. (Tapia & Morillo, 2006)

Helada

La helada es un fenómeno climático en el cual la temperatura del entorno baja a niveles hasta llegar al punto de congelación del agua (0°C), por esta razón el vapor de agua contenido en el aire llega a congelarse cayendo en pequeños fragmentos en forma de escarcha sobre la superficie. (Ginebra, 1992)

En el entorno climático una helada es la baja temperatura a la cual las plantaciones llegan a tener daños significativos, si consideramos que el descenso de la temperatura va creciendo los daños en las plantaciones serán mayores y con mayor frecuencia, para considerar una helada la temperatura debe alcanzar valores de 2°C. (Bravo H, Reyes M, & Quintana A, 2020)

Clasificación de helada

Las heladas llegan a clasificarse de la siguiente manera:

Helada por advección.

Las heladas por advección se originan por la presencia de masas de aire frío que llegan de las regiones polares que se extienden sobre las grandes áreas y pueden permanecer durante días e incluso semanas, este tipo de heladas se da comúnmente en lugares con latitudes medias y altas. (Robledo, 2005)

Helada por radiación.

Una helada por radiación se presenta comúnmente en horarios nocturnos con cielos despejados es decir sin la presencia de nubes y con escasos de viento, el calor emitido por la superficie se pierde rápidamente con lo que su temperatura desciende rápidamente y el aire cercano disminuye progresivamente. (Robledo, 2005)

Las heladas por radiación se clasifican por dos tipos:

La helada blanca se muestra cuando existe pérdida progresiva de calor por radiación desde la superficie del suelo, bajando la temperatura de los objetos cercanos llegando a niveles inferiores al punto de congelamiento del agua. Se la conoce como helada blanca por causa de la formación de cristales delgados de hielo, la cual cae sobre la superficie de las plantas, el suelo u otros objetos. (Robledo, 2005)

La helada negra se presenta por la pérdida rápida de calor en la cual la presencia de congelación no se presenta porque se presenta niveles de viento muy seco provocando que las plantas se quemen, originando la coloración negra en las hojas y así dañando las plantaciones de los cultivos. (Robledo, 2005)

Factores que Intervienen en la Intensidad y Ocurrencia de una Helada

Tomando en cuenta los factores que intervienen en una helada se toma en consideración los siguientes:

Nubosidad.

La nubosidad es la porción del cielo tapado por nubes, esta actúa como pared que amenora las pérdidas de energía, asimismo absorbe la radiación del suelo y la vuelven a emitir, lo que produce la reducción en las diferencias entre las ganancias y pérdidas de energía de esta manera se contiene las variaciones térmicas. (Bravo H, Reyes M, & Quintana A, 2020)

Velocidad de viento.

La velocidad del viento consiste en la medida del movimiento del aire en un lapso determinado, favoreciendo la mezcla de las capas de aire para equilibrar la temperatura de la atmosfera. Esto implica la unión del aire caliente, que se sitúa a las alturas superiores, con el aire frío a niveles del suelo, lo que previene el enfriamiento excesivo y reduce el riesgo de heladas. La ausencia de viento aumenta la probabilidad de que ocurra heladas. (Bravo H, Reyes M, & Quintana A, 2020)

Humedad del aire.

La humedad del aire se define como la proporción de vapor de agua presente en un determinado volumen de aire. Durante la noche cuando la temperatura desciende y el aire se vuelve húmedo, existe la posibilidad de que se sature. Si el enfriamiento persiste, el vapor de agua en el aire se condensa, lo que ralentiza el proceso de enfriamiento debido a la liberación de calor generado por la condensación. En contraste, si el aire está seco, esta fuente de calor no está disponible, lo que aumenta el riesgo de heladas. (Bravo H, Reyes M, & Quintana A, 2020)

Meteorología

La meteorología se dedica al estudio de eventos atmosféricos que suceden en las capas inferiores de la atmosfera, donde la vida de las plantas y los animales se desenvuelven. Esta disciplina analiza constantemente los cambios en la atmosfera, empleado variables con la temperatura del aire, su humedad, la presión atmosférica, la velocidad de viento y la precipitación. (AstroMía, 2019)

Sensores Meteorológicos

Un sensor meteorológico es un aparato diseñado para captar mediciones de una variable meteorológica y convertirlas en una magnitud eléctrica, con el fin de que pueda ser cuantificada y procesada para facilitar su comprensión.

La combinación de varios de estos sensores en un mismo lugar se conoce como estación meteorológica. Estos dispositivos, a su vez, pueden formar parte de redes de observación con diversos objetivos. Los sensores más comunes incluyen la medición de la temperatura, la presión atmosférica, la dirección y velocidad del viento, la radiación solar, la humedad relativa y la precipitación de agua. (enviraio, 2019)

Temperatura

La temperatura es una medida física que nos proporciona información sobre la cantidad de energía térmica o calor presente en un cuerpo, objeto o entorno, así como los cambios que experimenta. (enviraio, 2019)

Diversos dispositivos sensoriales se emplean para supervisar la temperatura:

- Los termopares, ampliamente utilizados debido a su relación calidad, precio.
- Los RTD, reconocidos por su alta precisión.
- Los termistores, que detectan cambios de temperatura mediante la variación en la resistividad de un semiconductor.
- Los termómetros, que evalúan la respuesta de mercurio o alcohol en su interior ante el calor.

Presión atmosférica.

La presión atmosférica indica la fuerza que el aire ejerce sobre un objeto o área debido a la gravedad. Por lo general, se cuantifica mediante un barómetro de mercurio y su valor está influenciado por factores como la altitud, la temperatura y la humedad. (enviraio, 2019)

Viento.

El viento es la corriente del aire que va entre puntos con diferente presión o temperatura. Las principales características a tomar en cuenta. (enviraio, 2019)

- Orientación, cuya identificación se logra mediante veletas que indican la dirección del viento.
- Intensidad, generalmente evaluada con un anemómetro, un dispositivo que utiliza cazoletas para calcular este valor basándose en la velocidad de rotación.

Radiación solar.

La radiación solar es la energía que emite el Sol y se dispersa en todas las direcciones del espacio. Para medirla, se emplean dispositivos como los piranómetros, también llamados solarímetros o actinómetros, que registran la radiación solar en kilovatios por metro cuadrado en un rango de 180 grados. Además, la intensidad de la radiación solar también puede estimarse mediante un heliógrafo, un instrumento diseñado para medir la fuerza de los rayos solares. (enviraio, 2019)

Humedad.

La humedad representa la cantidad de vapor de agua presente en la atmósfera. Aunque existen diferentes formas de medirla, como la humedad absoluta o específica, la humedad relativa es una de las mediciones más comunes. Se utiliza un psicrómetro para supervisarla, un tipo de higrómetro más preciso que los dispositivos comúnmente empleados en entornos domésticos. (enviraio, 2019)

Precipitación de agua.

La precipitación de agua se refiere a la caída de elementos acuosos desde la atmósfera hasta la superficie terrestre, manifestándose en formas como lluvia, nieve o granizo.

