



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA IOT PARA LA
DETECCIÓN DE AFECTACIONES TIPO DAMPER Y MILDIU EN
CULTIVOS DE BRÓCOLI MEDIANTE EL PROCESAMIENTO DE
IMÁGENES**

Trabajo de Integración Curricular
Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

AUTOR:
NEYCER RAFAEL ANCHUNDIA SÁNCHEZ

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA TELECOMUNICACIONES

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA IOT PARA LA
DETECCIÓN DE AFECTACIONES TIPO DAMPER Y MILDIU EN
CULTIVOS DE BRÓCOLI MEDIANTE EL PROCESAMIENTO DE
IMÁGENES**

Trabajo de Integración Curricular
Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:
INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES

AUTOR: NEYCER RAFAEL ANCHUNDIA SÁNCHEZ
DIRECTOR: Ing. DIEGO FERNANDO VELOZ CHERREZ MSc.

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Neycer Rafael Anchundia Sánchez

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Neycer Rafael Anchundia Sánchez, declaro que el presente trabajo de integración curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 10 de noviembre 2023



Neycer Rafael Anchundia Sánchez

2100648209

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA TELECOMUNICACIONES

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto Técnico, **DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA IOT PARA LA DETECCIÓN DE AFECTACIONES TIPO DAMPER Y MILDIU EN CULTIVOS DE BRÓCOLI MEDIANTE EL PROCESAMIENTO DE IMÁGENES**, realizado por el señor: **NEYCER RAFAEL ANCHUNDIA SÁNCHEZ**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Diego Guillermo Barba Maggi PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2023-11-10
Ing. Diego Fernando Veloz Cherrez MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-10
Ing. Mayra Alejandra Pacheco Cunduri ASESORA DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2023-11-10

DEDICATORIA

A mis padres por siempre creer en mi en todo momento, dándome apoyo moral para seguir adelante cada día y durante las adversidades de mi vida. A todos mis amigos que siempre han estado conmigo y a mi gran compañero Heinert de Shushufindi, además de mi Abuela que siempre que regreso de mi lugar de origen me desea siempre lo mejor.

Neycer Anchundia

AGRADECIMIENTO

A mi madre que siempre se ha preocupado por mi ayudándome con apoyo moral y fuerzas para avanzar, a mi padre que siempre me ha dado consejos y me dio la oportunidad de seguir estudiando, a los profesores de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, en especial de Ing. Diego Veloz e Ing. Mayra Pacheco, y a la familia Cacuango del pueblo de Gatazo, quienes me brindaron toda la información y tiempo necesario para la elaboración del presente trabajo de integración curricular.

Neycer Anchundia

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS	xii
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xvii
RESUMEN.....	xviii
SUMMARY	xix
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DE PROBLEMA.....	2
1.1. Planteamiento del problema.....	2
<i>1.1.1. Antecedentes</i>	<i>2</i>
1.2. Justificación	5
<i>1.2.1. Justificación Teórica.....</i>	<i>5</i>
<i>1.2.2. Justificación Aplicativa.....</i>	<i>7</i>
1.3. Objetivos	8
<i>1.3.1. General</i>	<i>8</i>
<i>1.3.2. Específicos</i>	<i>8</i>

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO.....	9
2.1. Sistema de Internet de las Cosas (IoT).....	9
<i>2.1.1. Requisitos del IoT.....</i>	<i>9</i>
<i>2.1.2. Arquitectura de Capas en IoT.....</i>	<i>10</i>
<i>2.1.2.1. Capa de codificación.....</i>	<i>10</i>
<i>2.1.2.2. Capa de percepción.....</i>	<i>10</i>
<i>2.1.2.3. Capa de red</i>	<i>10</i>
<i>2.1.2.4. Capa intermedia</i>	<i>11</i>
<i>2.1.2.5. Capa de aplicación.....</i>	<i>11</i>
<i>2.1.2.6. Capa empresarial</i>	<i>11</i>
<i>2.1.4. Arquitectura basada en API</i>	<i>12</i>
2.2. Tecnologías de comunicación Inalámbricas IoT	12

2.2.1.	Identificación por radiofrecuencia (RFID)	13
2.2.2.	Protocolo de Internet (IP)	14
2.2.3.	Wi-Fi	14
2.2.3.1.	802.11.....	14
2.2.3.2.	802.11b.....	14
2.2.3.3.	802.11g.....	15
2.2.3.4.	802.11d.....	15
2.2.4.	Bluetooth	15
2.2.5.	Zigbee	16
2.2.6.	Comunicación de archivos cercano (NFC)	17
2.2.7.	LoRaWAN	18
2.2.8.	SIGFOX	19
2.2.9.	NB-IoT	20
2.2.10.	Actuadores	21
2.2.11.	Redes de sensores inalámbricos (WSN)	21
2.2.11.1.	Características de WSN.....	22
2.2.11.2.	Elementos de WSN.....	22
2.2.12.	Inteligencia artificial (IA)	23
2.3.	Protocolos de comunicación IoT	24
2.3.1.	HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto)	24
2.3.2.	MQTT (Message Queing Telemetry Transport)	25
2.3.3.	OPC UA	26
2.3.4.	CoAP	27
2.3.5.	DDS	28
2.3.6.	AMQP (Protocolo Avanzado de Cola de Mensajes)	29
2.3.7.	WEBSOCKET	30
2.4.	Microcontrolador	32
2.4.1.	Diferencias entre Microcontrolador y microprocesador	32
2.4.2.	Ventajas de un microcontrolador respecto a un microprocesador	32
2.4.3.	Tipos de arquitectura de microcontroladores	32
2.4.3.1.	Arquitectura von Neumann.....	32
2.4.3.2.	Arquitectura Harvard.....	33
2.5.	Base de Datos	33
2.5.1.	Tipos de Base de datos	33
2.6.	IoT en la Agricultura	34
2.6.1.	Cultivo de Brócoli en el Mundo	34

2.6.1.1.	<i>Taxonomía</i>	35
2.6.1.2.	<i>Propiedades nutritivas</i>	35
2.6.1.3.	<i>Factores Ambientales en el cuidado</i>	36
2.6.1.4.	<i>Tipos de Plantas de Brócoli</i>	37
2.6.1.5.	<i>Afectaciones por Plagas y Enfermedades</i>	38
2.7.	Servicios IoT	42
2.7.1.	Cloud Computing	42
2.7.1.1.	<i>Servidor Publico</i>	43
2.7.2.	Fog Computing	43
2.7.2.1.	<i>Servidor Local</i>	44
2.7.3.	Edge Computing	44
2.8.	Procesos Metodológicos de Imagen	44
2.8.1.	Procesamiento de imágenes	44
2.8.1.1.	<i>Componentes esenciales de un sistema de procesamiento de imágenes</i>	45
2.9.	Dispositivos IoT	46
2.9.1.	Tarjetas de Desarrollo	46
2.9.1.1.	<i>Familias ESP32X</i>	47
2.9.1.2.	<i>Familias ESP8266x</i>	48
2.9.1.3.	<i>Arduino Uno</i>	49
2.9.1.4.	<i>Raspberry Pi 4B</i>	50
2.9.2.	SENSORES DE HUMEDAD AMBIENTE Y TEMPERATURA	51
2.9.2.1.	<i>Sensores DHTxx</i>	51
2.9.2.2.	<i>Sensores SHTxx</i>	51
2.9.3.	SENSOR DE RADIACIÓN ML8511	52
2.9.4.	Módulos de Cámara	53
2.9.4.1.	<i>Raspicam (Pi Camera)</i>	53
2.9.4.2.	<i>Arducam</i>	54

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	55
3.1.	Ubicación geográfica	55
3.1.1.	Especificaciones del suelo:	56
3.2.	Software de Procesamiento	57
3.3.	Servidor LAMP (Linux Apache MySQL Php)	57
3.3.1.	Instalación del Servidor LAMP	58

3.3.2.	<i>Linux</i>	60
3.3.3.	<i>MySQL</i>	60
3.3.4.	<i>Node-RED</i>	61
3.3.4.1.	<i>Instalación de Node-red en Linux</i>	61
3.3.5.	<i>Python</i>	61
3.3.5.1.	<i>Modelo de colores HSV</i>	62
3.4.	Packetriot (Visualizador Publico de Servidores Locales)	62
3.5.	Comparativas de Tarjetas de Desarrollo	63
3.6.	Sensores Humedad, Temperatura y Radiación UV	64
3.6.1.	<i>Sensores SHT35 Humedad y Temperatura Ambiente y SHT31 Humead Suelo</i>	64
3.6.2.	<i>Sensor ML8511</i>	65
3.7.	Diseño del Sistema IoT con Node-red	66
3.8.	Nodos de Humedad Suelo	67
3.9.	Nodo de Radiación UV, Temperatura y humedad ambiente	68
3.10.	Nodo de Imágenes	69
3.11.2.	<i>Implementación Nodos Suelo</i>	70
3.11.3.	<i>Implementación Nodo Ambiente e Imágenes</i>	70
3.12.	Verificación de Funcionamiento del Sistema IoT	71
3.12.1.	<i>Ventana “Monitoreo Ambiental”</i>	72
3.12.2.	<i>Ventana “Monitoreo Suelo”</i>	72
3.12.3.	<i>Ventana “Imágenes”</i>	73
3.12.4.	<i>Estado del Túnel</i>	73

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	75
4.1.	Introducción	75
4.2.	Operaciones del Servidor y estado de funcionamiento	75
4.2.1.	<i>Estado del Servidor LAMP (Linux, Apache, MySQL y Python)</i>	75
4.2.2.	<i>Estado del Servicio de Node-red</i>	76
4.2.3.	<i>Estado del servicio de Packetriot</i>	77
4.3.	Trafico a través del Servidor	79
4.4.	Trafico a través del Túnel	80
4.5.	Velocidades de banda en la plantación de brócoli y en el servidor	81
4.6.	Gestores de datos por Python	82
4.7.	Sistema de Detección MILDIU/DAMPER	83

4.8.	Procesamiento de imágenes para Mildiu	84
4.9.	Procesamiento de imágenes para DAMPER	85
4.10.	Análisis de los resultados de Parámetros Ambientales y del Suelo	85
4.10.1.	Análisis de temperatura y humedad del ambiente	85
4.10.1.1.	<i>Semana del 25 al 31 de mayo del 2023</i>	87
4.10.1.2.	<i>Semana del 01 al 15 de junio del 2023</i>	87
4.10.1.3.	<i>Semana del 16 al 30 de junio del 2023</i>	88
4.10.1.4.	<i>Semana del 01 al 15 de julio del 2023</i>	88
4.10.1.5.	<i>Semana del 16 al 31 de julio del 2023</i>	89
4.10.1.6.	<i>Semana del 01 al 08 de agosto del 2023</i>	89
4.10.2.	Análisis de Radiación Solar	90
4.10.3.	Análisis de humedad del suelo	91
4.10.3.1.	<i>Mediciones del Sensor de Humedad #1</i>	92
4.10.3.2.	<i>Mediciones del Sensor de Humedad #2</i>	94
4.10.3.3.	<i>Mediciones del Sensor de Humedad #3</i>	96
4.10.3.4.	<i>Mediciones del Sensor de Humedad #4</i>	98
4.11.	Análisis de resultados por plaga DAMPER/MILDIU	100
4.11.1.	Análisis plaga DAMPER	104
4.11.2.	Análisis plaga MILDIU	106
4.11.3.	Estado de Salud final del Brócoli	107
	CONCLUSIONES	110
	RECOMENDACIONES	111

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Frecuencias de LoRaWAN por regiones en el mundo.	18
Tabla 2-2: Tipos de Base de Datos relacional y no relacional.	33
Tabla 3-2: Valores Nutricionales del Brócoli.	36
Tabla 1-3: Tabla comparativa de software de procesamiento.	57
Tabla 2-3: Comparativa entre tarjetas de desarrollo.	63
Tabla 3-3: Likert de las tarjetas de desarrollo.	64
Tabla 1-4: Promedio por día, Humedad y Temperatura Ambiente.	86
Tabla 2-4: Promedio por día, Radiación UV Ambiente.	90
Tabla 3-4: Promedio por Día, Humedad Sensor 1.	92
Tabla 4-4: Promedio por Día, Humedad Sensor 2.	94
Tabla 5-4: Promedio por Día, Humedad Sensor 3.	96
Tabla 6-4: Promedio por Día, Humedad Sensor 4.	98

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-1: Comportamiento de las ventas de brócoli entre los años del 2014 al 2021.	4
Ilustración 2-1: Esquema del Proyecto a realizarse.....	8
Ilustración 1-2: Arquitectura de seis capas de IoT.....	10
Ilustración 2-2: Arquitectura SOA.....	11
Ilustración 3-2: Transponder RFID.....	13
Ilustración 4-2: Arquitectura Bluetooth.....	16
Ilustración 5-2: Capas de 802.15.4 y Zigbee.....	16
Ilustración 6-2: Arquitectura desarrollada por NFC Forum.....	17
Ilustración 7-2: Arquitectura LoRaWAN.....	19
Ilustración 8-2: Arquitectura de red de NB-IoT.....	20
Ilustración 9-2: Esquema WSN.....	21
Ilustración 10-2: Elementos WSN.....	22
Ilustración 11-2: Plataforma de gestión y seguimiento agrícola.....	24
Ilustración 12-2: Configuración del sistema usando HTTP.....	25
Ilustración 13-2: Configuración del sistema usando HTTP.....	25
Ilustración 14-2: Capas OPC UA.....	27
Ilustración 15-2: HTTP Izquierda y CoAp Derecha.....	27
Ilustración 16-2: Formato Mensaje CoAP.....	28
Ilustración 17-2: Esquema DDS.....	29
Ilustración 18-2: Arquitectura AMQP.....	30
Ilustración 19-2: Comunicación Websocket.....	30
Ilustración 20-2: Servicios de Websocket.....	31
Ilustración 21-2: Arquitectura von Neumann.....	32
Ilustración 22-2: Arquitectura Harvard.....	33
Ilustración 23-2: Formas del Brócoli.....	35
Ilustración 24-2: Oruga de <i>Plutella xylostella</i> y daños en hoja.....	39
Ilustración 25-2: Adulto y oruga de <i>Pieris brassicae</i>	39
Ilustración 26-2: Daños <i>Delia radicum</i>	40
Ilustración 27-2: Daños <i>Aleyrodes proletella</i>	40
Ilustración 28-2: Síntomas en haz de la Hoja.....	41
Ilustración 29-2: Síntomas en haz de la Hoja.....	41
Ilustración 30-2: Síntomas en haz de la Hoja.....	42
Ilustración 31-2: Elementos en las tarjetas de desarrollo.....	46
Ilustración 32-2: Datasheet ESP32.....	47

Ilustración 33-2: Datasheet ESP8266.....	48
Ilustración 34-2: Datasheet Arduino-Uno	49
Ilustración 35-2: Raspberry Pi 4b 2Gb RAM.....	50
Ilustración 36-2: Conexión y Pines del sensor DHT11	51
Ilustración 37-2: Conexión y Pines del sensor SHTxx.....	52
Ilustración 38-2: Conexión y Pines del sensor ML8511	52
Ilustración 39-2: Índice de Radiación Ultravioleta	53
Ilustración 40-2: Raspicam de 5Mp	54
Ilustración 41-2: Especificaciones Arducam 64Mp	54
Ilustración 1-3: Arquitectura general del sistema IoT para el monitoreo de cultivos de brócoli	55
Ilustración 2-3: Vista aérea del lugar.	56
Ilustración 3-3: Servidor LAMP.....	57
Ilustración 4-3: Servidor Dell i5 Sexta Generación.	58
Ilustración 5-3: Especificaciones Servidor Dell i5 Sexta Generación.....	58
Ilustración 6-3: Estado de root en MySQL.....	59
Ilustración 7-3: Página de PhPMyAdmin.....	60
Ilustración 8-3: Modelo de color HSV.	62
Ilustración 9-3: Configuración de pktriot.	63
Ilustración 10-3: Sensor de Humedad y temperatura FS400-SHT35.....	65
Ilustración 11-3: Sensor de Humedad y temperatura FS304-SHT31.....	65
Ilustración 12-3 Sensor UV ML8511.	65
Ilustración 13-3: Dashboard Monitoreo Ambiental.	66
Ilustración 14-3: Dashboard Monitoreo Suelo.	66
Ilustración 15-3: Dashboard Imágenes.....	67
Ilustración 16-3: Cajas Impermeable IP55 (Nodos Suelo).....	67
Ilustración 17-3: Elementos internos (Nodos Suelo).....	68
Ilustración 18-3: Elementos internos (Nodos Ambiental).....	68
Ilustración 19-3: Arducam 64Mpx y Raspberry pi 4b.....	69
Ilustración 20-3: Central de Recursos.	69
Ilustración 21-3: Nodo Suelo.	70
Ilustración 22-3: Nodo Ambiente e Imágenes.....	71
Ilustración 23-3: Sistema IoT.	71
Ilustración 24-3: Ventana Monitoreo Ambiental.	72
Ilustración 25-3: Ventana Monitoreo Suelo.	72
Ilustración 26-3: Ventana Imágenes.....	73
Ilustración 27-3: Estado del Túnel en packetriot.net.....	74