Para medir este fenómeno, se emplea un pluviómetro, un dispositivo compuesto por un embudo que recoge el agua y la dirige hacia un recipiente graduado. Este recipiente proporciona información sobre la cantidad de precipitación que ha caído en un lugar y periodo de tiempo específico. (enviraiot, 2019)

Capítulo III

Desarrollo del Proyecto

Introducción

Para la implementación del sistema de detección de heladas para evitar daños en los cultivos de una plantación ubicado en el sector “Boliche” de la provincia Cotopaxi, inicialmente se planteó ejecutar los siguientes pasos:

- Análisis de los componentes más adecuados para el desarrollo del proyecto.
- Desarrollo de la interfaz para la obtención de datos
- Selección del lugar para la ubicación el detector de heladas.
- Pruebas de funcionamiento del detector de heladas.
- Instalación del detector.
- Realización de pruebas del funcionamiento y corrección de errores.

Análisis de los componentes más adecuados para el desarrollo del proyecto.

La implementación del detector de heladas, aporta al desarrollo agrícola de la plantación en la comunidad El Boliche, ya que permite monitorear en tiempo real el clima presente en el sector donde se encuentra ubicado, con los datos obtenidos del sensor se puede detectar si los cultivos se encuentran en riesgo por la caída de temperatura, las cuales se las conoce como heladas, al detectar este tipo de anomalías envía una alerta para que los agricultores tomen las medidas necesarias para cuidar sus cultivos.

Para cumplir con este objetivo, se analizó y se determinó que se requieren de los siguientes elementos para la implementación del detector de heladas.

- Tarjeta de desarrollo ESP32 WROOM 32, se encarga de la recolección, procesamiento y transmisión de datos.
- Sensor DHT22, obtiene los datos de temperatura y humedad ambiental.
- Pantalla LCD, muestra la lectura de los valores de temperatura y humedad.

- Aplicación Telegram que se encarga de recibir la información que obtiene la placa de desarrollo.

Desarrollo de la Propuesta

Requerimientos para el Detector de Heladas

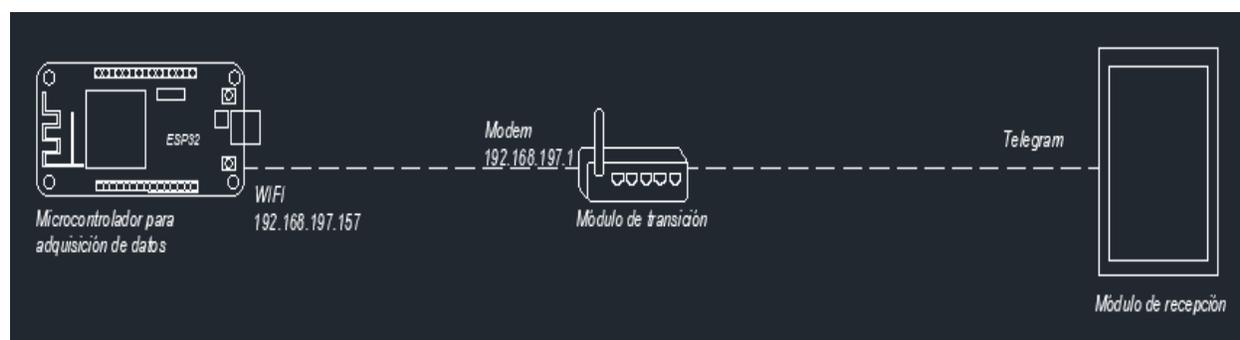
La plantación en la comunidad El Boliche posee sembríos de choclo, cebolla, alfalfa, y moradores de dicho sector, afirman que las heladas se presentan mayormente en el mes de diciembre, sin embargo, la aparición de heladas no se cumple en una fecha establecida llegando a ser impredecible su ocurrencia.

Diagrama del Sistema Detector de Heladas

Para monitorear en tiempo real el clima presente en el sector El Boliche, se consideró la utilización de sensores electrónicos, cuya información es procesada para luego ser transmitida y presentada al usuario. En la Figura 1, se presenta el diagrama de comunicación del detector de heladas, cuyas funciones se explican a continuación:

Figura 1

Diagrama de comunicación para el monitoreo climático.



1) Adquisición de Datos

Para la adquisición de datos se empleó un sensor electrónico que se encarga de obtener información de temperatura y humedad del ambiente.

2) **Módulo de Trasmisión**

El módulo de trasmisión es el encargado de enviar los datos de temperatura y humedad hacia el módulo de recepción. Para enviar la información se usó la tarjeta programable ESP32 WROOM 32.

3) **Módulo de Recepción**

El módulo de recepción capta la información de la placa programable y dirige hacia el servidor Telegram, este módulo debe ser conectado a la misma red del módulo de trasmisión para evitar incompatibilidades entre el transmisor y el receptor.

Sensor Requerido para el Detector de Heladas

Tomando en cuenta que existen diversos sensores encargados de monitorear el clima estos varían en rango de medida y precisión, por lo que considerando estas particularidades se analizó el que mejor se acoja a las características del módulo transmisor y condiciones climáticas del sector el Boliche. En la Tabla 1, se presenta las características de los sensores DHT11 y DHT22 que fueron analizadas para la implementación del sistema detector.

Tabla 1

Características de sensores Temperatura y Humedad.

Sensor	DHT11	DHT22
Características		
Tipo	Digital	Digital
Magnitudes soportadas	Temperatura, Humedad	Temperatura, Humedad
Voltaje de operación	3V ~ 5,5V	3,3V ~ 6V
Rango de operación	0°C ~ 50°C	-40°C ~ 80°C
	20% ~ 90% HR	0% ~ 100% HR
Precisión	±1°C	±0,5°C
	±1% HR	±2% HR
Conversión	n/u	n/u
Tiempo de respuesta	n/u	n/u
Offset	n/u	n/u
Resolución	8-bit	16-bit
Muestras por segundo	0,5	0,5

Nota. Esta tabla muestra las características principales de los sensores. Tomado de (Components101, 2021)

Se ha considerado únicamente sensores con salida digital para medir temperatura y humedad, ya que ofrecen la capacidad de medir ambas magnitudes y estos datos no requieren que se conviertan de magnitudes analógicas a digitales por lo que pueden conectarse directamente a la placa transmisora. Esta característica no está presente en los sensores analógicos, los cuales no fueron tomados en cuenta. Después de comparar los datos presentados en la Tabla 1. El sensor seleccionado para el proyecto es el DHT22, elegido por su precisión aceptable y su uso para entornos exteriores. Este modelo utiliza un termistor para medir la temperatura del aire circundante y un sensor capacitivo interno para la humedad. Además, cuenta con una compensación de temperatura basada en un coeficiente de calibración almacenado en su memoria OTP.

Para comprobar el correcto funcionamiento del sensor DTH22, se hizo una breve programación en la placa Arduino Uno, donde se verificó que presente la temperatura y humedad que se obtiene del medio exterior.

La precisión de este sensor se comprobó con el pronóstico en tiempo real que incorpora la computadora, la Figura 2 muestra el dato recibido por el sensor programado en la placa Arduino Uno y la Figura 3 muestra la temperatura medida con el computador.

Figura 2

Temperatura medida con el DTH22.

```
Comando recibido
T:11.20
H:95.20
Comando recibido
T:11.30
H:95.10
```

Figura 3

Temperatura medida con el computador.



Adquisición de Datos.

Para realizar la adquisición de datos se empezó analizando la mejor ubicación en donde se debe instalar el detector de heladas. El autor (Maldonado I, Ruiz M, & Fuentes B, 2010), considera que el sitio debe ser despejado de la luz solar y de las corrientes de viento, el lugar donde estará colocado el detector debe ser correctamente nivelado, fuera de obstrucciones que permita el monitoreo adecuado.

Tomando en cuenta las medidas mencionadas se optó por colocar el detector en la parte exterior de la residencia al frente de las plantaciones, ya que el terreno cuenta con un sistema de riego en el centro de la plantación la cual impide colocarlo en ese lugar. En la parte lateral de la vivienda se encuentran animales y árboles, de la misma manera estos son factores que impiden una buena recolección de datos. En la Figura 4, se observa la ubicación del detector.

Figura 4

Colocación del detector de heladas.

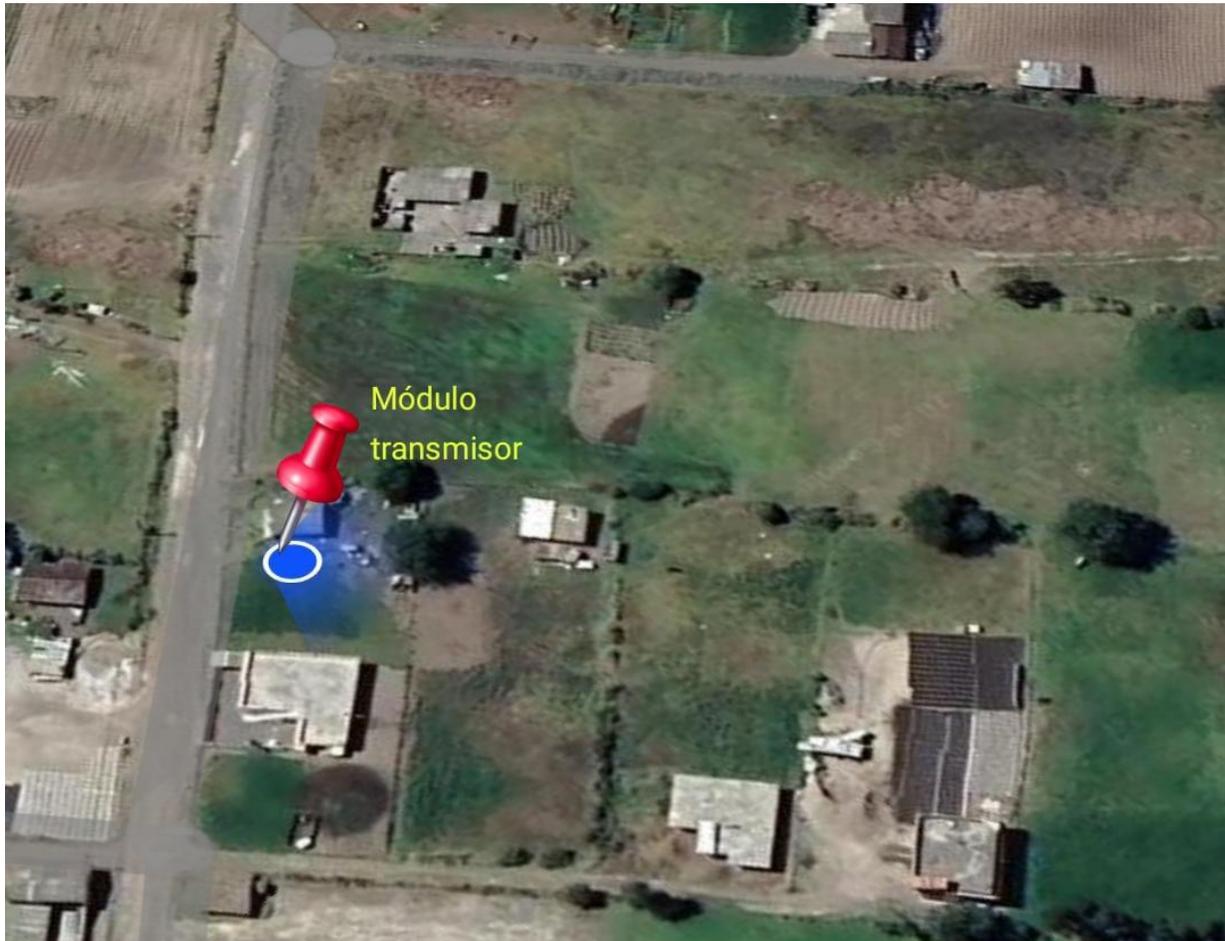


Ubicación Geográfica del Detector

La plantación situada en el sector el Boliche se encuentra en la ubicación geográfica “0°42’52.1” S”, “78°36’40.0” W”, como indica en la Figura 5.

Figura 5

Ubicación geográfica del detector de heladas.

**Área de la Plantación para la Lectura del Detector Climático**

Una vez ya establecido el lugar donde se ubicará el módulo de transmisión, se procede a su instalación, como se observa en la Figura 6, es importante indicar que se debe contar con un punto de acceso a internet para enviar y recibir datos, una vez realizadas las conexiones del módulo transmisor y receptor mediante pruebas se establece la distancia de comunicación, la cual es de 300m² y abarca todo el terreno de la plantación, lo que permitirá monitorear adecuadamente los datos del detector.

Figura 6

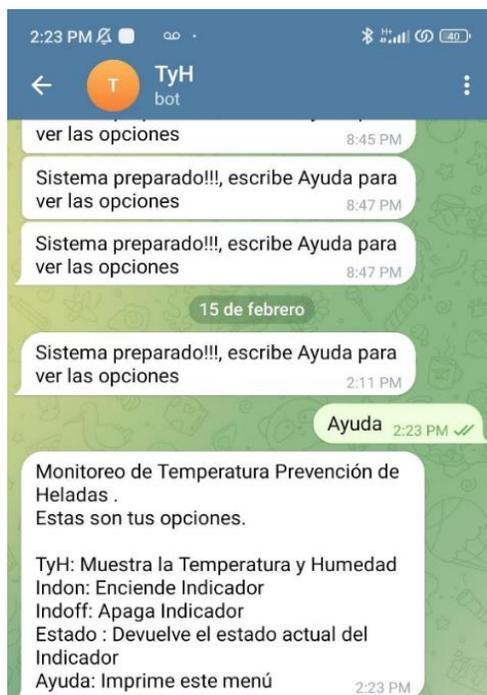
Área del terreno.



Para recibir la información de la temperatura y humedad del sector, se utilizó la aplicación de Telegram, la cual se encarga de recibir los datos mediante comandos que se envían por mensaje. Para que la transmisión y recepción de datos funcione de una manera adecuada deberán estar conectados a la misma red. En la Figura 7, se puede observar el mensaje automático que será enviado hacia la aplicación móvil y a través del mensaje recibido los dueños del terreno tomen las precauciones correspondientes y eviten que sus cultivos sufran daños debido a las bajas temperaturas climáticas.

Figura 7

Mensaje de inicio recibido desde Telegram.



Los comandos que se muestran en el mensaje automático, se escriben de la misma forma para poder ser enviados desde la aplicación Telegram del móvil hacia la tarjeta programable, la cual se encarga de transmitir los datos de temperatura y humedad tomados del sensor DTH22 en forma de mensaje. En la Figura 8, se observan los datos tomados del sensor y que se visualizan en forma de mensaje.

Figura 8

Mensaje recibido y enviado mediante Telegram para la utilización de comandos.