Ilustración 1-4: Estado de Apache.....	75
Ilustración 2-4: Estado de MySQL.....	76
Ilustración 3-4: Estado de Node-Red	76
Ilustración 4-4: Estado del Túnel en Linux.	77
Ilustración 5-4: Estado del Túnel en packetriot.net.....	77
Ilustración 6-4: DNS público y puerto de Node-red	78
Ilustración 7-4: Puerto SFTP.....	78
Ilustración 8-4: Información general del túnel.	78
Ilustración 9-4: Información HTTP/TCP del túnel.	79
Ilustración 10-4: Comunicación de Túnel por TLS.....	79
Ilustración 11-4: Comunicación de Websocket.....	80
Ilustración 12-4: Métricas en packetriot.net.....	80
Ilustración 13-4: Ancho de banda en Gatazo.	81
Ilustración 14-4: Ancho de banda en el servidor.....	81
Ilustración 15-4: Tiempo en tomar la foto.....	82
Ilustración 16-4: Tiempo enviar la foto al servidor.....	82
Ilustración 17-4: Tiempo procesar la imagen.....	83
Ilustración 18-4: Nodos encargados de ejecutar man.sh	83
Ilustración 19-4: Archivos que ejecuta man.sh	83
Ilustración 20-4: Librerías en pdix.py	84
Ilustración 21-4: Cambio de formato RGB a HSV.	84
Ilustración 22-4: Detección de MILDIU.	84
Ilustración 23-4: Detección de DAMPER.....	85
Ilustración 24-4: Humedad y Temperatura 25-31 de mayo.....	87
Ilustración 25-4: Humedad y Temperatura 01 - 15 de junio.	87
Ilustración 26-4: Humedad y Temperatura 16 - 30 de junio.	88
Ilustración 27-4: Humedad y Temperatura 01 - 15 de julio.	88
Ilustración 28-4: Humedad y Temperatura 16 - 31 de julio.	89
Ilustración 29-4: Humedad y Temperatura 01 -08 de agosto.	89
Ilustración 30-4: Radiación del 25 de mayo al 02 de julio.....	91
Ilustración 31-4: Radiación del 02 de julio al 08 de agosto.	91
Ilustración 32-4: Sensor 1, del 25 de mayo al 22 de junio.	93
Ilustración 33-4: Sensor 1, del 23 de junio al 14 de julio.....	93
Ilustración 34-4: Sensor 1, del 14 de julio al 08 de agosto.....	93
Ilustración 35-4: Sensor 2, del 25 de mayo al 22 de junio.	95
Ilustración 36-4: Sensor 2, del 23 de junio al 14 de julio.....	95

Ilustración 37-4: Sensor 2, del 14 de junio al 08 de agosto.....	95
Ilustración 38-4: Sensor 3, del 25 de mayo al 22 de junio.	97
Ilustración 39-4: Sensor 3, del 23 de junio al 14 de julio.....	97
Ilustración 40-4: Sensor 3, del 14 de julio al 08 de agosto.....	97
Ilustración 41-4: Sensor 4, del 25 de mayo al 27 de junio.	99
Ilustración 42-4: Sensor 4, del 27 de junio al 17 de julio.....	99
Ilustración 43-4: Sensor 4, del 17 de julio al 08 de agosto.....	99
Ilustración 44-4: Foto en BGR.	100
Ilustración 45-4: Foto en RGB	101
Ilustración 46-4: Fotos en HSV.....	101
Ilustración 47-4: Plaga DAMPER.....	102
Ilustración 48-4: Plaga MILDIU.	102
Ilustración 49-4: Foto Junio -14 15pm.	103
Ilustración 50-4: Foto Julio -11 08 am.	103
Ilustración 51-4: Foto Julio-30 13 pm.....	104
Ilustración 52-4: DAMPER junio-14 15pm	104
Ilustración 53-4: DAMPER Julio-11 08am.....	105
Ilustración 54-4: DAMPER Julio-30 13pm.....	105
Ilustración 55-4: MILDU Junio-14 15pm	106
Ilustración 56-4: MILDU Julio-11 08am	106
Ilustración 57-4: MILDIU Julio-30 13pm.....	107
Ilustración 58-4: Planta de Brócoli afectada con DAMPER.	107
Ilustración 59-4: Planta de Brócoli afectada con MILDU.....	108
Ilustración 60-4: Planta de Brócoli sana.....	108
Ilustración 61-4: Raíz de Brócoli afectada.	109
Ilustración 62-4: Raíz de Brócoli sana.	109

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: Cultivo de Brócoli 3 semanas

ANEXO B: Humedad y Temperatura en un Día

ANEXO C: Consumo de almacenamiento en el Servidor

RESUMEN

Las plagas afectaron los cultivos de brócoli en Colta, zona clave para el cultivo de esta verdura. Su impacto negativo en el crecimiento produjo frutos pequeños y tallos muertos, debilitando la producción. Por lo tanto, el objetivo de este estudio se enfocó en la predicción y detección temprana de las plagas DAMPER y MILDIU en cultivos, con énfasis en el cultivo de brócoli. El propósito fue emplear tecnologías avanzadas y herramientas de software para mitigar las pérdidas económicas en la agricultura. La plataforma Node-RED desempeñó un papel crucial en este proyecto, permitiendo la gestión integral del sistema IoT. Esta herramienta facilitó la visualización en tiempo real de los datos agrícolas y la ejecución de comandos para anticipar y detectar plagas. Asimismo, Python se utilizó para gestionar imágenes, mejorando la detección temprana de las plagas en su fase inicial. La adquisición de datos en tiempo real se realizó mediante sensores IoT que miden parámetros clave como humedad, radiación y temperatura. Node-RED actuó como el centro de control y monitorización, tomando decisiones informadas para prevenir daños en los cultivos. El proceso involucró varias etapas: la recopilación de datos en tiempo real, el uso de Node-RED para el control y la captura de imágenes cuando se sospecha la presencia de plagas. Estas imágenes se almacenaron en un servidor en la nube, donde un software de procesamiento de imágenes identificó la presencia de plagas como DAMPER y MILDIU. Los resultados de este estudio concluyen en destacar la relevancia de adoptar soluciones tecnológicas basadas en IoT y procesamiento de imágenes para la predicción y detección de plagas en el brócoli. Se recomienda la integración de sensores, software y análisis en tiempo real que es fundamental para tomar medidas preventivas y salvaguardar la producción agrícola de manera efectiva.

Palabras clave: <PYTHON (software)>, <OPENCV>, <SERVIDORES>, <TÚNELES>, <ARDUCAM>, <NODOS>, <PLAGAS>, <WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN)>.



SUMMARY

The plagues affected broccoli crops in Colta, a key area for the cultivation of this vegetable. Their detrimental impact on growth resulted in small fruits and dead stems, weakening the production. Therefore, this study focused on predicting and detecting DAMPER and MILDEW pests in crops, emphasizing broccoli cultivation. The purpose was to employ advanced technologies and software tools to mitigate economic decline in agriculture. The Node-RED platform played a crucial role in this project, enabling comprehensive management of the IoT system. This tool facilitated real-time visualization of agricultural data and the execution of commands to anticipate and detect pests. Additionally, Python was used to handle images, enhancing early detection of pests in their initial phase. Real-time data acquisition was carried out through IoT sensors measuring key parameters such as humidity, radiation, and temperature. Node-RED acted as the control and monitoring center, making informed decisions to prevent crop damage. The process involved several stages: real-time data collection, use of Node-RED for control, and capturing images when pests were suspected. The images were stored on a cloud server, where image processing software identified the presence of DAMPER and MILDEW pests. The findings of this study emphasize the importance of adopting IoT-based technological solutions and image processing to predict and detect pests in broccoli. Integrating sensors, software, and real-time analysis is recommended, which is essential for taking preventive measures and effectively safeguarding agricultural production.

Keywords: <PYTHON (SOFTWARE)>, <OPENCV>, <SERVERS>, <TUNNELS>, <ARDUCAM>, <NODES>, <PESTS>, <WIRELESS SENSOR NETWORKS (WSN)>.



Lenin Iván Lara Olivo
0602546103

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto se fundamenta en las enfermedades y plagas que directamente están perjudicando los cultivos de brócoli en Ecuador. Desde 2010, el brócoli se erige como uno de los principales productos de exportación del país, con una producción destacada y una adaptación exitosa a diversos climas en la sierra ecuatoriana. Estas plagas comparten un rasgo común: su influencia perjudicial en el crecimiento adecuado de las plantas. Esto resulta en un desarrollo deficiente, generando frutos pequeños e inadecuados para la comercialización, lo que a su vez impacta negativamente en los ingresos de los agricultores. Para abordar esta problemática, es crucial analizar en detalle las causas que la originan, como los niveles elevados de humedad y las bajas temperaturas en los cultivos. Debido a la constancia de estos factores, las plagas como el DAMPER y el MILDIU tienen mayores posibilidades de proliferar en gran parte de la plantación.

Desde el inicio de la expansión de las exportaciones en Ecuador, esta problemática ha estado perjudicando la economía de los cultivadores de brócoli a nivel nacional. Si no se identifica y aborda a tiempo, estas plagas se propagan en los campos de cultivo. La detección de estas plagas se realiza de manera manual, con los agricultores dedicando tiempo diario a observar su presencia. Esto implica una asignación inadecuada de tiempo que puede ser usada en los otros cultivos.

En la parte teórica del proyecto, se realizó entrevistas directas con los agricultores para conocer de mejor manera como estas plagas afectan al brócoli además de entender su propagación en la plantación. Todo esto en conjuntos se corroboró en la parte científica mediante las consultas de artículos científicos y fuentes bibliográficas con lo que se determinó que la humedad y temperatura son los factores para tomar en cuenta. Utilizando sensores que miden en tiempo real la humedad, temperatura y radiación del cultivo, en conjuntos la administración por parte de un sistema IoT que gestiona todos los recursos necesarios para la predicción y posterior detección de las plagas mediante el uso de la cámara instalada en un sector del cultivo. Todo el sistema de sensores tomaba muestras cada 2 segundos que suben la información al servidor en nube establecido en el proyecto técnico.

El diseño e implementación consta de, la instalación de los sensores de humedad en el cultivo además de la adaptación para la instalación de la cámara en un poste de gran elevación permitiendo así la captura de imágenes más amplias y con más detalles, que se envían al servidor en la nube para su posterior tratamiento y visualización en el Dashboard del sistema.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DE PROBLEMA

1.1. Planteamiento del problema

1.1.1. Antecedentes

En el mundo la producción de los distintos productos agrícolas está aumentando en gran medida como respuesta al aumento poblacional que se está dando conforme pasan los años, se tiene en cuenta que este es uno de los principales problemas para la agricultura actual a gran escala. Misma que se ha visto afectada por la forma como se cultiva de manera tradicional desde tiempos pasados, y no innovando en nuevos métodos, tecnologías y sobre todo en nuevos campos de producción. Como lo serían los cultivos basados en Internet de las cosas (por sus siglas en inglés, IoT) que ofrecen un gran avance tecnológico en el cultivo actual que se queda estancado en la nueva era moderna. Los agricultores en la actualidad carecen de los dispositivos e implementos que ayuden a mejorar los cultivos, y el estilo de crecimiento que le dan a cada una de las plantas que se están sembrando en la tierra, por el mismo motivo en la falta de dispositivos electrónicos que permitirían al agricultor tener un mejor control de los cultivos que tiene en sus terrenos, no estén utilizados de manera masiva por la falta de información en cómo utilizarlos a gran o mediana escala para un mejor beneficio tanto económico como productivamente en todos los cultivos que se están dando en el mundo. (Guerrero, et al., 2017: pp.53-58)

El IoT es un nuevo campo de la tecnología que permitirá tener muchos más grandes avances en la gestión y correcto uso de los recursos que se tiene a disposición en cada uno de los cultivos que están esparcidos en todo el mundo.

Ahora en la actualidad se tiene una gran necesidad de la optimización de todos los recursos ya sean naturales, tecnológicos y no naturales. Para que esta gestión sea la más correcta de todos los recursos que se tienen en la agricultura, le permitan tener uno de los mejores cultivos al momento de implementar las nuevas tecnologías e IoT, además de la precisión correcta de optimizar el agua, el suelo, electricidad y todo lo necesario para un cultivo sea lo justo y necesario para que todas las plantaciones produzcan mucho más con menos recursos utilizados. Y así tener como efecto inmediato un ahorro económico, y sobre todo una ayuda al medio ambiente, dado que así ya no se contaminará cómo ahora en la actualidad. (Guerrero, et al., 2017: pp. 53-58)

En agricultura ecuatoriana la implementación y utilización del IoT para mejorar los cultivos existentes en el país y los próximos a existir, no están muy bien aprovechados en gran medida, el uso del IoT en los sectores agrícolas ecuatorianos permitirá establecer nuevos rumbos con el fin de obtener mejores ganancias, optimizar recursos para mejorar la planta y su productividad a lo largo de toda la vida útil de esta.

La correcta implementación del IoT en el sector agrícola ecuatoriano que es uno de los segundos generadores económicos del país y tiene una de las grandes desventajas que es el uso adecuado al momento de implementar estos sistemas automatizados, que por la falta de conocimiento e información en el correcto uso del IoT no se está dando con mejores resultados de cosecha en productos agrícolas, en la actualidad pero a futuro junto con el avance tecnológico y la globalización mundial, el estado ecuatoriano está proveyendo la correcta información y fomentando proyectos de investigación e implementación junto con IoT en los cultivos agrícolas.(Laverde y Laverde, 2021: pp. 2-4)

En el país existen muchas tecnologías que nos permiten optimizar y mejorar la productividad agrícola nos están dando un correcto uso, porque se piensa que la implementación de estos equipos automatizados en los cultivos agrícolas, tendrían un nivel de inversión bastante alto mismo que no es verdad, Aunque los costos de estos equipos son un poco elevados hay que tener en cuenta que hay nuevas tecnologías y avances tecnológicos que hacen que los nuevos equipos de última generación sean más accesibles tanto económicamente junto con su respectiva implementación de manera más fácil y coordinada. Por ejemplo, una de las afectaciones en las plantaciones de distintos productos como lo son el brócoli, la papa, tomate de árbol, etc. Presentan síntomas de distintas enfermedades y plagas características en la hoja de cada uno de estos cultivos mismo que se puede tratar y corregir a tiempo mediante los dispositivos de medición y control IoT cómo son los sensores de humedad, temperatura, radiación y además con el uso correcto para procesar ciertas imágenes y obtener mejores resultados para conocer la gravedad de afectación en la planta.

En la actualidad la agricultura de precisión utilizando elementos IoT, es un método agronómico basado en el manejo de toda la información de dichos cultivos a partir de la variabilidad que existe en los mismos que pueden realizarse a través de elementos detección de parámetros ambientales y monitoreo a través de vehículos aéreos no tripulados que permiten la toma de muestras para su posterior análisis mediante software que dan una comparativa en la adquisición de los datos variables o fijos como lo son las imágenes. El procesamiento de imágenes se lo hace a través de distintos programas como lo son Matlab, Python o java. (Bautista et al., 2019: p. 30)

Como indica Jeannette Laverde y Carlos Laverde en el artículo “Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego” (Laverde y Laverde, 2021: pp. 2-4), implementaron un sistema IoT en el cual se recolectan todos los datos obtenidos por los sensores de humedad y temperatura, mismos que eran conectados a un nodo ESP- Espressif que administraba los datos y posteriormente los almacena en una nube y muestra todos los resultados obtenidos en tiempo real por cada uno de los sensores en unas gráficas establecidas correspondientes a los datos medidos.

Como indica Jimmy Báez en su Tesis “Procesamiento de imágenes del cultivo de un terreno con visión artificial para el cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada”, elaboró un software basado en Python cuyo fin fue el procesamiento digital de imágenes previamente obtenidas de unos cultivos para determinar el índice de vegetación normalizada de un cultivo y así obtener distintos parámetros necesarios en el cual se da a conocer el estado completo de una planta, como lo son las enfermedades y el crecimiento correcto de la misma además de tomar en cuenta el mapeo de parcelas enteras gracias al uso de drones, que optimizan el tiempo de las captura de las imágenes para posteriormente procesarlas con el software elaborado en este proyecto mencionado. (Báez, 2021: pp. 27-28)

En los cultivos de brócoli en el Ecuador ha estado en una decreciente venta en Tm(Tonelada Métrica) de estos por el aumento de más terrenos que cultivan este producto, aumentando en gran medida las plagas y enfermedades que pueden adquirir durante todo el periodo de crecimiento de estos, en el ecuador la producción y venta de brócoli se observa en la siguiente Ilustración 1-1 tomada del Instituto Nacional de Estadística y Censos (por su siglas, INEC) y de la Encuesta de superficie y producción agropecuaria continua (por su siglas, ESPAC), en el cual se observa como por enfermedades nuevas las ventas disminuyen, dado que el brócoli al verse afectado su sabor, textura y color es diferente: (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2021)

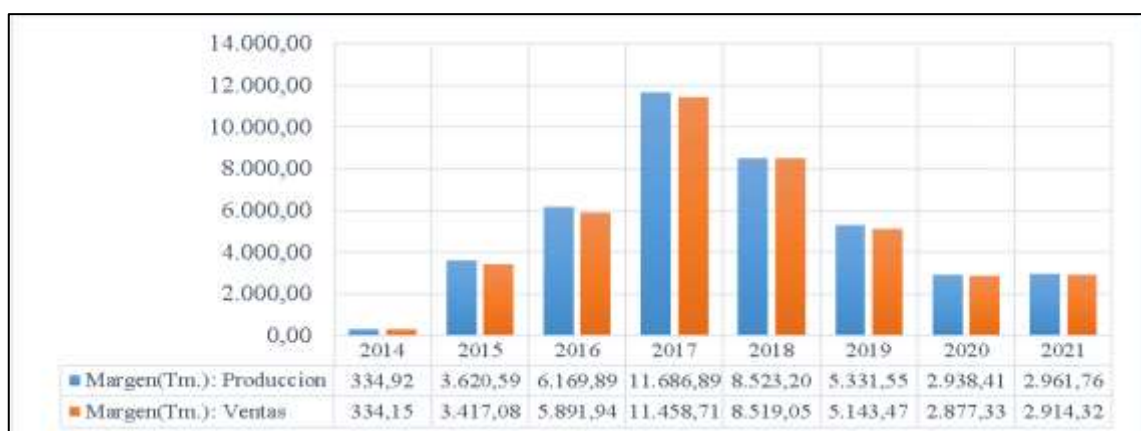


Ilustración 1-1: Comportamiento de las ventas de brócoli entre los años del 2014 al 2021.