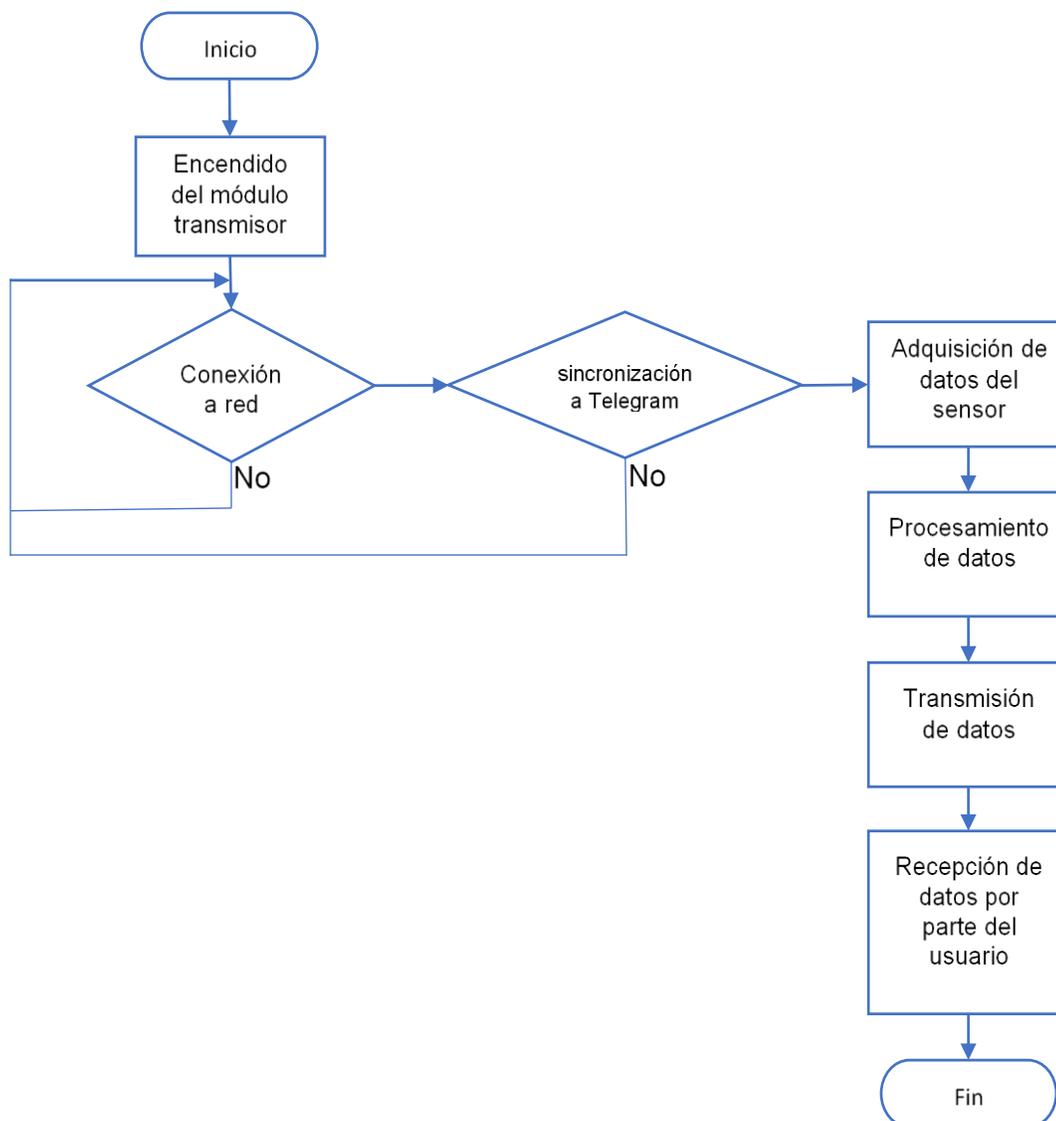
Flujograma del Funcionamiento del Detector

En la Figura 9, se presenta el flujograma de cómo se implementó del detector de heladas. Se inicia con el sistema de transmisión y se añade una condición a la etapa de sincronización, debido a posibles fallas en la red dejando así de ejecutarse e impidiendo un posible error.

En caso de existir conexión y se sincronice con Telegram, se realiza la adquisición, procesamiento y transmisión de datos hacia el celular del dueño de la plantación.

Figura 9

Flujograma de funcionamiento.



Líneas de Programación del Transmisor

Para la implementación del módulo transmisor se inició con la configuración de los parámetros requeridos y el uso de las librerías adecuadas. Fue necesario utilizar librerías específicas para la adquisición de datos del sensor y transporte de la información a la pantalla LDC y a la red Telegram. En la Figura 10, se detallan las librerías utilizadas.

Figura 10

Librerías utilizadas en la programación del transmisor.

```
#include <WiFi.h>
#include <WiFiClientSecure.h>
#include <UniversalTelegramBot.h>
#include "DHT.h"
#include <TwILiquidCrvstal.h>
```

Concluida la configuración de librerías, se agrega el comando *definición* el cual tendrá información acerca del nombre y la contraseña de la red para poder conectarse de manera inalámbrica al Wifi, estableciendo los pines para la conexión con el I2C que es el módulo para la pantalla LCD y el pin para la toma de datos del DTH22, esta configuración se puede observar en la Figura 11.

Figura 11

Configuración del DHT22 y conexión a red de la tarjeta.

```
#define WIFI_SSID "Redmi Note 11"
#define WIFI_PASSWORD "12345678"
#define DHTTYPE DHT22
#define DHTPin 27
DHT dht(DHTPin, DHTTYPE);
TwILiquidCrystal lcd(0x27);
```

El sensor DTH22, posee un tiempo de calibración automático, por lo que se requiere que la función de captura de datos ingrese en un bucle condicional, pasado el tiempo de calibración la tarjeta de desarrollo empieza a receptor los datos, la Figura 12 detalla el proceso de adquisición de datos del sensor DTH22.

Figura 12

Adquisición de datos del sensor DHT22.

```

h = dht.readHumidity();//Lectura de la humedad
t = dht.readTemperature();//Lectura de la temperatura
stringT = String(t);
stringH = String(h);
Serial.print("T:" );
Serial.println(t);
Serial.print("H:" );
Serial.println(h);
datos = "Temperatura: "+ stringT+ " °C\n" " Humedad: "+ stringH + " %Rh";
delay (1000);

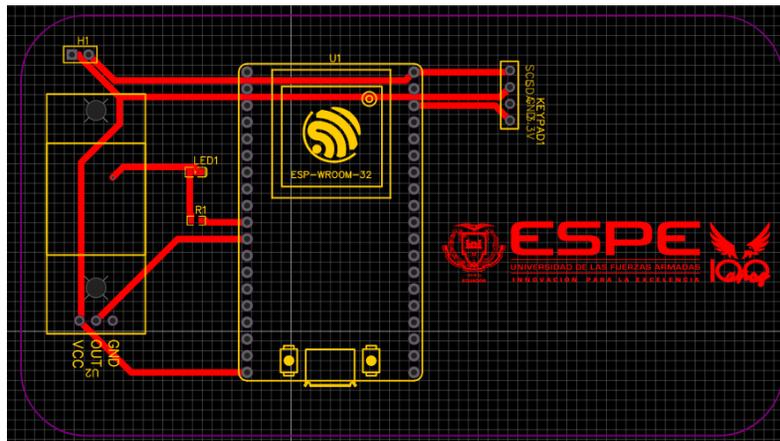
```

Diseño Eléctrico para la PCB del Trasmisor

El circuito de transmisión de datos contiene los sockets para la placa programable ESP32. En la Figura 13, se observa el diseño eléctrico de conexión para el sensor de monitoreo climático con las debidas conexiones a GND, VCC y datos, el módulo I2C para la utilización del LCD 16X2 conectado a GND, VCC, SDA, SCL y un indicador led de alta luminosidad.