Fuente: (Instituto Nacional de Estadística y Censo, 2021)

1.1.2. Formulación del problema

¿Es factible la detección correcta de las afecciones DAMPER/MILDIU mediante dispositivos IoT y procesamiento de imágenes?

1.1.3. Sistematización del problema

¿Existe material bibliográfico para la elaboración correcta del algoritmo en procesamiento de imágenes en plantas de brócoli?

¿Es factible la creación de un sistema IoT para el monitoreo de los parámetros ambientales que afectan a las plantaciones de brócoli?

¿El sistema de procesamiento de imágenes, detectará con anticipación el estado correcto de la planta?

¿Al dañarse uno de los sensores, como se puede evitar la malinterpretación de los datos?

1.2. Justificación

1.2.1. Justificación Teórica

El brócoli es una hortaliza que se cultiva en gran parte del mundo, principalmente en Ecuador los cultivos de brócoli han sido de una manera más transitorias entre los años 2017 y 2019 se sembraron más o menos un promedio de 90,000 hectáreas de este cultivo, la cual es consumida principalmente en los países de Asia por sus altos beneficios para la salud. En el mundo este tipo de plantas es consumido en gran parte por China donde es uno de los más altos países consumidores de este tipo de hortalizas a nivel mundial, el margen promedio de cosecha de este tipo de cultivos es del 99.8% de su siembra además de tener en cuenta que entre cuando se siembra y la cosecha lleva alrededor de 90 a 100 días. (Sánchez, et al., 2020: p. 1)

Las plantaciones actuales en el Ecuador de brócoli están representando mayores exportaciones por detrás del guineo o banano, de este tipo de cultivos mayormente realizados en la parte de la Sierra que por el clima favorable y tipo de suelo muy fértil se cultiva en gran medida. Aunque sin tener en cuenta las distintas afectaciones que puede tener este tipo de cultivos como lo son plagas naturales como la moscas Delia, los días largos sin exposición al sol que favorecen la presencia de hongos y distintos agentes patógenos relacionados a la calidad del clima además de las afectaciones tipo MILDIU, que es un tipo de hongo presente en él brócoli por la falta de radiación solar vinculado a los largos periodos de lluvia o neblina que hacen que este tipo de hongos se

reproduzcan en gran medida en las plantaciones de brócoli que hacen presentar un tipo de coloración amarillenta en las hojas y en el tallo por la falta de sol. Las afectaciones por DAMPER o comúnmente llamada hoja de color morado de manera local es una afectación la cual se presenta cuando la planta está atacada por un tipo de plaga el de tipo insecto cómo es la mosca Delia que hace que la gran parte de los cultivos si no se controla a tiempo y no se tiene las medidas preventivas se puede perder todo el cultivo o gran parte de él.

Considerando todos los efectos negativos que pueden presentar este tipo de afectaciones ambientales o de insectos, existe la necesidad de automatizar los procedimientos adecuados y necesarios para mantener al control de este tipo de plagas con los estudios necesarios para realizar un correcto monitoreo para la detección, prevención y correcta aplicación de los distintos métodos para eliminar estas plagas en los cultivos de brócoli en el Ecuador, utilizando la detección de las plagas por procesamiento digital de imágenes el monitoreo de los distintos parámetros ambientales como lo son la temperatura, humedad e irradiación solar en distintos dispositivos de medición para la correcta implementación de un sistema IoT que nos permita mantener el control todos parámetros en los cultivos de brócoli. (Santillán, 2021: pp. 23-25)

Como se mencionó en los antecedentes, los trabajos realizados en sistemas de monitoreo de cultivos se usaron elemento IoT para adquirir los datos y mostrarlos en una red local en tiempo real, mismo que tienen un respaldo, es decir que todos estos datos sean guardados en un dispositivo de almacenamiento para su posterior estudio y futura evaluación en otros proyectos. Además, los trabajos aplicativos para la detección de distintas enfermedades y plagas con procesamiento de imágenes ya sean estas RGB o multiespectrales con hasta 10 bandas de colores que requieren uso de cámaras especiales y/o elementos como son drones, en su gran mayoría el procesador de imágenes que se usa es Matlab y Python.

En la elaboración de este proyecto se toma en cuenta estos dos parámetros como lo son el sistema de monitoreo IoT en tiempo real en conjunto el almacenamiento de datos para el estudio durante todo el proceso de crecimiento de la planta, además de usar Python como herramienta de procesamiento de imágenes, se da un gran importancia por el estudio del brócoli desde el momento de cultivarlo hasta el momento de cosecharlo, para así obtener todos los datos necesarios y determinar las afectaciones que le ocurren a este cultivo.

Por estos motivos, además de las crecientes afectaciones que se observan en los datos del INEC, se elaborara este proyecto como una solución más económica para que estas enfermedades sean corregidas en un inicio y todo el cultivo pueda ser cosechado y vendido.(Instituto Nacional de Estadística y Censos, 2021).

1.2.2. Justificación Aplicativa

Debido a los problemas de estos cultivos, es necesaria la implementación de un sistema IoT que mida e indique cuan afectada se encuentra una planta de brócoli durante el proceso de crecimiento en la cual se desea la pronta detección de las enfermedades en la planta, con este método tecnológico que es necesario para un experto en agricultura que le ayudará a detectar de una manera más rápida y eficaz estas enfermedades en las plantas de brócoli. Además de ayudar al agricultor que, aunque no posea muchos conocimientos necesarios de estos dispositivos y utilice los conocimientos empíricos que le han sido heredados a lo largo de su vida por herencia de conocimientos de su familia durante generaciones, se ve la necesidad de un sistema automático de fácil instalación e implementación económicamente viable para que el agricultor mejore y optimice mejor los recursos naturales y económicos que posee.

Para la elaboración de este proyecto, es necesario tener los conocimientos adecuados en el tema de procesamiento digital de imágenes, para el cálculo en la obtención de datos necesarios encontrar las afectaciones por la plaga presente en la hoja de brócoli además del estudio de distintos repositorios para el conocimiento y comprensión de los datos obtenidos y procesados de manera correcta con el cual se diseñará el sistema de procesamiento y dando como resultado la obtención de los parámetros necesarios para conocer el estado correcto de salud de la planta.

El monitoreo de los parámetros ambientales como la radiación, temperatura y humedad del suelo se lo elaborara con sensores, los cuales estarán enlazados a un módulo IoT que se conectara a una base de datos para su posterior almacenamiento y tratamiento en la comprobación de estos parámetros en las plantaciones. Además de conocer cómo se encuentra el cultivo durante todo el periodo, desde que se siembra hasta que se cosecha para así mediante estos dispositivos comprobar cuándo puede haber una afectación por cambios ambientales bruscos, como se observa en la siguiente Ilustración 2-1.

Una vez obtenido los parámetros ambientales con los distintos sensores y la imagen procesada correctamente en conjunto con los datos obtenidos, se procede a la correcta interpretación de todo el conjunto IoT en el cual se dará a conocer todos los resultados obtenidos y un aviso en caso de presentar algún problema por ambiente o plaga presente en el cultivo durante todo el periodo de vida de este. Por último, se busca tener de manera adecuada un margen de gasto lo más mínimo posible para que este proyecto sea viable y pueda ser replicado en futuros proyectos de agronomía y telecomunicaciones con el fin de avanzar tecnológicamente en todos estos campos para que puedan ser implementados tanto por estudiantes como profesionales con conocimiento en la materia.



Ilustración 2-1: Esquema del Proyecto a realizarse

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

1.3. Objetivos

1.3.1. General

Diseñar e implementar un sistema IoT para la detección de afectaciones tipo DAMPER y MILDIU en cultivos de brócoli mediante el procesamiento de imágenes.

1.3.2. Específicos

- Estudiar la información bibliográfica pertinente, para: procesamiento de imágenes y diseño de sistemas IoT para monitorización de parámetros ambientales en cultivos.
- Implementar un algoritmo de procesamiento de imágenes, para la detección de las plagas DAMPER y MILDIU en cultivos de brócoli.
- Diseñar e Implementar un sistema IoT para el monitoreo de temperatura, humedad, radiación solar y procesamiento de imágenes, en los cultivos de brócoli.
- Validar los datos entregados por el sistema IoT de monitoreo y procesamiento de imágenes, para la detección de las plagas DAMPER y MILDIU en cultivos de brócoli.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Sistema de Internet de las Cosas (IoT)

El IoT está evolucionando constantemente y además sigue el concepto más reciente en el mundo de las tecnologías de información, dado que estos temas son los más recientes por motivos del avance tecnológico y de conocimientos, se tiene que considerar al IoT como una red global de comunicaciones que nos permiten tener una cantidad ilimitada de dispositivos trabajando en él unísono para completar una o algunas tareas preestablecidas a los mismos. El IoT nos permite la comunicación entre todos los dispositivos que actualmente se conocen para mantener un control más llevadero de las acciones que realizamos en el día a día esto también conocido y utilizado lo que son los sensores y actuadores además de elementos integrados físicos que nos dan una mayor facilidad en la obtención de datos y procesamiento de estos. (Madakam et al., 2015: p. 165)

2.1.1. *Requisitos del IoT*

Al instante de realizar una prueba e implementación de un dispositivo IoT debemos tener en cuenta los siguientes requisitos necesarios para su uso adecuado:

- a. Demanda dinámica de los recursos
- b. Comunicación de los datos en tiempo real
- c. Facilidad de crecimiento, corre la demanda de datos
- d. Disponibilidad de archivos y aplicaciones
- e. Seguridad ante la protección de datos
- f. Consumo mínimo y eficiente de energía
- g. Acceso al sistema nube de manera remota (Madakam, et al., 2015: p. 167)

Además, se tiene 3 componentes esenciales para el procesamiento de datos en el IoT:

1. Hardware compuesto por distintos elementos de medición
2. Almacenamiento computación bajo demanda para su post procesamiento
3. Procesamiento de los datos.
4. Presentación de los datos

2.1.2. *Arquitectura de Capas en IoT*

Se espera que el avance generalizado de estos elementos en los próximos años sea mucho más grande tanto en tamaño, El protocolo TCP IP es uno de los más utilizados durante toda la arquitectura de comunicaciones entre los distintos elementos, como se puede observar en la Ilustración 1-2. (U.Farooq, et al., 2015: p. 2)

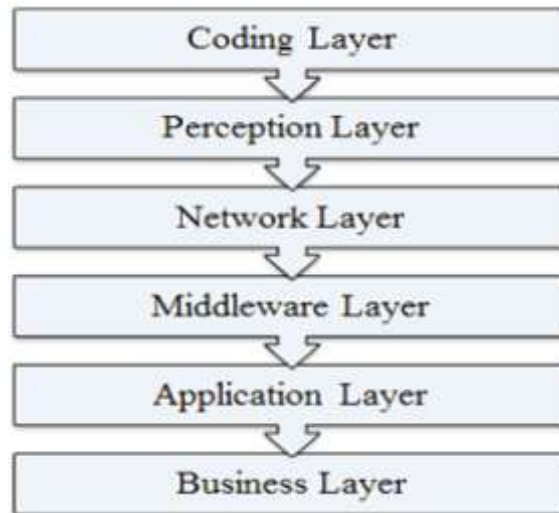


Ilustración 1-2: Arquitectura de seis capas de IoT.

Fuente: (U.Farooq, et al., 2015: p. 2)

2.1.2.1. *Capa de codificación*

En la base esencial de IoT que tiene como fin la obtención de datos de distintos objetos de interés misma capa a la cual se le asigna una identificación por cada objeto detectado.

2.1.2.2. *Capa de percepción*

Es el conjunto de elementos para la captura de datos distintas redes usando los protocolos necesarios además de la tarjeta RFID, sensores de distintos elementos y cuyo fin esta capa es la recolección de información útil y necesaria de los distintos sensores, para sí convertir esta información en señales digitales para transmitirlo en toda la red IoT.

2.1.2.3. *Capa de red*

Capa de comunicación esencial en la cual se aplican las tecnologías de IoT como lo son el Wi-Fi, Bluetooth, Wimax, Zigbee, tecnología celular, además de protocolos IP, MQTT, etc.

2.1.2.4. *Capa intermedia*

Capa de procesamiento encargada de recibir toda la información de los sensores con el fin de procesarlos utilizando todas las tecnologías de cloud computing para después estos resultados guardarlos para su posterior presentación y comparación de resultados obtenidos.

2.1.2.5. *Capa de aplicación*

Elemento visual en el cual se presentan ya los datos obtenidos de los procesamientos previos, mismo que muestra de manera gráfica y amigable como a los usuarios.(U.Farooq, et al., 2015: p. 2)

2.1.2.6. *Capa empresarial*

Capa final cuyo fin es la gestión de todas las capas IoT, además de toda la investigación relacionada con distintos modelos y aplicaciones con fines comerciales y de ánimos de lucro.

2.1.3. *Arquitectura Orientada en Servicios (SOA)*

En las nuevas tendencias existentes en el mercado actual para el uso de tecnologías basadas en servidores de consumo mediano y alto uso se utilizan nuevas arquitecturas de IoT en la optimización y tratamiento de la información, al ser una de las nuevas tendencias que se está dando, es la arquitectura orientada a servicio (como sus siglas en inglés, SOA). Además, es un modelo basado en componentes que interactúa entre sí definiendo distintos servicios para cada una de las interfaces orientando así a una red neuronal que son independientes a la plataforma que están establecidas ya sea un hardware, sistema operativo o servicio, además que SOA tiene las capacidades necesarias para implementarse como la Ilustración 2-2. (Bolo, 2006: p. 21)

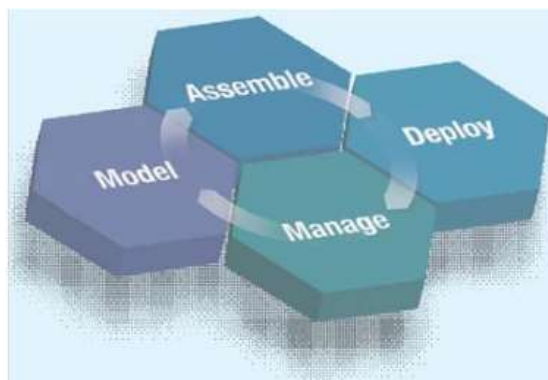


Ilustración 2-2: Arquitectura SOA.

Fuente: (Bolo, 2006: p. 24)

- **MODELAR A LOS PROCESOS DE NEGOCIO:** esta es una etapa en la cual se aplica todo el conocimiento de dicho negocio que se vaya a crear gráficamente y un modelo al cual esté sujeto además de simular todo lo necesario para su funcionamiento como lo son: costos, tiempos y recursos. (Bolo, 2006: p. 25)
- **ENSAMBLAR LOS COMPONENTES NECESARIOS:** es el método que tiene como fin el modelado antes del proceso técnico es necesario como lo son la estructura de los mensajes el uso de los protocolos no era necesario para que se pueda ejecutar.
- **PONER EN MARCHA:** es el inicio que tiene el fin de ejecutar todo el proceso de SOA tanto la infraestructura como software y hardware para su correcto funcionamiento.
- **ADMINISTRAR LOS PROCESOS:** es la monitorización de toda la ejecución de cada uno de los servicios y mantener de manera correcta el control de parámetros no deseados y ejecuciones que no estén en las óptimas condiciones.

2.1.4. *Arquitectura basada en API*

La Interfaz de programación de aplicaciones (por sus siglas en inglés, API's), es una interfaz de programación que está definida por protocolos la cual ya está elaborada y permite diseñar e integrar dicho software en aplicaciones. Esto más conocido como un servicio de préstamo vía web que para todas sus comunicaciones utiliza el modelo de arquitectura REST que es la forma de entendimiento de todas las solicitudes que existen desde una aplicación de un cliente o un usuario que se envía a través de una solicitud RestFul y permite la transferencia de información de un recurso requerido a otro por quien haya sido solicitado y toda esta información se maneja o se transporta a través de HTTP en cualquiera de los formatos que entiende esta arquitectura que es JSON, HTML XML o texto plano. (Castillo, et al., 2022: p. 31)

2.2. *Tecnologías de comunicación Inalámbricas IoT*

El IoT tuvo sus raíces de nacimiento con los dispositivos de comunicación cercana RFID que ayudó a potenciar las capacidades totales que tenía este tipo de sistemas automatizados en distintos parámetros de la vida de una persona, dando nuevos avances dentro de la industria de tic lo que nos permite nuevas tecnologías de redes y de comunicaciones de las, el IoT es basada en la red de sensores que permiten un control de todos los parámetros que se están monitorizando en tiempo real. y esto nos implica uso de nuevas tecnologías totalmente de punta. Este tipo de comunicaciones requiere la necesidad de la combinación de nuevas tecnologías y escalabilidad, para que así ya sea una empresa o una persona aplique IoT. (Madakam, et al., 2015: p. 169)

2.2.1. Identificación por radiofrecuencia (RFID)

Esta tecnología de uso simple funciona con un receptor que envía una señal continua dentro de un radio de alcance considerable, según las especificaciones técnicas que se observan de mejor manera en la Ilustración 3-2, este tipo de elementos tienen un alcance pequeño de 5 m, que es uno de los principales sistemas de comunicación inalámbricas precursor de algunos sistemas de comunicaciones.