Figura 13

Circuito eléctrico de módulo de transmisión.



Contenedor para el Módulo de Trasmisión

El estándar de protección IP es una directriz establecida por la Comisión Electrotécnica Internacional (CEI) y delineada en norma CEI 60529. Básicamente, evalúa la resistencia de los dispositivos tanto para entornos interiores como exteriores (Tractian, 2018).

Este estándar clasifica los dispositivos según su capacidad de protección contra la penetración de polvo y agua, identificándolos mediante un código numérico. La cifra inicial denota la protección contra objetos sólidos, mientras que la cifra posterior indica la resistencia a los líquidos. (Tractian, 2018)

Bajo estas consideraciones el contenedor utilizado cuenta con una protección IP 55 en la cual su nivel de protección es contra depósitos de polvo y chorros de agua desde cualquier ángulo, por lo que en su interior se resguarda a la placa de desarrollo. En la Figura 14, se muestra el contenedor utilizado.

Figura 14

Contenedor del módulo trasmisor.



Nota. Legrand 092196 Plexo. Tomado de (Legrand, 2010)

Adquisición de Datos

Para la adquisición de datos se inicia realizando el programa para el receptor. S continuación se explica su funcionamiento.

Líneas de Programación para la Recepción

Utilizando la misma tarjeta de desarrollo para la transferencia de datos, la configuración es similar para el receptor, se agrega las líneas de programación para la recepción de datos y conexión al servidor de Telegram. En la Figura 15 se indica el proceso de conexión a internet del módulo receptor.

Figura 15

Líneas de programación recepción de datos.

```
#define WIFI_SSID "Redmi Note 11"
#define WIFI_PASSWORD "12345678"

#define BOT_TOKEN "6825552917:AAFDBel2wnu65Awv9x0gzQvi3QJwXXU1qcg"
#define ID_Chat "5764709255"

const unsigned long tiempo = 1000;

Serial.print("Conectando a la red ");
Serial.print(WIFI_SSID);
WiFi.begin(WIFI_SSID, WIFI_PASSWORD);
secured_client.setCACert(TELEGRAM_CERTIFICATE_ROOT);
while (WiFi.status() != WL_CONNECTED)
```

Conociendo la dirección IP para la tarjeta de desarrollo se inicia la conexión, en la cual si no logra conectar la tarjeta espera su conexión a un punto de red para iniciar el monitoreo, una vez que la tarjeta se halla conectada a la red, envía el mensaje de forma automática *“sistema preparado escribe ayuda para ver las opciones”*, de igual manera se mostrará la IP asignada a la tarjeta de desarrollo. En la Figura 16, muestra las líneas de programación descritas.

Figura 16

Líneas de programación para conexión al servidor.

```

{
  Serial.print(".");
  delay(500);
}
Serial.print("\nConectado a la red wifi. Dirección IP: ");
Serial.println(WiFi.localIP());
if(inicio == 1){
  Serial.println("Sistema preparado");
  bot.sendMessage(ID_Chat, "Sistema preparado!!!, escribe Ayuda para ver las opciones", "");
  inicio = 0;
}
}

```

Establecida la conexión al servidor se da inicio a las líneas de programación para la recepción de datos la cual se puede observar en la Figura 17, cada que se envía un mensaje desde la aplicación Telegram en este caso configurado como “TyH” envía de forma inmediata los datos obtenidos por el sensor indicando la temperatura y humedad en tiempo real, si la temperatura desciende a niveles menores de 2°C se envía un mensaje automático alertando al usuario la caída de helada en la zona de cultivo.

Figura 17

Líneas de programación para la recepción de datos.

```

void lecturaTyH(){
  h = dht.readHumidity();
  t = dht.readTemperature();
  if(t >= -2 && estadoM == 1){
    digitalWrite(pin26, HIGH);
    stringT = String(t);
    stringH = String(h);
    Serial.println(t);
    datos = "Indicador encendido automaticamente, Temperatura: "+ stringT + " °C\n" " Humedad: " +stringH + " %Rh\n";
    bot.sendMessage(ID_Chat, datos, "");
    Serial.println("Indicador encendido automaticamente");
    estadoM = 0;
  }
  if(t <= -2 && estadoM == 0){
    digitalWrite(pin26, LOW);
    stringT = String(t);
    stringH = String(h);
    datos = "Indicador apagado automaticamente, Temperatura: "+ stringT + " °C\n" " Humedad: " +stringH + " %Rh\n";
    bot.sendMessage(ID_Chat, datos, "");
    Serial.println("Indicador apagado automaticamente");
    estadoM = 1;
  }
}
}

```

Ejecutado el algoritmo en el monitor serie del software Arduino IDE en la Figura 18, se puede observar la impresión de un mensaje en el computador indicando la IP que asigna la red de internet a la tarjeta de desarrollo, mostrando también si se encuentra conectado a la red.

Figura 18

Verificación de conexión a la Red.

```
....  
Conectado a la red wifi. Dirección IP: 192.168.43.25  
Sistema preparado
```

Pruebas de Funcionamiento del Detector de Heladas

Una vez implementado el sistema transmisor y receptor del detector de heladas, se procede a la realización de las pruebas de funcionamiento.

Pruebas de la Humedad Atmosférica

Cuando la temperatura desciende a 0°C o menos el viento se hace ligero, el vapor de agua presente en el aire se condensa. Si la humedad es alta esto resulta en nevadas mientas que, con una humedad baja, se produce la helada. La presencia de una alta humedad atmosférica disminuye la posibilidad de helada. Durante una helada, varias capas de hielo pueden formarse sobre cuerpos de agua y objetos en el terreno. (Fuentes Mariles & García Jiménez, 2014)

En la Figura 19, se presenta los valores a tomar en cuenta, para observar si el rango de temperatura y humedad son considerados como una helada de tipo blanca o negra ó cuando no se producirán heladas.

Figura 19

Rango de temperatura y humedad.

Humedad relativa	Temperatura°C					
	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
100	0.0	2.0	4.0	6.0	8.0	10.0
90	-1.4	0.5	2.5	4.5	6.5	8.4
80	-3.0	-1.1	0.9	2.8	4.8	6.7
70	-4.8	-2.9	-1.0	0.9	2.9	4.8
60	-6.8	-4.9	-3.1	-1.2	0.7	2.6
50	-9.2	-7.3	-5.5	-3.6	-1.8	0.1
40	-12.0	-10.2	-8.4	-6.6	-4.8	-3.0
30	-15.5	-13.7	-12.0	-10.2	-8.5	-6.8

Nota. Rango de temperatura y humedad. Tomado de (Rivulis, 2000)

Con los rangos de humedad indicados en la figura 19, se procede con las pruebas de funcionamiento.

El módulo entró en marcha el 09 de febrero del 2024, en los primeros días se registraron temperaturas comprendidas entre 6 y 10°C, por lo que el detector no envió ningún mensaje de alerta hasta la madrugada del 12 de febrero del 2024, en la cual se registraron temperaturas por debajo de los 6°C. En la Tabla 2 se muestra el registro de información obtenida.