- 32 bits transmitidos a 28 kbps
- Tardarán 0.001 segundos inserto-admitidos.
- Alcance máximo de cobertura de estos elementos es de 3 a 4 m a una puede alcanzar los 10m
- Frecuencia baja de 433 MHz (Portillo, et al., 2018: p. 31)

En Europa:

- 0,5 watos
- Alcance del sistema puede reducirse hasta los 33 centímetros.
- Se espera que este valor se incremente hasta los 2 metros, cuando la potencia máxima permitida aumente hasta 2 Watos.

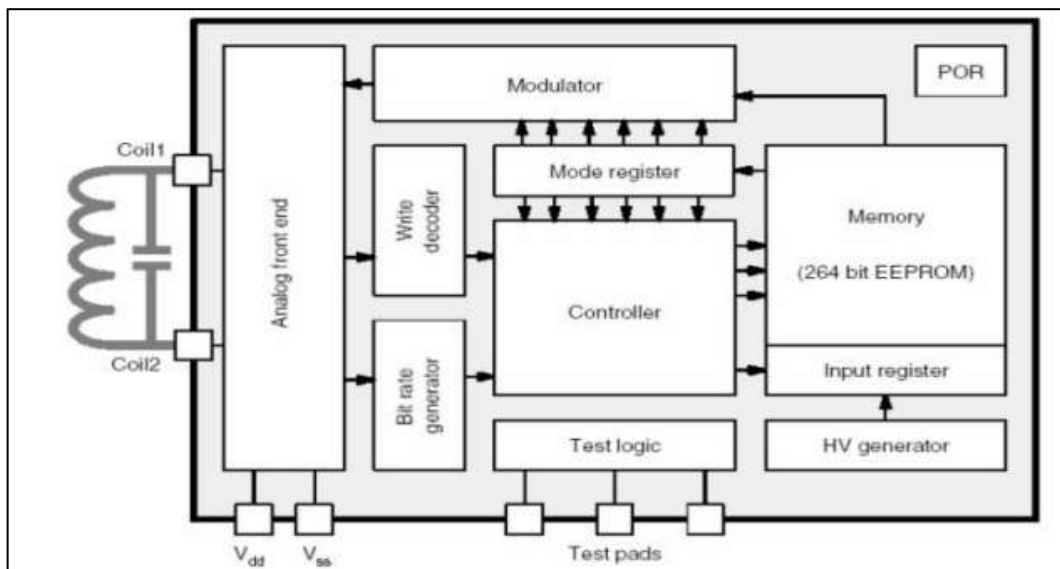


Ilustración 3-2: Transponder RFID

Fuente: (Ciudad y Samà, 2005: p. 14)

2.2.2. Protocolo de Internet (IP)

Protocolo de conexión implementado para redes de internet, que salió en los años 70, además de ser el principal protocolo de comunicaciones dentro de la red internet, sin olvidar de tomar en cuenta las 2 versiones del protocolo de internet que es el IPv4 e IPv6. (Madakam, et al., 2015: p. 170)

En TCP e IP son los dos protocolos más usados mismos que se representan en cinco niveles:

1. Aplicación: los protocolos de comunicación de archivos más usado como los son SMTP, FTP, TELNET Y HTTP.
2. Transporte: este compuesto por los protocolos TCP y UDP que maneja toda la información de los datos que fluyen por el sistema.
3. Internet: es el nivel de conexión de red para el envío de todos los paquetes de información.
4. Físico: es la parte de conexión física, es decir los puertos ethernet de conexión.
5. Red: interfaz de la red para la conexión. (Estrada Corona, 2004: p. 4)

2.2.3. Wi-Fi

Es una tecnología de red mundialmente propagada en distintas partes del mundo, Dado que la potencia de emisión no es muy alta y se puede utilizar la banda de 2.4Ghz, ya que los ejercicios que es para uso doméstico, primero se empezó con el Wi-Fi en las computadoras de escritorio, pero ahora con la tecnología se escoge distintos elementos, tenemos ya una señal de mejor calidad y potencia con respecto al nuevos routers para aumentar la comodidad en el software.

2.2.3.1. 802.11

- Esta variante, a 5 GHz,
- Velocidad de hasta 54 Mbps
- Alcance limitado a 50 metros (Roldán y Alba, 2004: pp. 68-69)

2.2.3.2. 802.11b

- Ofrece velocidades normalizadas de 11 Mbps, 5,5 Mbps, 2 Mbps y 1 Mbps
- Un alcance de 100 metros.
- Trabaja en la banda libre de 2,4 GHz

2.2.3.3. 802.11g

- Alcanza velocidades de 22 Mbps en la banda de los 2,4 GHz, a pesar de que pueden coexistir por operar en la misma banda de frecuencias, emplean esquemas de modulación incompatibles. (Roldán y Alba, 2004: pp. 68-69)

2.2.3.4. 802.11d

- Productos a 5 GHz.
- Mejoras con respecto a 802.11 en interiores.
- Mas rango de frecuencias para seleccionar.
- Estandarización para su uso a nivel internacional.

2.2.4. *Bluetooth*

Tecnología de uso económico y de corto alcance que elimina el uso inadecuado de cableado, eliminando así la excesiva cantidad de cableado y su estructura se pueden observar en la Ilustración 4-2, y se puede haber pequeñas pérdidas del sistema y no se puede calcular correctamente. (Madakam, et al., 2015: p. 170)

Características:

- Banda de Frecuencia: 2.4 GHz (Banda ISM)
- Potencia del transmisor: 1 mW para un alcance de 10 m, 100 mW, alcance de hasta 100 m.
- Canales máximos de voz: 3 por piconet
- Canales máximos de datos: 7 por piconet
- Velocidad de datos: hasta 721 kbit/s por piconet
- Rango esperado del sistema: 10 metros (40 pies)
- Número de dispositivos: 8 por piconet y hasta 10 piconets
- Alimentación: 2,7 voltios
- Consumo de potencia: desde 30 uA a 30 mA transmitiendo (González, 2008: p. 13)

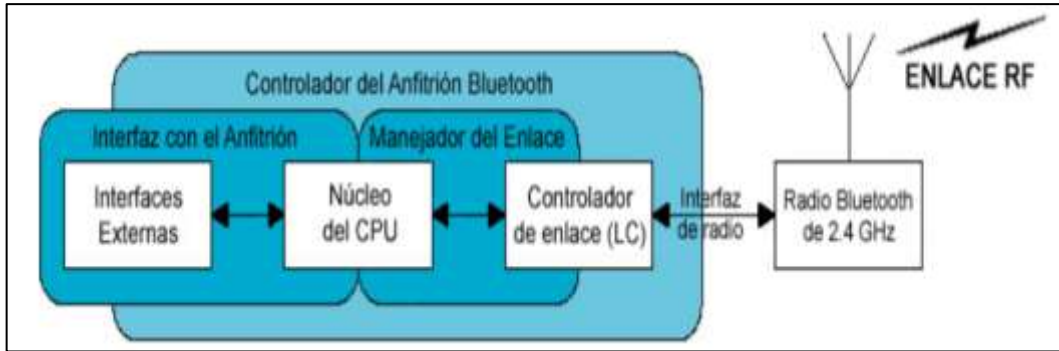


Ilustración 4-2: Arquitectura Bluetooth

Fuente: (González, A., 2008: p. 15)

2.2.5. Zigbee

Es uno de los protocolos que tiene como fin desarrollar y mejorar las redes inalámbricas dentro de un hogar, Además tiene un protocolo de red inalámbrica de baja potencia. Con alcance mayor a los 100 m y un ancho de banda de 250 kbps. (Dignani, 2012: p. 2)

Estando definido por la IEEE 802.15.4 para sus 2 primeras capas es decir las capas tanto físicas como las de MAC se pueden observar en la Ilustración 5-2, y en las cuales demostraremos sus características principales a continuación:

- Opera en las bandas de 868MHz, 915 MHz y 2.4 GHz
- Ultra bajo consumo que permita usar equipos a batería
- Bajo costo de dispositivos y de instalación y mantenimiento de ellos.
- Alcance corto (típico menor a 50 metros).
- Optimizado para ciclo efectivo de transmisión menor a 0.1 %
- Velocidad de transmisión menor que 250 kbps. Típica: menor que 20 kbps

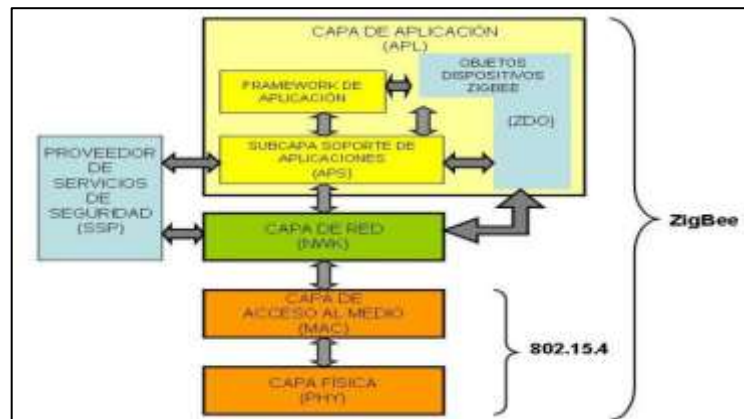


Ilustración 5-2: Capas de 802.15.4 y Zigbee

Fuente: (Dignani, 2012: p. 9)

2.2.6. Comunicación de archivos cercano (NFC)

Se trata de una tecnología inalámbrica que es una de las derivadas de RFID. Pues están presentes en la gran mayoría de elementos que se usan diariamente como lo es el transporte o sistema de seguridad en tiendas físicas, el NFC es una plataforma de uso abierto y código abierto pensada en unos inicios para los dispositivos móviles pero debido a la gran apogeo de este sistema y a la alta demanda del mismo se han hecho ligeras optimizaciones a qué hora están en los 20 cm que tienen que ponerse un dispositivo a la vez del otro transfieren a muy altas velocidades. Características técnicas de los dispositivos NFC:

- Banda frecuencia 13,56 MHz
 - Distancia de hasta 20 cm.
 - Principio de inducción electromagnética.
 - Actualmente ofrece tasas de transferencia de datos de 106, 212 y 424 Kbps.
 - NFC tiene dos modos de operación los cuales son:
 - Modo activo: ambos dispositivos (Initiator y Target) genera de manera aleatoria y alternada propio campo. (Carignano, 2017: p. 3)
 - Modo pasivo: el dispositivo Initiator genera el campo RF y el Target responde mediante la modulación de ese campo por lo que no necesita suministro de energía propio, actuando como un transponder.
- El NFC se puede comprender de mejor manera en la Ilustración 6-2 siguiente:

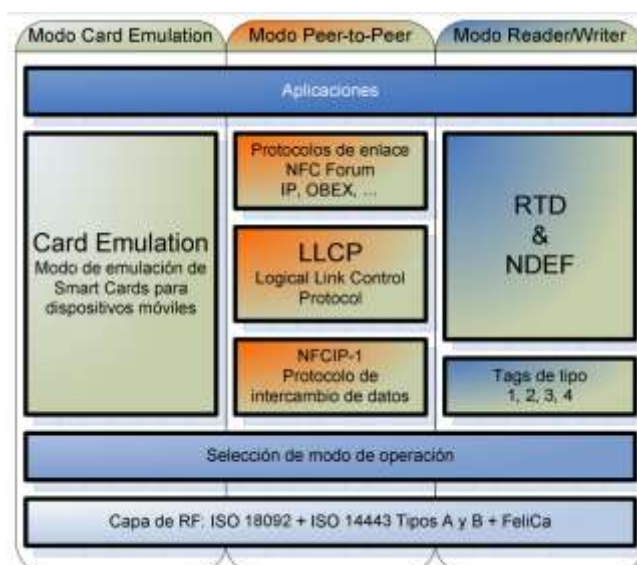


Ilustración 6-2: Arquitectura desarrollada por NFC Forum.

Fuente: (Carignano, 2017, p: 16)

2.2.7. LoRaWAN

Es una tecnología de radiofrecuencia que permite comunicaciones de distancias largas en el orden de los kilómetros, y con este elemento utilizado en forma de red como lo es el funcionamiento de la topología estrella o de punto a punto enlazado con la cantidad de módulos necesarios para la conexión lora. El uso de este elemento es por su bajo consumo y la inmunidad interferencia que tiene cada uno de sus elementos circuito tales, hay que entender que este elemento es desconexión de largas distancias para comunicaciones de datos y muy se hacen muy largas o en distancias cortas, pero con distintos parámetros de atenuación mucho más altos que en el campo.

Dentro de los parámetros esenciales de funcionamiento en el espectro radioeléctrico distintas de cada región o país al cual se está ordenando y mejorando estas normas, que se ha tomado en cuenta la región y la banda a la que operan los dispositivos lora y además junto con su ancho de banda en la siguiente Tabla 1-2:

Tabla 1-2: Frecuencias de LoRaWAN por regiones en el mundo.

REGIÓN	BANDA	ALCANCE
USA	902 a 928 MHz	<20km
Europa	863 a 870 MHz	<16km
China	779 a 878 MHz	<11km

Fuente: (Chuqui y Castro, 2022: pp. 12-17)

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Características:

- Enlace de largo alcance hasta los 15 km
- Uso adecuado de potencia muy baja con duración muy alta
- Bajo coste al momento de implementar adquirir los elementos necesarios
- El uso de seguridad AES-128 necesario para la protección
- Altamente escalable con el pasar de los tiempos. (Chuqui y Castro, 2022: pp. 12-17)

Como se puede observar en la Ilustración 7-2, tenemos todos los componentes de funcionamiento de Lora:

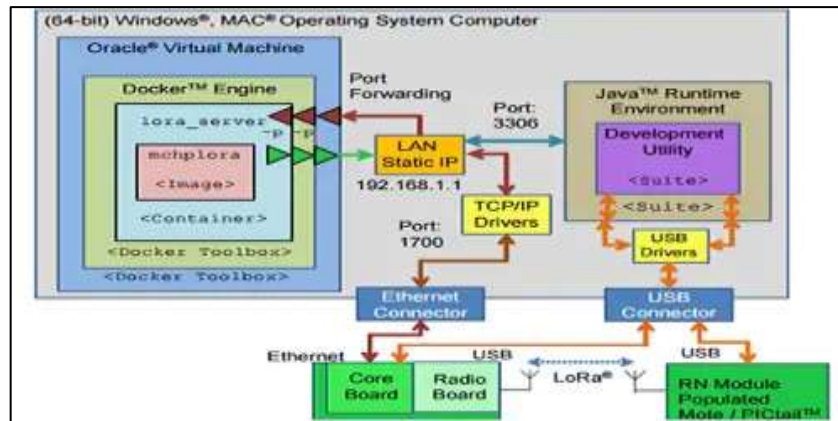


Ilustración 7-2: Arquitectura LoRaWAN

Fuente: (Pickering ,2017: p. 1)

2.2.8. SIGFOX

Amplia de muy baja potencia utilizada en dispositivos IoT más con conexiones lpWan de manera amplia y usada, es una tecnología especialmente diseñada y tratada para el IoT enfocada en que el consumo de energía y operación de esta es muy poco. trabajan a mayores velocidad existencias que las conexiones Wi-Fi y bluetooth, aunque el diseño de software está patentado y disponible el software para la operación de este sí lo está y vemos las características técnicas siguientes:

- Alimentación 3.3 V
- 170 mA en Trasmisión y 32 mA en la Recepción
- 2.5uA en reposo.
- Frecuencia RC4
- Tx: 920.8 MHz y Rx: 922.3 MHz
- Potencia Radiada máxima Tx +24 dBm
- Sensibilidad -129 dBm (Flores, et al., 2018: p. 55)

Antena Sigfox RO8605NF

- Frecuencias 860 – 930 MHz
- Ganancia 5dBi
- VSWR 2:1
- HPBW Horizontal 360° y HPBW Vertical 22°
- Potencia Máxima 50 W
- Impedancia Nominal 50 ohm
- Patrón Omnidireccional

2.2.9. NB-IoT

Tecnología de banda estrecha muy utilizada en los sistemas celulares como los GSM y LTE que se encuentran introducidas el 3GPP. Con una modulación de QPSK. Esto se basa en un sistema de evolución por paquetes mismo que le agregó un nodo de función de capacidad de exposición de servicio, para diseños de datos M2M en el cual existe dos optimizaciones enfocadas en IoT.