Tabla 2

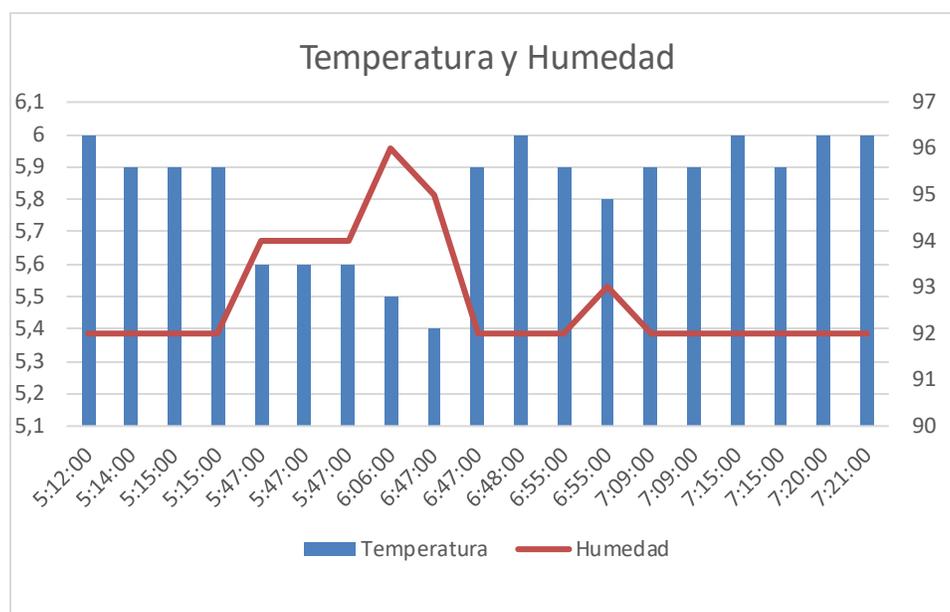
Registro de temperatura obtenido del módulo, 12 de febrero.

Fecha y Hora	Temperatura	Humedad
12-02-2024 04:30	6	92
12-02-2024 04:33	5.8	93
12-02-2024 04:35	5.8	93
12-02-2024 04:38	5.8	93
12-02-2024 04:40	5.8	93
12-02-2024 04:40	5.7	93
12-02-2024 04:43	5.7	93
12-02-2024 04:45	5.5	95
12-02-2024 04:47	5.5	95
12-02-2024 04:49	5.5	95
12-02-2024 04:50	5.5	95
12-02-2024 04:53	5.6	94
12-02-2024 04:55	5.6	94
12-02-2024 04:57	5.6	94
12-02-2024 04:58	5.5	95
12-02-2024 05:01	5.3	96
12-02-2024 05:50	5.7	93
12-02-2024 06:10	5.8	93
12-02-2024 06:15	5.8	93
12-02-2024 06:20	5.9	92

Dentro de los datos obtenidos la temperatura desciende a partir de las 04:30am de la madrugada de manera progresiva hasta alcanzar el rango más bajo a las 05:01am y empieza a subir gradualmente. La Figura 20, presenta el comportamiento de temperatura y humedad en ese periodo.

Figura 20

Comportamiento de temperatura y humedad, 12 de febrero.



Los registros indican que la plantación estuvo expuesta por más de dos horas a temperaturas bajas lo que ocasionaría daños en las plantaciones, sin embargo, la humedad ambiental no es baja ya que se encuentra entre 92% y 96%.

La humedad en el ambiente al ser considerable disminuye el riesgo de helada, considerando que, al no existir riesgo de helada, los cultivos no son expuestos a sufrir daños por las bajas temperaturas.

En el transcurso de la semana la temperatura no descendió hasta los 6°C, ni en el transcurso del día, sin embargo, la madrugada del 16 de febrero a partir de las 5:12am el detector registró una leve disminución de temperatura, que se muestra en la Tabla 3, del registro de datos.

Tabla 3

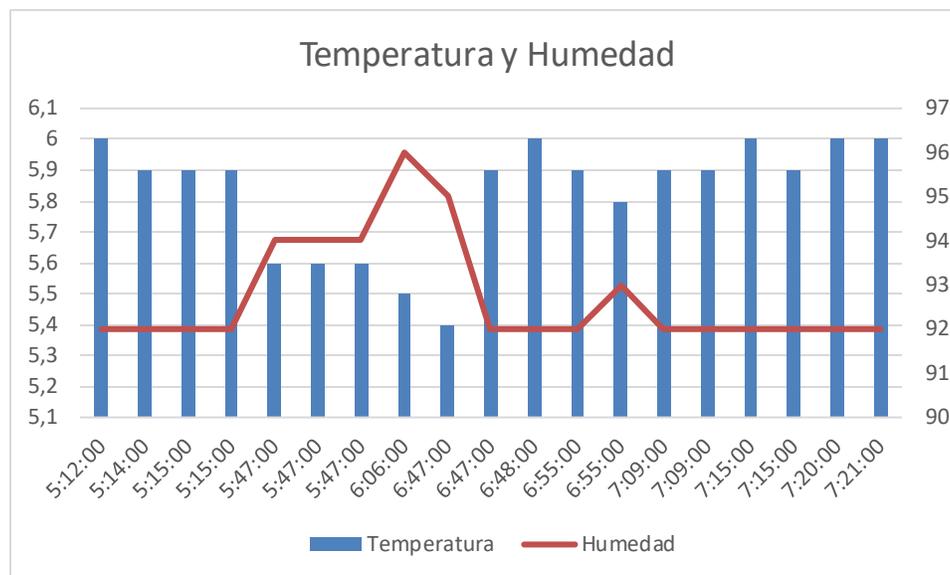
Registro de bajas temperaturas, 16 de febrero.

Fecha y Hora	Temperatura	Humedad
16-02-2024 05:12	6	92
16-02-2024 05:14	5.9	92
16-02-2024 05:15	5.9	92
16-02-2024 05:15	5.9	92
16-02-2024 05:47	5.6	94
16-02-2024 05:47	5.6	94
16-02-2024 05:47	5.6	94
16-02-2024 06:06	5.5	96
16-02-2024 06:47	5.4	95
16-02-2024 06:47	5.9	92
16-02-2024 06:48	6	92
16-02-2024 06:55	5.9	92
16-02-2024 06:55	5.8	93
16-02-2024 07:09	5.9	92
16-02-2024 07:09	5.9	92
16-02-2024 07:15	6	92
16-02-2024 07:15	5.9	92
16-02-2024 07:20	6	92
16-02-2024 07:21	6	92

La temperatura disminuye hasta llegar a su punto más bajo de 5.4°C a las 06:47am, de ahí en adelante se mantiene variando entre los 5.9°C y 6°C hasta las 07:30 de la mañana la Figura 21, presenta el comportamiento de temperatura y humedad en ese periodo.

Figura 21

Comportamiento de temperatura y humedad, 16 de febrero.



La humedad relativa oscila entre el 92% y 96%, de la misma manera al no existir peligro de helada la temperatura no puede causar daños a las plantaciones.

El 18 de febrero el detector registró la temperatura más baja, la Tabla 4, muestra el registro de los datos almacenados.