NB-IoT tiene las siguientes 5 partes:

- Terminal: Estos dispositivos obtienen información de los sensores para el envío de datos a las estaciones bases.
- Estación base: hace referencia al despliegue de la red LTE.
- Núcleo de la red: realiza la conexión entre las estaciones bases y la plataforma de la nube.
- Plataforma de nube IoT: hace el procesamiento de toda la información.
- Cliente: obtención de la información en tiempo real. (Orbea y Rosero, 2021: p. 45)

Como se observa en la Ilustración 8-2, tenemos las 5 partes por niveles:

- Utiliza la técnica de modulación QPSK
- Ancho de banda de 200 kHz con
- Velocidades aproximadamente de 100 kbps,
- Alcance de 10 km
- Sensibilidad de -142 dBm

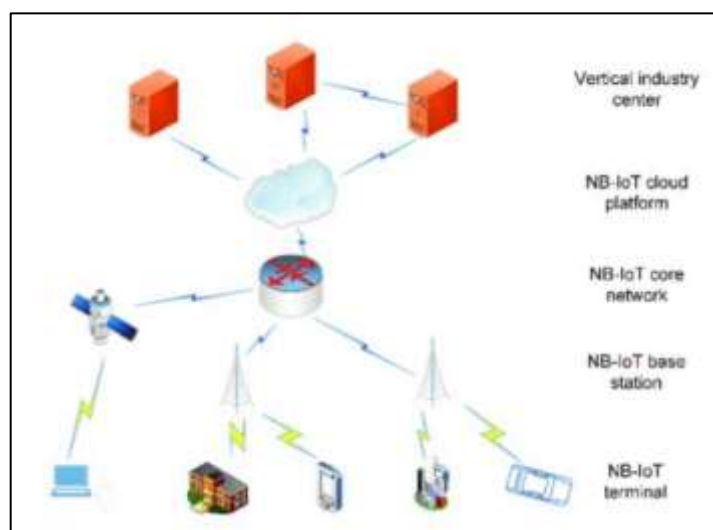


Ilustración 8-2: Arquitectura de red de NB-IoT

Fuente: (Orbea y Rosero, 2021: p. 45)

2.2.10. Actuadores

El actuador convierte la energía en movimiento, estos elementos son los necesarios y los más esenciales al momento regresar un proyecto con movilidad para generar protectores distintos elementos para que la placa no se dañe, y tus actuadores utilizan un fluido hidráulico otro elemento no muy contaminante.

2.2.11. Redes de sensores inalámbricos (WSN)

Es un tipo de red inalámbrica que trabaja de manera descentralizada a la cual se crea una red de sensores inalámbricos quien no tiene una identificación global a la gran cantidad de descargas que se realizó en el instante. (Madakam, et al., 2015: p. 171)

Las redes de sensores inalámbricos (por sus siglas en inglés, WSN), es una agrupación de pequeña y gran escala cuyo fin es la organización de grandes recursos de sensores inalámbricos establecidos en distintos nodos que permiten la conexión en simultáneo hacia un único punto, la característica principal de este tipo de redes de sensores es que tienen bajo costo y gran alcance de uso, pueden ser utilizados en distintas aplicaciones como son la medicina, la agricultura y distintos usos que requieran mediciones a largas distancias como se puede observar en la Ilustración 9-2. (Guaña, 2016: p. 11)

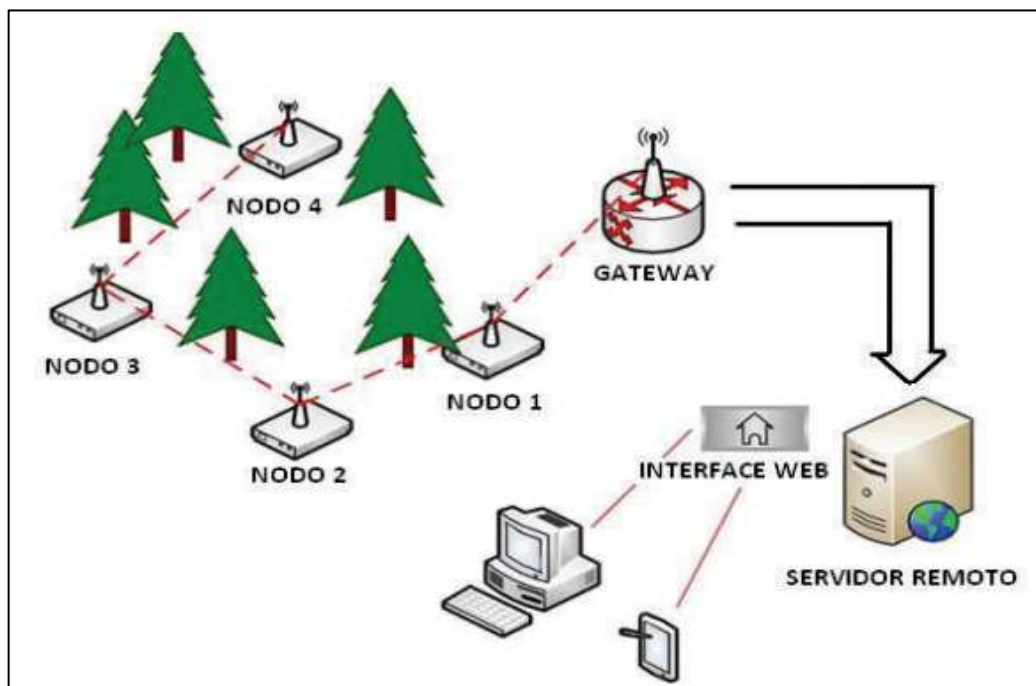


Ilustración 9-2: Esquema WSN

Fuente: (Guaña Moya, 2016, p. 11)

2.2.11.1. Características de WSN

Debido al avance que está ocurriendo en las tecnologías actuales durante cada año se produce en la miniaturización de todas las tecnologías que se utilizan actualmente además de su bajo consumo energético lo cual es una muy buena noticia al momento de utilizar y ocupar tecnologías WSN, y por cual tenemos las siguientes características:

- Dimensiones reducidas y de bajo costo.
- Bajo consumo energético.
- Condiciones ambientales extremas de uso.
- Configuración y enrutamiento automático.
- Sistemas robustos. (Guaña, 2016: p. 16)
- Movilidad y adaptabilidad de los nodos.

2.2.11.2. Elementos de WSN

Dentro de los elementos principales tenemos siguientes:

- Sensores: convierten la información obtenida en informaciones eléctricas.
- Nodos: envía toda la información hacia el modo base.
- Gateway: es el nodo de interconexión entre los nodos. (Guaña 2016: p. 18)
- Estación base: es la central de información que recolecta todo.

Todos los elementos de una red WSN se puede ver en la Ilustración 10-2.



Ilustración 10-2: Elementos WSN

Fuente: (Guaña, E., 2016: p. 17)

2.2.12. Inteligencia artificial (IA)

La inteligencia artificial en suma de los campos más grandes del mundo en ser investigado para que los robots creados con este protocolo pueden reaccionar sin ningún problema, La comunicación a esta forma se realiza mediante una conexión a internet para que se descargue y se actualice la IA. (Madakam, et al., 2015: p. 171)

Los nuevos usos de la inteligencia artificial dentro de muchos campos ocupacionales como lo son la medicina, enseñanza y agricultura dan como cabida nuevas soluciones a muchos inconvenientes y problemas que se tienen, dentro de la agricultura la inteligencia artificial cubre grandes parámetros al momento de la recolección de datos para su posterior procesamiento, un ejemplo claro de esta aplicación es el procesamiento de imágenes mediante inteligencia artificial además de las aplicaciones más destacables como son las siguientes: (Naranjo, 2022: p. 1)

- **Monitoreo de cultivos:** lo esencial de este tema es la inspección, recolección y toma de decisiones al momento de obtener datos de los cultivos que se esté monitorizando ya sea en tiempo real o con información de un día establecido que se vaya a observar, con esto podemos tomar decisiones de cómo se evolucionó el cultivo desde su inicio hasta su final.
- **Sistemas de riego automatizados:** mediante la toma de decisiones de parámetros obtenidos a través de distintos elementos, se puede hacer un sistema automático con inteligencia artificial para que riegue los cultivos en el momento adecuado que se establezca. (Naranjo, 2022: p. 1)
- **Detección de plagas:** detección de enfermedades y plagas mediante la inteligencia artificial se le puede realizar mediante sensores y elementos de imágenes como lo son cámaras que permiten la detección correcta y temprana de enfermedades.

Cómo se puede observar en la Ilustración 11-2, un sistema con procesamiento de inteligencia artificial nos permite comprender y monitorizar gran parte de todo el cultivo que se tiene.

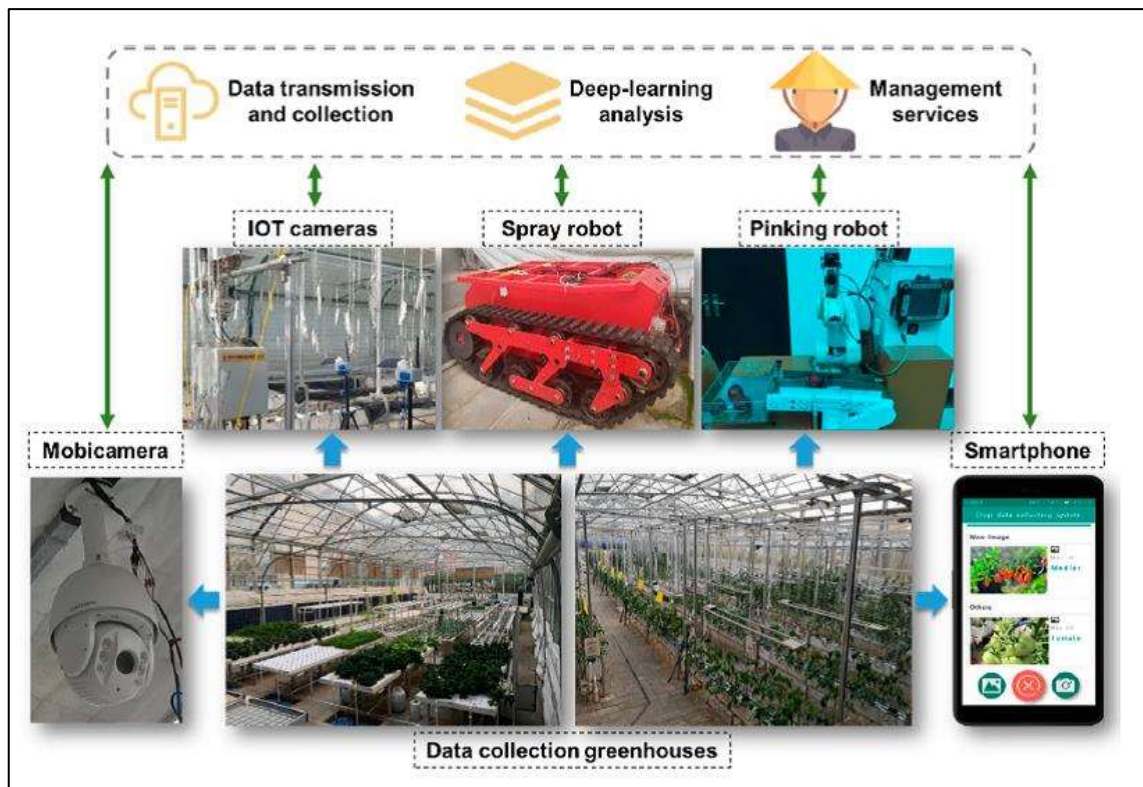


Ilustración 11-2: Plataforma de gestión y seguimiento agrícola

Fuente: (Naranjo J., 2022: p. 1)

2.3. Protocolos de comunicación IoT

2.3.1. HTTP (Protocolo de transferencia de hipertexto)

El protocolo http se usa más en aplicaciones de IoT por su facilidad al momento de las comunicaciones en transferir una gran cantidad de pequeños paquetes, que a su vez representan una gran cantidad de peticiones, así la sobrecarga del protocolo http provoca problemas muy graves por los grandes recursos que se necesitan para la apertura del enlace en cada momento.

Dado que http funciona sobre TCP-IP, tiene una comunicación más fiable y segura pero las conexiones que se establecen entre sí, se libera al momento de cada acceso es decir en cada conexión como se observa en la Ilustración 12-2, dado que los datos a los que se tiene acceso en la función habilidad de IP y las conexiones hacia la URL dichos protocolos tienen un cambio dinámico. Así gran mayoría de veces las conexiones TCP se libera por lo tanto para IoT que necesita velocidades de transferencia o respuestas mucho más rápidas, hace que el sistema se sobrecargue y los consumos para esta red sean mucho más altas en las comunicaciones más sencillas. (Yokotani y Sasaki, 2016: p. 2)

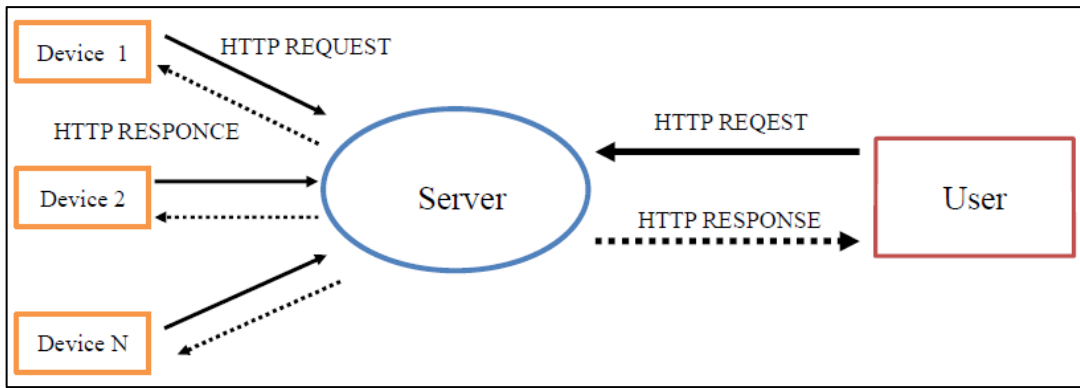


Ilustración 12-2: Configuración del sistema usando HTTP.

Fuente: (Yokotani y Sasaki, 2016: p. 2)

2.3.2. MQTT (Message Queing Telemetry Transport)

MQTT es la representación de 2 conjuntos de mensajería de conexión la cual tiene la necesidad de realizar la publicación y la suscripción de los datos que se están enviando en una red mediante el uso de los bloques para la publicación de los mensajes y la recepción de estos mismos a la suscripción, dichos bloques son considerados temas que en la recepción son identificados además de ser registrados por la suscripción como se observa en la Ilustración 13-2. MQTT tiene una de las desventajas más principales con respecto a http es la facilidad de la implementación de procesamiento de datos en este mismo protocolo ésta la principal diferencia con él ya antes mencionado http. (Yokotani y Sasaki, 2016: p. 2)

La facilidad de implementación MQTT te da una de las ventajas que tiene con respecto a https, es que es muy liviano de implementar y de utilizar durante toda la comunicación de los datos que transcurren dentro de la red, que a su vez es más liviano al instante de aplicar ciertas aplicaciones compatibles y fáciles de usar, sin tomar en cuenta el procesamiento de datos que pueden ocurrir durante todo este proceso.

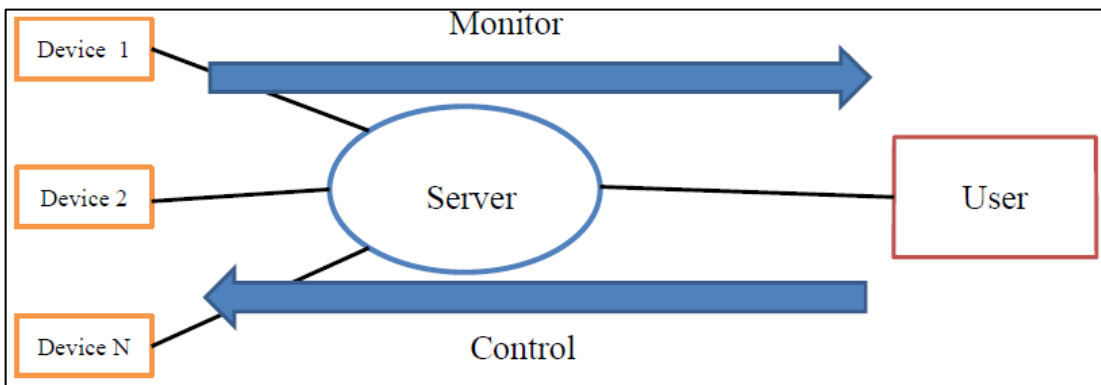


Ilustración 13-2: Configuración del sistema usando HTTP.

Fuente: (Yokotani y Sasaki, 2016: p. 2)

2.3.3. OPC UA

Es un nuevo estándar de protocolo de nueva generación que es muy bien conocido por la industria que prevé un estándar con los pc, además la Arquitectura Unificada de Comunicaciones de Plataforma Abierta (por sus siglas en inglés, OPC UA), Tiene una amplia base instalada en el mundo industrial la que debe ser una muy buena solución para conectar información desde unas edades y uno pues. Sin embargo, es nuevo para la tecnología de información. (Semle, 2016: p. 1)

Protocolo orientado a servicios independientes de una plataforma integrada se puede ser especificada en las siguientes características:

- **Equivalencia funcional:** es la base de todo para que el protocolo sea mejorada y funcione sobre el OPC clásico. (Díaz, 2020: pp. 18-19)
- **Reconocimiento:** es la manera de encontrar la disponibilidad activa de un servidor en las redes establecidas.
- **Espacio de direcciones:** en la estructura cómo se encuentra el protocolo de manera jerárquica.
- **Bajo demanda:** son los permisos que tiene para leer y escribir la información.
- **Suscripciones:** según el cambio se puede supervisar los datos en la información establecida.
- **Eventos:** toda acción cambiante se informa al cliente.
- **Métodos:** métodos basados en el servidor que puede ejecutar programas.