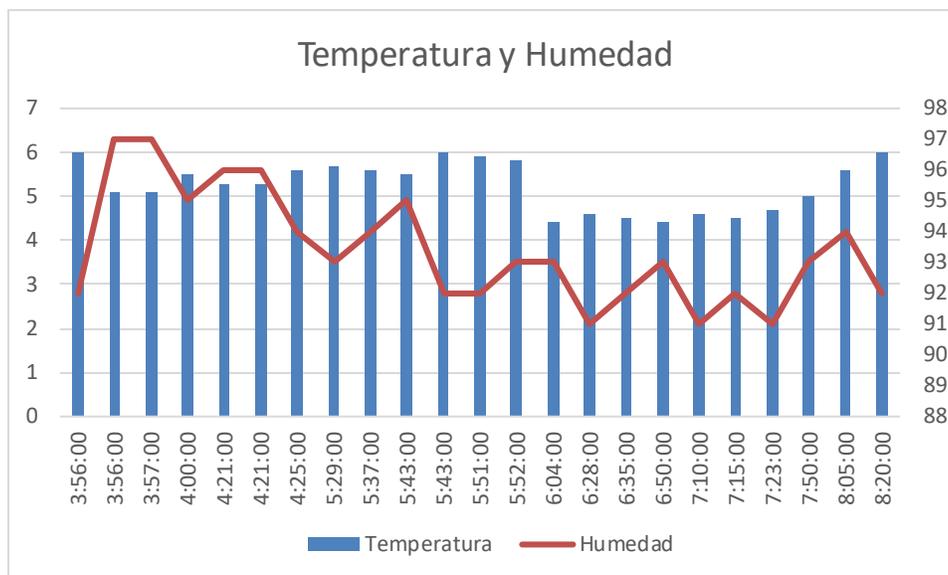
Tabla 4*Registro de baja temperatura, 18 de febrero.*

Fecha y Hora	Temperatura	Humedad
18-02-2024 03:56	6	92
18-02-2024 03:56	5.1	97
18-02-2024 03:57	5.1	97
18-02-2024 04:00	5.5	95
18-02-2024 04:21	5.3	96
18-02-2024 04:21	5.3	96
18-02-2024 04:25	5.6	94
18-02-2024 05:29	5.7	93
18-02-2024 05:37	5.6	94
18-02-2024 05:43	5.5	95
18-02-2024 05:43	6	92
18-02-2024 05:51	5.9	92
18-02-2024 05:52	5.8	93
18-02-2024 06:04	4.4	93
18-02-2024 06:28	4.6	91
18-02-2024 06:35	4.5	92
18-02-2024 06:50	4.4	93
18-02-2024 07:10	4.6	91
18-02-2024 07:15	4.5	92
18-02-2024 07:23	4.7	91
18-02-2024 07:50	5	93
18-02-2024 08:05	5.6	94
18-02-2024 08:20	6	92

La temperatura empieza a disminuir gradualmente a las 05:51am hasta llegar a los 4.4°C a las 06:50am, luego la temperatura se mantiene por alrededor de 20 minutos, sin embargo, la temperatura baja se mantiene hasta las 08:05am de la mañana. En la Figura 22, se observa la medida de los datos.

Figura 22

Comportamiento de temperatura y humedad, 18 de febrero.



La medida de la humedad se mantiene entre el 91% y 97%, pese a que se registró una temperatura de 4.4°C, la humedad al ser considerada alta no provocó una helada.

Como se observa, durante las dos semanas de prueba no existió ningún día que se detecte una helada. Por lo que, se procedió a realizar una prueba ingresando el sensor al freezer del refrigerador, obteniendo los resultados que se presentan en la Tabla 5.

Tabla 5

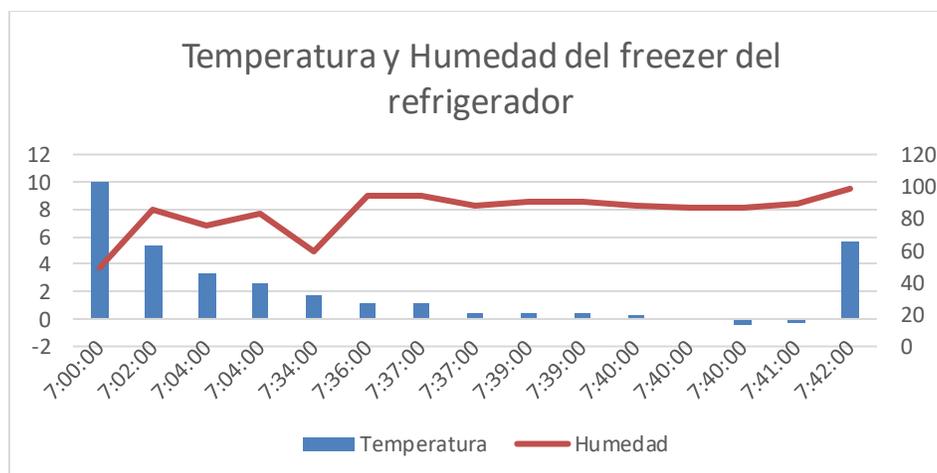
Resultado de prueba, bajas temperaturas.

Fecha y Hora	Temperatura	Humedad
27-02-2024 07:00	10	49.20
27-02-2024 07:02	5.40	84.90
27-02-2024 07:04	3.40	75.50
27-02-2024 07:04	2.60	82.60
27-02-2024 07:34	1.70	59.10
27-02-2024 07:36	1.10	94.30
27-02-2024 07:37	1.20	94.30
27-02-2024 07:37	0.40	88.10
27-02-2024 07:39	0.50	90.90
27-02-2024 07:39	0.50	89.90
27-02-2024 07:40	0.30	88.20
27-02-2024 07:40	0	87
27-02-2024 07:40	-0.40	86.80
27-02-2024 07:41	-0.30	88.70
27-02-2024 07:42	5.60	98.60

De igual manera los datos obtenidos se pueden representar en una gráfica como se observa en la Figura 23.

Figura 23

Datos obtenidos en el freezer del refrigerador.



Al recibir datos menores de los 2°C, se puede observar. En la Figura 24, la alerta que envía el transmisor al Telegram de forma automática indicando que la luz led se enciende, esto quiere decir que la plantación está en riego por las bajas temperaturas.

Figura 24

Mensaje de alerta automático enviado a Telegram.



Ya realizada la prueba para indicar el envío de alerta de forma automática, se retira el módulo del refrigerador haciendo que la temperatura aumente de forma progresiva, el indicador led del módulo se apaga de forma automática al sobrepasar los 6°C, y de igual manera envía un mensaje indicando que el indicador se apagado. En la Figura 25, se muestra el mensaje automático recibido a Telegram.

Figura 25

Mensaje de apagado automático del indicador.



Capítulo IV

Conclusiones y Recomendaciones

Conclusiones

- Se ha implementado un sistema de detección de heladas para evitar daños en los cultivos de una plantación ubicado en el sector “Boliche” de la provincia Cotopaxi.
- El uso de un sensor digital permite la medición de temperatura y humedad con una precisión y rango de medida aceptable.
- Para enviar de manera automática la existencia de algún riesgo para la plantación, se utilizó Telegram ya que entre las ventajas que presenta esta aplicación es que se puede crear bots o mensajes automáticos, que es lo que se requirió para el presente proyecto.
- Utilizar una aplicación móvil como Telegram permite visualizar los datos obtenidos del sensor en cualquier lugar de la plantación o fuera de ella, basta con una conexión a internet.
- Telegram permite tener información de temperatura y humedad en tiempo real con una pequeña diferencia de segundos desde el momento que se envía el comando para recibir los datos.
- Durante dos semanas se realizaron las pruebas de funcionamiento del sistema detector de heladas, observando que existió la presencia de bajas temperaturas que pueden afectar a los cultivos, sin embargo, por la humedad presente no se catalogó como una helada.
- La presencia de bajas temperaturas es comúnmente en la noche y madrugada, horarios que no pueden ser supervisados por los encargados, por lo que el detector de heladas cumple el objetivo de emitir la alerta al detectar este tipo de daño que pone en riesgo a los cultivos si no se toman las medidas necesarias para proteger las plantaciones.
- La tarjeta programable tiene un consumo de energía muy bajo, por lo que el sistema es alimentado por una batería de litio de 3.7V, la cual puede llegar a durar una semana con un uso frecuente.
- En caso de que la batería se descargue entra en funcionamiento un módulo de carga que mantiene el sistema encendido y a la vez recarga la batería.