Teniendo en cuenta que este protocolo se maneja bajo una arquitectura de capas múltiples mismo que permite la compatibilidad con nuevos protocolos para aumentar tanto la capa de transporte y algoritmos de seguridad enseguida funcionando durante un largo periodo de tiempo como se puede observar en la siguiente Ilustración 14-2, está la estructura de extensiones del protocolo OPCUA. (Díaz, 2020: p. 20)

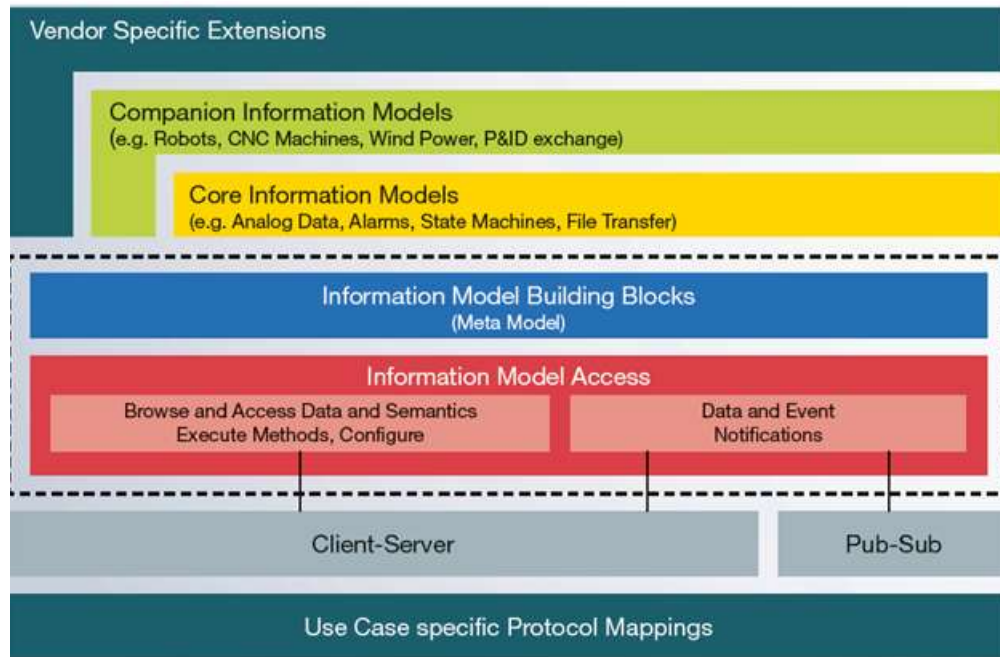


Ilustración 14-2: Capas OPC UA.

Fuente: (Díaz, R., 2020: p. 20)

2.3.4. CoAP

Para promover la compatibilidad de http fue una misma carga, usa UDP/Multicast en lugar de TCP, además simplifica el encabezado http y reduce el tamaño de cada requerimiento. Es utilizado en escenarios más pequeños dónde http cómo sería una gran cantidad de recursos además de conocer que utiliza DTLS una seguridad la capa de transporte para protección de los datos. (Semle, 2016: p. 1)

CoAP utiliza una de las funciones de HTTP en funcionamiento con la propia de la misma, tomando en cuenta que ahora se utiliza UDP, lo cual lo hace mucho más eficiente y rápido, aunque pierde su fiabilidad a costa de la velocidad, y esto se divide en 2 capas la petición/respuesta y la de mensajes cómo se puede ver en la Ilustración 15-2. (Millán, 2019: p. 3)

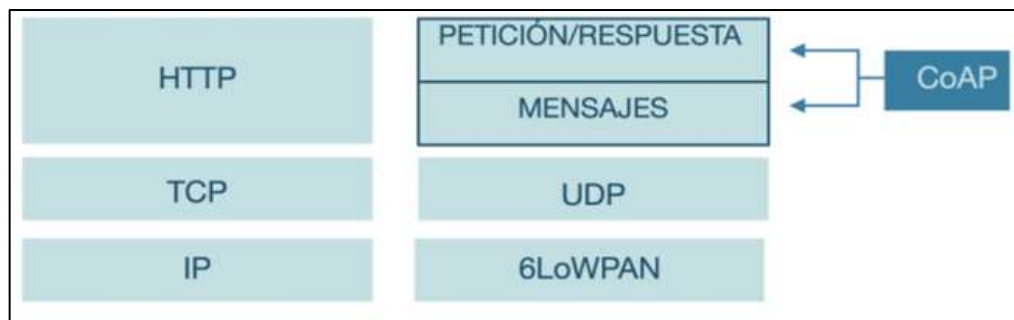


Ilustración 15-2: HTTP Izquierda y CoAp Derecha.

Fuente: (Millán, A., 2019: p. 3)

Además, el formato en la Ilustración 16-2, que establece los siguientes parámetros:



Ilustración 16-2: Formato Mensaje CoAP.

Fuente: (Millán, A., 2019: p. 4)

- Versión: es la versión que se establece del protocolo.
- Tipo: es el tipo de mensaje que puede tomar cuatro denominaciones:
 Confirmarle
 No confirmarme
 Acknowledge-ment
 Reset
- Magnitud del token: es la llave que se está reservando y no tienen que utilizarse que es de 9 a 15 bytes. (Millán, 2019: p. 3)
- Code: es más que todo las solicitudes y estatus del protocolo HTTP comúnmente conocidas como errores de HTTP.
- Mensaje-id: es el control de evitar la duplicidad y facilitar los 2 últimos tipos de mensajes Acknowledge-ment y Reset.
- Payload: la información enviada.

2.3.5. DDS

Es un protocolo utilizado con el fin de publicar y suscribir que se focaliza en el borde de la comunicación de la red, Este protocolo a diferencia de MQTT que requiere de agentes centralizados, éste está descentralizado lo que quiere decir que no está concentrado en un único punto, y es una gran solución para entrega de información confiable y en tiempo real comúnmente usada en las comunicaciones P2P o máquina a máquina. (Semle, 2016: p. 1)

El modelo de publicación suscripción se establecen, que en este protocolo de comunicación tiene como función la comunicación entre los distintos nodos o los roles que se pueden establecer. Además del funcionamiento de los nodos se puede observar en la Ilustración 17-2: (Martínez, 2013: p. 35)



Ilustración 17-2: Esquema DDS.

Fuente: (Martínez, B., 2013: p. 36)

El modelo DDS tiene los siguientes niveles:

- **Localización:** los publicadores como tal no conocen la ubicación exacta de los escritores.
- **Redundancia:** se permite el reúso y uso de la información ya existente.
- **Tiempo:** no se tiene que hacer solicitudes acá está enterado que una vez se haya publicado los escritores reciben la información al instante.
- **Plataforma:** no se conoce el sistema operativo o lenguaje al cual se basa tanto el suscriptor como el publicador. (Martínez, 2013: p. 37)
- **Implementación:** DDS dispone del protocolo RTPS (Real- Real-Time Streaming Protocol), que permite la interoperabilidad dentro de las comunicaciones en distintas versiones.

2.3.6. *AMQP (Protocolo Avanzado de Cola de Mensajes)*

Es otro tipo de protocolos publicar en el cual mayor beneficio de este protocolo es su modelo robusto de comunicaciones que soporta transacciones que garantizan transacciones muy complejas aunque en este caso lo útil no son las aplicaciones IoT, este tipo de protocolos se agrupa de mejor manera como un único protocolo dado que es pesado y fue estaba las tic y no para el límite de renta con el cual se tienen muchas aplicaciones apartado de IoT en muchos proyectos del mundo, para optimizar de mejor moneda este protocolo es usado en las entidades financieras. (Semle, 2016: p. 1)

Este protocolo utiliza la comunicación bajo TCP, qué prioriza la fiabilidad de los datos antes que la velocidad de estos, con esto obtenemos que los datos que llegan son los que tienen que llegar correctamente además de que está compuesto por dos componentes esenciales que son: las colas y los intercambios de mensajes. Todos y cada uno de los mensajes establecidos dentro de este protocolo son reenviados a los receptores y tienen que organizarse correctamente en un nivel establecido para el servicio que se tiene que llevar a cabo, cómo se puede observar en la siguiente Ilustración 18-2 está el funcionamiento de AMQP. (Caiza et al., 2020: p. 655)

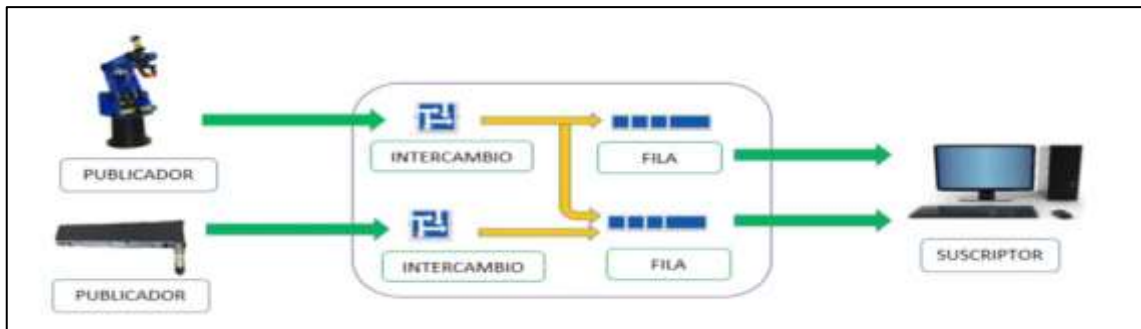


Ilustración 18-2: Arquitectura AMQP

Fuente: (Caiza et al., 2020: p. 656)

2.3.7. WEBSOCKET

Se trata de un protocolo para la comunicación del tipo cliente-servidor basado en TCP que forma parte del paquete HTML5 que puede ser utilizado por varios navegadores web, des esta manera presenta varias ventajas para el desarrollo de aplicaciones web.

Mediante Websocket es posible construir aplicaciones que posean un canal orientado a la comunicación del tipo full-duplex con un comportamiento asíncrono, y obtener actualizaciones en tiempo real, todo esto a través de una única comunicación entre el cliente y el servidor como se observa en la Ilustración 19-2. (Rodas y Valencia, 2018: p. 6)



Ilustración 19-2: Comunicación Websocket.

Fuente: (Rodas, A., y Valencia. A., 2018: p. 6)

WebSocket es un protocolo o tecnología que se basa en WS, lo cual permite una comunicación bidireccional full dúplex, esto quiere decir que la comunicación entre cliente y servidor es casi instantánea por lo cual es muy utilizado en sistemas de monitoreo en tiempo real, aunque con la ventaja de ser con plataforma independiente. Además, que los servicios que se pueden implementar muchos como el monitoreo, trading, sistemas de base de datos y pagos en línea, cómo se observa en la siguiente Ilustración 20-2.(Rodas y Valencia, 2018: p. 6)

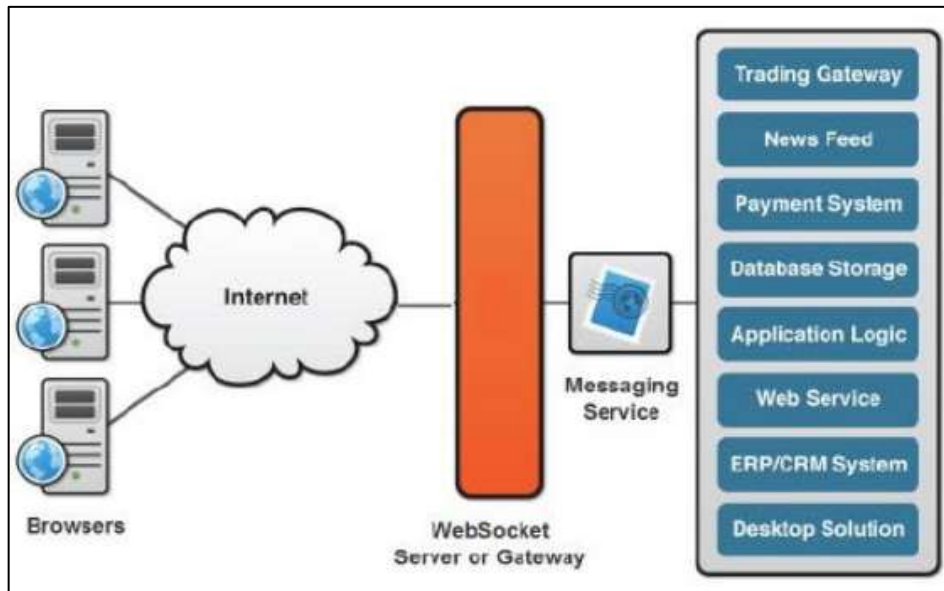


Ilustración 20-2: Servicios de WebSocket.

Fuente: (Rodas, A., y Valencia, A., 2018: p. 6)

Este protocolo hace de una comunicación más estrecha con el UDP, permite una habilidad de atravesar firewall y proxy de una manera sencilla, pero recordando que la latencia de estas conexiones al momento de establecerse mediante el uso de comunicación que sea menor a 500 milisegundos no hay inconvenientes, pero para comunicaciones que sea mucho más precisas o pequeñas no se recomienda este protocolo. La comunicación de WebSocket para ser más segura utilizar TLS que es lo que hace es que mediante certificados seguros SSL puede conectar mediante una técnica de HTTP connect y ser compatible con la gran mayoría de navegadores web.

Para la construcción de una plataforma utilizando este protocolo se utilizan las siguientes herramientas necesarias: (Rodas y Valencia, 2018: p. 6)

- Dreamweaver: es en sí el entorno front end del sistema.
- JQuery: hola librería java para las ejecuciones de cliente.
- Servidor: la máquina ya sea física o virtual donde se va a estar alojado todos los datos.
- Webmin: eso es algo que permite la administración the week soccer con PHP.
- PHP WebSocket: permite la correcta implementación de boxeo de entre http.

2.4. Microcontrolador

Un microcontrolador es un dispositivo electrónico capaz de llevar ciertas operaciones lógicas matemáticas de una manera rápida y de bajo consumo, estos elementos son programados por lenguaje ensamblador a través de ciertas líneas de código por el usuario con el cual se le da un algoritmo para que este elemento funcione acordé un programador lo desarrolle ten en cuenta que estos elementos son de muy bajo consumo. (Aguayo, 2004: p. 3)

2.4.1. Diferencias entre Microcontrolador y microprocesador

- Existe cierta confusión al momento de mencionar estos 2 elementos, aunque la diferencia más notable entre estos 2 es el consumo de energía que presentan.
- El microcontrolador es un elemento de muy bajo consumo, limitada memoria RAM y rom además de ciertos puertos específicos de salida y entrada contados.
- El microprocesador es un elemento de consumo normal, más memoria RAM y ROM, muchos puertos de salida y entrada, además de una potencia más alta a costa de más consumo.

2.4.2. Ventajas de un microcontrolador respecto a un microprocesador

Como ya se mencionó antes la ventaja más notable es la ausencia de ciertos beneficios, pero con un consumo mucho menor estos elementos son esenciales para ciertos proyectos o implementaciones que no requieren de tanto poder bruto de cálculo, más bien ciertos algoritmos específicos para tareas muy específica que no requieran tanto poder de cálculo como lo es captura de datos de sensores y ciertos elementos basados en dichas tareas.

2.4.3. Tipos de arquitectura de microcontroladores

2.4.3.1. Arquitectura von Neumann

Arquitectura tradicional en la cual la unidad central de proceso está conectada a una memoria única dentro de la misma lo cual limita ciertas capacidades de potencia, dado que están esos 2 elementos en la única se CPU como se observa en la Ilustración 21-2.

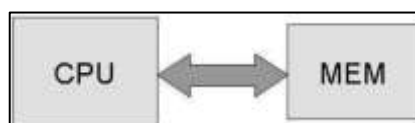


Ilustración 21-2: Arquitectura von Neumann

Fuente: (Aguayo, P., 2004: p. 5)

2.4.3.2. Arquitectura Harvard

Arquitectura tiene conectados memorias una con las instrucciones y otra con los datos con 2 veces diferentes en si una de las memorias contiene solamente las instrucciones de las programaciones y la otra las instrucciones de los datos es decir la RAM y la rom como se observa en la Ilustración 22-2. (Aguayo, 2004: p. 6)

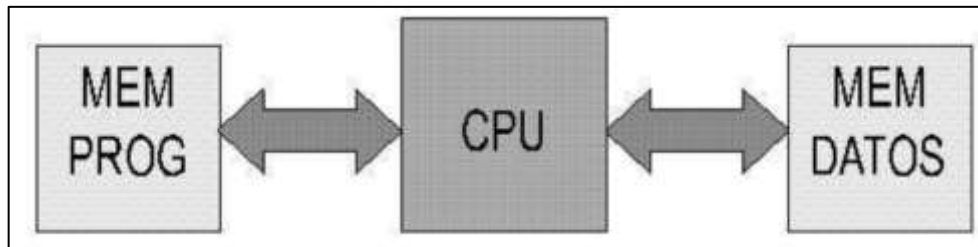


Ilustración 22-2: Arquitectura Harvard

Fuente: (Aguayo, P., 2004: p. 6)

2.5. Base de Datos

Una base de datos no sólo tiene el único fin de guardar los datos dentro de su sistema, sino además tiene la función habilidad de conectar los, procesarlos y gestionar correctamente todos los datos que estén almacenados en ella, en términos simples la base de datos tiene un conjunto de instrucciones estructuradas con un único fin que es la correcta administración de grandes cantidades de información y poder gestionarlas de una manera eficiente y eficaz, además las bases de datos son relacional y No relacional como se observa en la Tabla 2-2. (Valverde, et al, 2019: p. 6)

2.5.1. Tipos de Base de datos

Tabla 2-2: Tipos de Base de Datos relacional y no relacional.

Base de Datos Relacional (SQL)	Base de Datos No Relacional (No SQL)
Utiliza esquemas	No usa esquema
Normalizar	No normaliza
Usa Registros	Maneja colecciones con objetos y arreglos
Clave primaria obligatoria	Clave primaria opcional
Excelente en transacciones	No usa transacciones
Memoria perdida por espacio vacíos	Memoria perdida por espacio vacíos repetidos
Muy difícil que se escalable	Escalable
Crece en vertical	Crece en horizontal
Consistencia tiene prioridad	Disponibilidad tiene prioridad

Fuente: (Valverde, V., et al., 2019: p. 6)

Realizado por: Anchundia, N, 2023.

2.6. IoT en la Agricultura

En la actualidad mediante el avance de la tecnología con el pasar de los días se está manejando una gran expansión de muchos dispositivos electrónicos y automáticos que permiten grandes avances en los distintos campos ya sean laborales y de la vida diaria, que están mejorando en gran parte la vida como la conocemos. Una parte esencial de la tecnología es la gran difusión a nivel mundial de los parámetros de monitorización, optimización y automatización de los distintos parámetros necesarios para la aplicación correcta del IoT en nuestra vida.

El IoT es un elemento de comunicación entre los dispositivos electrónicos y físicos mediante comunicaciones inalámbricas mismas que puede ser de manera local o remota, cuya finalidad de los mismos es la autogestión de todos los datos que estos poseen para poder compartirse toda la información de manera correcta innecesaria acordé esto lo requiera a toda su capacidad de procesamiento, optimizando y asignando la cantidad de recursos de cómputo acorde la operación que se esté llevando a cabo en ese instante, tomando muy en cuenta distintos parámetros ya preestablecidos en todo el sistema que determinarán como éste va a trabajar y llevar a cabo cada una de las acciones que se hayan establecido en los parámetros iniciales del mismo.

Los dispositivos IoT en la agricultura representan un gran avance y un salto hace un nuevo mundo más automatizado y gestionado correctamente, estos mismos elementos representan para la agricultura y general una ayuda única, cuyo fin es dar un apoyo al agricultor, para que este mismo pueda mejorar todas las plantaciones de las distintas plantas que se pueden cultivar. Observando la creciente demanda de materia prima en este caso materia agrícola llevan como objetivo maximizar la producción, optimizar el uso de recursos y minimizar los costos. (Chanchí-Golondrino, et al., 2022: p. 258)

2.6.1. Cultivo de Brócoli en el Mundo

Este cultivo ancestral usado desde la época del imperio romano en el cual se utilizaba como alimento básico por su alta productividad y rápido crecimiento que está adaptado a la gran parte del clima templado y frío que ocurría en la época de invierno en el cual la gran mayoría de plantas y vegetación decrecía, el brócoli una gracia tenía más apogeo en estas fechas lo cual era esencial para mantener a la población romana con comida. El brócoli es una planta considerada como hortaliza con un alto valor nutritivo en esta planta, y cuyos beneficios que aún no son probadas es la capacidad de prevenir enfermedades como lo de la prevención de la aparición del cáncer. (Toledo, 2003: p. 5)

Aunque no se tienen valores exactos sí confiaba en él sobre la superficie y producción de este tipo de cultivos a nivel mundial se tiene una estimación de unas 100,000 hectáreas sembradas de las cuales Estados Unidos es uno de los principales productores y consumidores de brócoli en el mundo. Además, Ecuador uno de estos productores, cuyo fin y entrega de la producción en Latinoamérica es el continente asiático que consumen en gran mayoría este tipo de alimentos. (Toledo, 2003: p. 5)

2.6.1.1. Taxonomía

El brócoli es una planta perteneciente a la familia crucifera más identificada en el ámbito mundial como la brassica oleracea que constituye una de las hortalizas más conocidas por sus beneficios, en cual se toma en cuenta un vínculo especial entre el brócoli y la coliflor es particularmente muy estrecho, y que existe un antecedente científico de que el brócoli es el antecesor de la coliflor debido a que tiene una estructura floral parecida y métodos de cultivo y protección iguales aunque sus beneficios y distintas cualidades son diferentes. (Toledo, 2003: p. 9)

Dentro de las capacidades físicas que tiene el brócoli, posee una cabeza o pella que se forma de una manera ovalada desde la planta cómo se puede observar en la Ilustración 23-2.

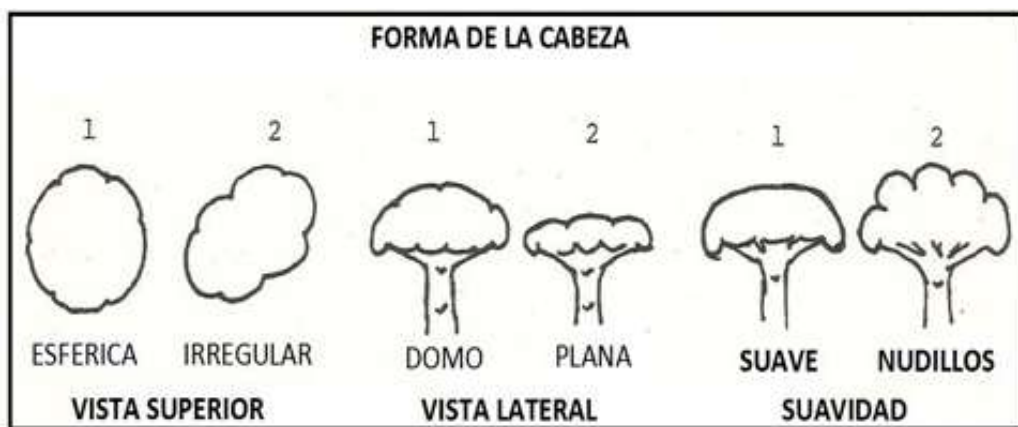


Ilustración 23-2: Formas del Brócoli

Fuente: (Zamora, 2016: p. 1)

2.6.1.2. Propiedades nutritivas

Dentro de sus propiedades nutritivas el brócoli contiene las vitaminas A, C, potasio y fibra. Además de que su consumo te uso frecuente es recomendado por eliminar riesgo de diabetes y anemia siendo recomendado por nutricionistas a nivel mundial, el valor nutricional en 100 g de porción fresca de brócoli se puede observar en la siguiente Tabla 3-2: (Zamora, 2016: p. 2)

Tabla 3-2: Valores Nutricionales del Brócoli.

Nutriente	Valor
Agua (%)	91
Energía (kcal)	28
Proteína	3
Grasa (g)	0.4
Carbohidrato (g)	5.2
Fibra (g)	1.1
Ca (g)	48
P (g)	66
Fe (g)	0.9
Na (g)	27
K (g)	325
Vitamina A (UI)	1542
Tiamina (mg)	0.07
Riboflavina (mg)	0.12
Niacina (mg)	0.64
Acido ascórbico (mg)	93.2
Vitamina B6 (mg)	0.16

Fuente: (Zamora, 2016: p. 2)

Realizado por: Anchundia, N., 2023

2.6.1.3. Factores Ambientales en el cuidado

- AGUA

Es un elemento de control, el cual no necesita en exceso de abundancia por un valor de 60 a 80% de humedad en el cultivo, dado que esta planta tiene un consumo de agua normal comparado con respecto a otras plantas, pero se debe tomar en cuenta que el agua de riego no debe tener altos niveles de salinidad o elementos tóxicos porque esto afectaría en gran medida al cultivo. (Toledo, 2003: p. 11)

- SUELO

Los suelos fértiles y de textura media son los más óptimos para este tipo de cultivos que con esta calidad del suelo producen cultivos muy saludables y fuertes durante todo su crecimiento aunque en otro tipo de suelos si se da en gran medida pero hay que tener un premio tratamiento para que este suelo sea más adaptable al brócoli y éste da producir satisfactoriamente en condiciones de distinta calidad o sean inferiores a las reglamentarias para que éstos sean de materia aplicativa hay que tener en cuenta el pH del suelo (6 a 6.8 de pH) que sea neutro y la ausencia de salinidad dado que esto favorece su producción sea más estable y saludable. (Toledo, 2003: p. 11)

- TEMPERATURA

Este tipo de cultivo tiene de preferencia una estación fría pero no congelante dado que las temperaturas muy bajas dañan al cultivo durante todo su crecimiento las temperaturas para su correcto crecimiento y desarrollo es de 15 °C y al menos 18 °C. A superar la barrera de los 34 °C el producto en sí comienza a tener severas afectaciones debido a la pérdida de compactación de la cabeza del brócoli distintas enfermedades como lo son hongos como es la MILDIU además de la presencia distintos insectos como lo es la DAMPER que su favorecimiento del aumento de la temperatura hace que el brócoli no tenga las medidas de defensas necesarias para crecer en óptimas condiciones, en ciertas heladas el brócoli tiene una capacidad de tolerancia tomando en cuenta que el tiempo de exposición a estas heladas no debe ser muy elevado dado que la afectación por este tipo de climas puede por terminar presentando daños en la planta. (Toledo, 2003: p. 12)

- LUZ

Un elemento esencial y primordial para el crecimiento correcto del brócoli en la luz solar nada que la ayuda a tener mejorías en todo su crecimiento pero se debe tener cautela con el exceso de los que recibe la planta aunque esto no está relacionado al clima de frío tiene una estrecha relación al clima caliente que aumenta su temperatura presentando también afectaciones y que el exceso de luminosidad en ciertos momentos constituye una limitante en el crecimiento y desarrollo del cultivo, por tal motivo esté relacionada a las temperaturas altas del ambiente. (Toledo, 2003: p. 13)

2.6.1.4. Tipos de Plantas de Brócoli

- SHOGUN

Este tipo de brócoli está más adaptado a los climas de inviernos, es una planta grande de color verde azulado, que alcanza la época de cosecha a los 100 días de su cultivo con una cabeza grande y tersa además de grano pequeño a mediano y tallo pesado. Y este tipo de plantas se utilizaban más comúnmente en el apartado de los productos congelados conservados mejorando así su conservación a mucho más tiempo. (Vallejo, 2013: p. 13)

- PATRIOT

Este brócoli es un libro de grano fino y pequeño con forma de domo alto en su flor, que es tolerante a cenicilla vellosa mucho más adaptado al mercado de productos 100% frescos alcanzando su tiempo de cosecha máximo 94 días a partir de su siembra. (Vallejo, 2013: p. 13)

- ARCADIA

Es cultivo cuya planta es relativamente pequeña en comparación a los demás, es uno de los más adaptativos ahora sentarnos a los cuales se va a cultivar especialmente en aquellos días donde más calor se produce cuya principal característica esencial es aquella resistencia al taller hueco, también más adaptado al mercado de los productos frescos con un ciclo de cosecha de 95 días desde su plantado además de tener un color verde oscuro, domo alto, grande, denso con granulo fino. (Vallejo, 2013: p. 13)

- MARATHON

Tipos de brócoli mejor adaptativo para aquellas temperaturas un poco bajas entre intermedias y frías mismo que es de color azul verdoso oscuro, cabeza grande y compacta además de pesada, está entre los productos frescos y los productos adaptativos a hacer congelados

- SAMURÁI

Es una modificación híbrida que tiene una resistencia a las temperaturas frías más adecuadas que generalmente es cultivada en los tiempos de invierno tiene un periodo de cultivación de 111 días desde su plantación. (Vallejo López, 2013, p. 14)

- VIKINGO

Es una modificación queda una planta mediana de domo compacto que está muy bien formada además de soportar cambios bruscos de temperatura aquí que tiene una excelente producción.

- NINJA

Adaptada para climas cálidos con resistencia a las temperaturas medianas cuyo tiempo de cosecha desde su plantación es de 84 días y que su color es verde azulado con un domo granulado grueso es más vendida para sus en el mercado fresco y no para el procesamiento congelado.

2.6.1.5. Afectaciones por Plagas y Enfermedades

¿Qué es una enfermedad y plaga en cultivos?

Una plaga: es todos aquellos seres vivos que compiten dentro de un entorno natural en este caso un cultivo para subsistir con la desventaja de que al subsistir este tipo de seres vivos pequeños enojo cultivos generan afectaciones que dañan el crecimiento correcto de cada una de las plantas.

Una enfermedad: conocida más que todo desde las antigüedades es la forma en cómo afecta algún cambio ya sea por algún sector o algún parámetro ambiental al crecimiento correcto de la planta no que hace que esta sea de tipo infeccioso si no infecciosos entre más infecciosos sea la enfermedad se esparcida por todo el resto del cultivo afectando y dañando a todas, y cada una de las plantas produciendo que estos no crezcan de manera correcta oh se mueran durante todo el proceso de crecimiento. (Hydro Enviroment, 2022: p. 1)

Plagas:

- Polilla de la col (*Plutella xylostella*)

Este tipo de plagas que produce daños de carácter importantes en el cultivo y que las orugas devoran el limbo de las hojas y se produce que estas pierdan su capacidad de realizar fotosíntesis y demás procesos necesarios para que la planta sobreviva como se observa en la Ilustración 24-2.



Ilustración 24-2: Oruga de *Plutella xylostella* y daños en hoja

Fuente: (Gobierno de Navarra, 2017: p. 3)

- Mariposa de la col (*Pieris brassicae*, *Pieris rapae*)

Las orugas que son la predecesora a estas mariposas hacen números en las hojas con lo cual afecta el rendimiento completo de la planta dañándolas exponencialmente como consuma la misma pueden destruir plantaciones enteras pequeñas o grandes como se observa en la Ilustración 25-2.



Ilustración 25-2: Adulto y oruga de *Pieris brassicae*

Fuente: (Gobierno de Navarra, 2017: p. 5)

- Damper (*Delia radicum*)

Las afectaciones de este tipo de insectos en las plantas hacen que éstas mismas no tengan un crecimiento adecuado, crezcan más lentas y despacio con respecto a las plantas adyacentes a estas, y plantas con síntomas de plaga la hoja se toma una coloración en las hojas de color morado o violeta. Además de presentar un leve color morado debido ahí que la planta está atacada por este insecto que devora las raíces y que la planta no se desarrolle de manera correcta como se observa en la Ilustración 26-2.



Ilustración 26-2: Daños *Delia radicum*

Fuente: (Gobierno de Navarra, 2017: p. 8)

- Mosca blanca (*Aleyrodes proletella*)

Las larvas de este tipo de insectos provocan daños por la succión de la savia inyección de toxinas a través de la saliva de los mismos en la planta en poblaciones mínimas este tipo de insectos no presenta mucho riesgo para las plantaciones pero cuando las poblaciones son elevadas se ven pequeñas pigmentaciones blanquecinas como se observa en la Ilustración 27-2, que son los insectos incrustados en las hojas de la planta esto provoca la disminución de la calidad de las cosechas el uso correcto de ciertos fungicidas para qué ataque en otras plagas además de la no correcta crecimiento de la planta.



Ilustración 27-2: Daños *Aleyrodes proletella*

Fuente: (Gobierno de Navarra, 2017: p. 10)

Enfermedades:

- MILDIU (*Peronospora parasitica*)

Enfermedad que puede ocurrir durante el crecimiento de la planta misma que se puede ver afectada con respecto a los parámetros ambientales de los cultivos, si la planta no recibe la cantidad necesaria de calor puede presentar grandes pérdidas para los cultivadores. este tipo de enfermedad se dan cuando los cultivos se prolongan a grandes periodos de lluvia por largos periodos de invierno con lo cual fomenta el crecimiento de esta enfermedad como se observa en la Ilustración 28-2.



Ilustración 28-2: Síntomas en haz de la Hoja

Fuente: (Gobierno de Navarra, 2017: p. 12)

- Moho blanco (*Sclerotinia sclerotiorum*)

Enfermedad presente en los suelos de los cultivos el cual se presenta por el abundante micelio algodonoso de color blanco en la ciudad del suelo, es una enfermedad que se presenta en la planta como en el exterior de los tejidos de esta esto se puede presentar de muchas maneras, pero una de las maneras más efectivas de reconocerlas es una necrosis seca de color blanco en los cuales es que hay abundante humedad esta enfermedad se desarrolla más rápido como se observa en la Ilustración 29-2.



Ilustración 29-2: Síntomas en haz de la Hoja

Fuente: (Gobierno de Navarra, 2017: p. 16)

- Mancha negra (*Alternaria brassicae*)

Los síntomas en este tipo de enfermedad se pueden presentar a lo largo de toda la vida de esta desde que se brota la primera hoja hasta que se cosecha se produce con cotiledones con pequeñas áreas necróticas en la hoja con condiciones de humedad que favorecen y ayudan al crecimiento de este tipo de enfermedad afectando la productividad de la planta, así como la calidad del producto final y tienen un parecido con las enfermedades provocadas por el MILDIU como se observa en la Ilustración 30-2.



Ilustración 30-2: Síntomas en haz de la Hoja

Fuente: (Gobierno de Navarra, 2017: p. 18)

2.7. Servicios IoT

2.7.1. *Cloud Computing*

La computación en la nube es una gran variedad de computadoras de servicio virtualizados alojados en internet también conocidos como nube, mismos que son de fácil uso y accesibles en cualquier parte del mundo e incluyen varios servicios de hardware de medio y alto uso además de plataformas como servicios privados. El cloud computing tiene el dinamismo de poderse adaptar a las necesidades de cada uno de los usuarios y asignar recursos necesarios para cada uno de los proyectos o ideas a realizarse en la nube.