Recomendaciones

- La comunidad “El Boliche” al ser parte de la provincia de Cotopaxi, posee un clima muy frío a comparación de otras provincias de la sierra ecuatoriana, por lo que sufre el riesgo de afectaciones climáticas sobre las plantaciones, por lo que se sugiere que el detector de heladas implementado, se encuentre permanente encendido ya que ayudará de una manera más fácil a detectar climas muy variantes para conservar los cultivos.
- La ubicación en la cual se instaló el detector de heladas fue seleccionada en base a los parámetros estudiados de temperatura y humedad para que la recolección de datos no sea interrumpida, lo cual es recomendable no manipular el sistema a diferentes sitios de la plantación.
- Para iniciar el monitoreo siempre deberá estar conectado a la red wifi, una vez realizada la primera conexión el sistema se iniciará de forma automática.
- Existen ocasiones en que la red se pierde por cortes de luz u otras anomalías que puedan causar la pérdida de conexión, el monitoreo seguirá funcionando de manera adecuada pero la comunicación a Telegram se perderá hasta que el módulo se reconecte a la red, tomando en cuenta estos factores el módulo detector cuenta con la pantalla LCD la cual permite visualizar la temperatura y humedad en tiempo real sin necesidad de estar conectados a la red.

Bibliografía

- Alegsa, L. (22 de Julio de 2019). *Definiciones de Agricultura de la Cordillera de los Andes*. Recuperado el 26 de Diciembre de 2023, de Definiciones-de.com: https://www.definicionesde.com/Definicion/de/agricultura_de_la_cordillera_de_los_andes.php.
- AstroMía. (2019). *Meteorología y climatología*. Consultado el 27 de Diciembre de 2023, de [astromia.com](https://www.astromia.com): <https://www.astromia.com/tierraluna/meteorologia.htm>.
- Bravo H, R., Guzmán M, M., Travisany R, M., & Martínez A, C. (2021). *Herramientas para el monitoreo de heladas en la región de Magallanes*. Punta Arenas: Kampenaike.
- Bravo H, R., Reyes M, M., & Quintana A, J. (2020). *Heladas factores, tendencias y efectos en frutales y vides*. Recuperado el 29 de diciembre de 2023, de INIA: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6847/Bolet%C3%ADn%20INIA%20N%C2%B0%20417?sequence=1&isAllowed=y>
- Components101. (16 de julio de 2021). *DTH11 Temperature and humidity sensor*. Recuperado el 29 de diciembre de 2023, de components101.com: <https://components101.com/sensors/dht11-temperature-sensor>
- elyex. (16 de junio de 2022). *Productos Agrícolas de la Sierra Ecuatoriana*. Recuperado el 12 de febrero de 2024, de elyex.com: <https://elyex.com/productos-agricolas-de-la-sierra-ecuatoriana-lista/>
- enviraiot. (10 de julio de 2019). *Sensores metereológicos, interpretando las señales atmosféricas*. Recuperado el 29 de Diciembre de 2023, de enviraiot.es: <https://enviraiot.es/que-son-sensoresmeteorologicos/#:~:text=Un%20sensor%20meteorol%C3%B3gico%2C%20at>
- F.A. Salamanca, F., CH.C. Cárdenas, G., & W.A. Suarez, R. (2018). Prototipo de Monitoreo y alarma para la detección de heladas blancas en sectores rurales de sogamoso. *Prototipo de monitoreo*, 18(1), 57-67.
- Fuentes Mariles, M., & García Jiménez, F. (2014). *Heladas*. Consultado el 15 de enero de 2024, de Serie Fascículos: <https://www.seducoahuila.gob.mx/proteccioncivilescolar/assets/fasciculo-heladas-pdf2.pdf>
- Ginebra. (1992). Vocabulario meteorológico internacional. *Glosario meteorologico*, 3-311. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/11769/72085840/Anexo+10.+Glosario+meteorol%C3%B3gico.pdf/6a90e554-6607-43cf-8845-9eb34eb0af8e>

- GooRaymi. (15 de julio de 2018). *El Boliche Área Nacional de Recreación*. Consultado el 22 de enero de 2024, de GooRaymi.com: <https://www.goraymi.com/es-ec/cotopaxi/latacunga/areas-nacionales-recreacion/boliche-area-nacional-recreacion-aa594f657>
- Jurado Lozada, M., & Salazar Lema, S. (2023). Sistema eléctrico de monitoreo climático y detección de heladas para el GAD del cantón Pujilí. *Sistema eléctrico de monitoreo*, 97. Obtenido de <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/38477>
- Legrand. (2010). *Caja de derivación*. Consultado el 08 de enero de 2024, de Legrand.es: <https://www.legrand.es/productos/caja-derivacion-para-conexiones-plexo-ip55-rectangular-dimensiones-310x240x130mm-24-entradas-color-gris-092196>
- Maldonado I, I., Ruiz M, R., & Fuentes B, M. (2010). Manual de instalación de estaciones meteorológicas automáticas. *Boletín INIA*(198), 118. <https://biblioteca.inia.cl/handle/20.500.14001/7386>
- R. Bravo, J. Q. (05 de Octubre de 2020). *Biblioteca inia*. Consultado el 26 de Diciembre de 2023, de Biblioteca inia: <https://biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/20.500.14001/6847/Bolet%C3%AD>
- Rivulis. (2000). *Protección contra heladas*. Consultado el 25 de enero de 2024, de es.rivulis.com: <https://es.rivulis.com/proteccion-contra-heladas-una-guia-de-introduccion-para-proteger-su-inversion/>
- Robledo, Á. (08 de marzo de 2005). *Clima andino y café en Colombia*. Consultado el 29 de diciembre de 2023, de Federación nacional de cafeteros de colombia: <https://biblioteca.cenicafe.org/bitstream/10778/859/1/Portada.pdf>
- Sparkfun. (30 de diciembre de 2022). *Aosong electronics*. Recuperado el 29 de diciembre de 2023, de sparkfun.com: <https://www.sparkfun.com/datasheets/Sensors/Temperature/DHT22.pdf>
- Tapia, C., & Morillo, E. (agosto de 2006). *Diversidad agrícola andina*. Consultado el 23 de diciembre de 2023, de Ecuador tierra incognita: https://www.terraecuador.net/revista_42/42_diversidad_agricola_andina.html
- Tractian. (2018). *Conoce los tipos y grados de protección IP*. Consultado el 05 de enero de 2024, de Tractian.com: <https://tractian.com/es/blog/conoce-los-tipos-y-grados-de-proteccion-ip>

Anexos