Dentro de los servicios más utilizados existen 3:

- Infraestructura como servicio (IAAS): es la que da acceso a recursos informáticos dentro de un servidor permitiéndole acceder a redes, espacios de almacenamiento, y computación como un servicio basado en la nube.
- Plataforma como servicio (PAAS): es una de las más utilizadas tanto como para pequeñas y medianas empresas al momento de publicar sus páginas web, tiene la facilidad de que no se tiene que gestionar tanto el hardware y mejor se da prioridad al uso de software como la creación, edición y publicación de una página web.

- Software como servicio (SAAS): son software de uso virtualizado que permiten ser administrados por cualquier persona con acceso a internet en cualquier parte del mundo, con lo que tenemos tanto la simulación de distintos usos como lo son civiles y científicos, en cual podemos acceder a un software ya definido y no tener que crearlo ni preocuparnos por el hardware qué toca administrar. (Escamilla, et al., 2018: p. 92)

2.7.1.1. Servidor Publico

Software necesario para la gestión de los datos tanto a nivel de usuario como lo son en el procesamiento de estos, un ejemplo es el servidor apache que es gratuito y de código abierto qué tiene el objetivo principal la creación de un servidor web fiable, eficiente y fácilmente extensible cuyos códigos de programación y distinta documentación se encuentran en todo internet de manera gratuita y fiable. (Márquez, et al., 2002: p. 1)

Ventajas

- Código abierto que permite su uso tanto comercial y no comercial
- De uso mundial con lo cual se tiene muchos desarrolladores que innovan este software.
- Es Modular y se pueden aplicar distintas ambientaciones específicas necesarias.
- Es portable dado que trabaja con multiplataforma.
- Es robusto y seguro acordé el desarrollador lo configuré.

El funcionamiento de este tipo de servidor es simple y sencillo utiliza ciertos modelos para la comunicación y edición de este como lo son Php para la edición de HTML con programación incluida y MySQL que nos ayude a amanecer los datos que se generen en este servidor o los dispositivos que se le agreguen a su vez la publicación de este tipo de servidores se lo hace mediante un túnel público o usando una IP pública.

2.7.2. Fog Computing

Este modelo de computación es conocido como una nueva manera de descentralizar todos los procesos y adquisición de datos que proceden de distintas aplicaciones de sensores y actuadores que están conectadas a nuestro servidor en el cual se almacena, procesa y muestra todo lo que se ha recopilado durante recolección de los datos. Cómo se conoce el cloud computing y el fog computing tienen una manera de actuar parecida entre sí, que permiten la interacción entre éstas dos formas, además una de las grandes ventajas de esta computación es que nos permite que funcione y trabaje de manera local, cuyo caso es la implementación de un servidor local. (Escamilla, et al., 2018: p. 95)

2.7.2.1. Servidor Local

Es un software de iguales características y mismas proporciones que un servidor público con la ventaja y la facilidad que tiene es que no necesita ser publicado hacia todo el internet con lo que se gana ventaja en el momento de su uso, para que todos los dispositivos y sensores que quieran acceder al mismo lo harán a través de una red de uso local, además sus ventajas que tiene son:

(Márquez, et al., 2002: p. 2)

- Código de uso abierto y no comercial
- De uso local con altas velocidades de transferencia
- Es adaptable a entornos de gran carga de trabajo y escalable más rápido.

2.7.3. Edge Computing

Parecido al Fog computing en términos generales, pero se diferencia que el Edge computing tiene la ventaja de estar en el borde y todos los sensores con los dispositivos conectados se comunican hacia el mismo, un ejemplo práctico de este tipo de servicios es que un dispositivo final como lo es un teléfono celular puede ser utilizado y programado como servidor para recibir los datos de los mismos sensores a los cual éste se conecta. En la actualidad las tarjetas de desarrollo tienen las facilidades de crear un servidor como tal y conectarse a otras tarjetas de desarrollo con sensores que le permitan almacenar los datos de estos, pero de una manera muy limitada al momento de procesar y almacenar la información. (Escamilla, et al., 2018, p. 97)

2.8. Procesos Metodológicos de Imagen

Todos los procesos y procedimientos que se van a llevar a cabo durante la elaboración ejecución del proyecto como lo son el procesamiento digital de imágenes, la gestión de los datos y comprensión de estos para una mayor comprensión en una parte gráfica, almacenamiento y post procesamiento de los datos en la nube mediante un servidor web y la correcta interpretación de estos datos

2.8.1. Procesamiento de imágenes

La agricultura de precisión en la actualidad está cada vez más en un terreno de uso en el campo laboral y agrícola, actualmente el proceso de análisis clásico el cual es heredado a través de las distintas maneras de una generación a otra de agricultor, aunque es efectiva no es la correcta. y procesamiento digital de imágenes o procesamiento de imágenes el cual consta de la captura una imagen de cualquier tipo cuyo fin es procesar esta imagen para obtener distintos parámetros con el cual se pueden hacer mediciones, estudios y comparaciones en distintos parámetros de uso.

Estas imágenes pueden ser descompuestas en los 3 colores más usados el rojo, el verde y el azul con lo cual se pueden hacer distintos algoritmos de procesado.(Cásares et al., 2017: p. 12)

La arquitectura en desarrollo de estos algoritmos con la tecnología de la información se puede desarrollar con distintos pasos como lo son:

1. Captura de las imágenes de las plantas para su posterior post procesamiento
2. Almacenamiento de la información en un catálogo de todas las imágenes capturadas
3. Proceso de procesado de las imágenes y obtención de resultados

El proceso para el diseño, creación y desarrollo se basa en las siguientes fases:

- Previo análisis de los requerimientos totales del sistema.
- Desarrollo y creación de algoritmos y técnicas de procesado de imágenes.
- Implementación gráfica del procesado de imágenes.
- Desarrollo total del sistema y pruebas de este.
- Implementación del sistema.

El procesamiento de imágenes ocupa las imágenes o fotogramas de vídeo con el cual se capturan con distintos elementos fotográficos con fin de la mejora significativa de características más importantes de una imagen con el cual se puede atenuar o elevar ciertos detalles específicos que se desee obtener además de eso el fin de esto es cambiar la naturaleza propia de la imagen para mejorar toda la información necesaria para su correcta interpretación y adecuada implementación de esta. (Cásares et al., 2017: p. 13)

2.8.1.1. Componentes esenciales de un sistema de procesamiento de imágenes

- 1. Sensor de imagen:** Es el elemento necesario y principal de todo el sistema el cual se encarga de obtener las imágenes digitales mediante un dispositivo fijo y físico sensibilidad a la luz con el cual se puede fotografiar y capturar los eventos de este. (Pallo, 2021: p. 9)
- 2. Hardware de procesamiento especializado:** Consta de los elementos necesarios básicos instalados junto al sensor de imagen que se encarga de transformar todas las señales binarias que el sensor envía y a juntarlas en un único archivo de imagen.
- 3. Software de procesamiento:** Algoritmo de procesamiento de imagen con el cual se quiere obtener un resultado, en el cual se utilizan diferentes softwares de procesamiento como lo son Python, LabVIEW, Matlab, java, etc.

4. **Almacenamiento de la información:** base de datos en el cual se almacena toda la información ya sea de las imágenes puede resultado de estas.
5. **Interfaz de visualización de imagen:** interfaz necesaria para visualizar los resultados previos al procesamiento de las imágenes para su mayor comprensión y uso.
6. **Backup de imágenes:** Subelemento dentro de la base de datos la cual se encarga de realizar una copia de seguridad en caso de la pérdida de la información de la base de datos general.
7. **Red de información:** Red IoT encargada de suministrar toda la información necesaria hacer procesador de imágenes y base de datos.

2.9. Dispositivos IoT

2.9.1. Tarjetas de Desarrollo

Las tarjetas de desarrollo son una de las soluciones de más amplio uso en investigaciones, proyectos, uso comercial y doméstico, dado que por la simplicidad que conllevan permite un diseño óptimo, montaje sencillo y programación fácil. Y así permite la comprensión de distintos dispositivos que pueden conectarse y enlazarse a estas tarjetas. (Palma y Rodríguez, 2018, p. 45)

Estas tarjetas están compuestas principalmente por un chip o microcontrolador que es la esencia de toda la tarjeta, que está basada en la arquitectura ARM con lo que nos permite tener puertos, conectores además de distintos reguladores para la correcta conexión de dispositivo adyacentes para su funcionamiento como son Entradas/Salidas de Propósito General(como sus siglas en inglés gpio), Inter-Circuito Integrado(como sus siglas en inglés I2C), analógico a digital, digitales, analógicas y de alimentación en la cual se puede ver en la siguiente Ilustración 31-2:

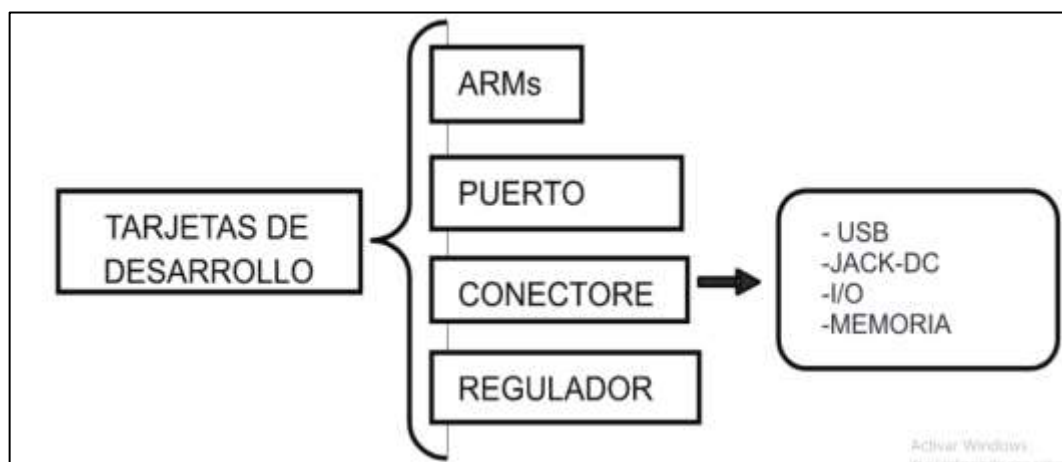


Ilustración 31-2: Elementos en las tarjetas de desarrollo

Fuente: (Palma y Rodríguez, 2018, p. 45)

2.9.1.1. Familias ESP32X

Elemento necesario en el cual se conectará los dispositivos de mediciones mismo que se comunicará con el servidor a través una configuración ya realizada y datasheet es como el de la como se observa en la Ilustración 32-2.

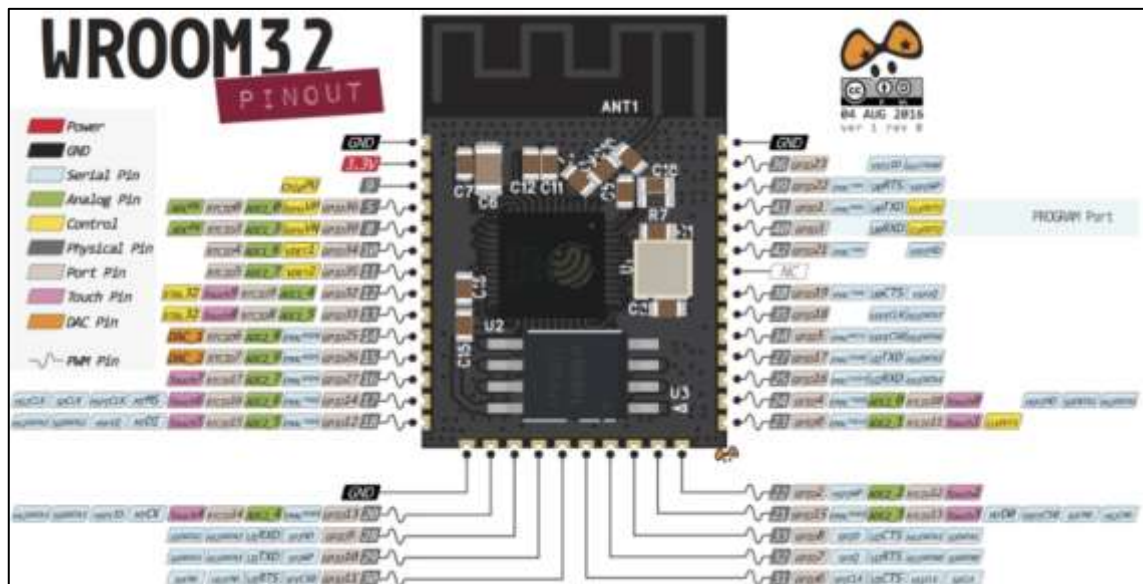


Ilustración 32-2: Datasheet ESP32

Fuente: (Naylamp Mechatronics, 2022: p. 1)

Especificaciones técnicas:

- Voltaje de Alimentación (USB): 5V DC
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC
- CPU: Dual-Core Tensilica Xtensa LX6 (32 bit)
- Frecuencia de Reloj: hasta 240MHz
- Desempeño: Hasta 600 DMIPS
- Wifi: 802.11 b/g/n/e/i (802.11n @ 2.4 GHz hasta 150 Mbit/s)
- Bluetooth: v4.2 BR/EDR and Bluetooth Low Energy (BLE)
- Memoria: 448 KByte ROM, 520 KByte SRAM
- Pines: 30 (Naylamp Mechatronics, 2022: p. 1)

2.9.1.2. Familias ESP8266x

Datasheet de la esp8266x se observa en la Ilustración 33-2:

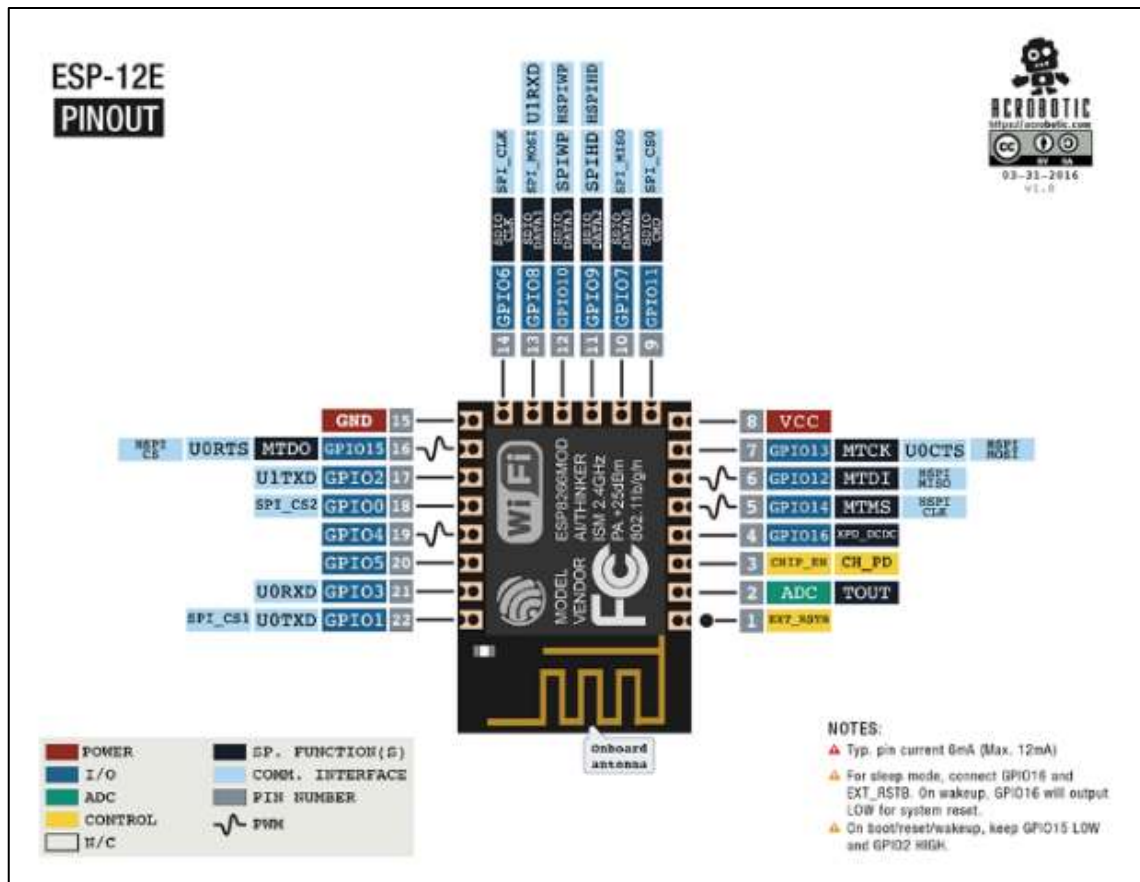


Ilustración 33-2: Datasheet ESP8266

Fuente: (Naylamp Mechatronics, 2023: p. 1)

- Voltaje de Alimentación: 3.3V DC
- Voltaje de Entradas/Salidas: 3.3V DC (No usar 5V)
- SoM: ESP-12E (Ai-Thinker)
- SoC: ESP8266 (Espressif)
- CPU: Tensilica Xtensa LX3 (32 bit)
- Frecuencia de Reloj: 80MHz/160MHz
- Instruction RAM: 32KB
- Data RAM: 96KB (Naylamp Mechatronics, 2023, p. 1)
- Memoria Flash Externa: 4MB
- Pines Digitales GPIO: 17 (pueden configurarse como PWM a 3.3V)

2.9.1.3. Arduino Uno

Datasheet del Arduino uno se observa en la Ilustración 34-2:

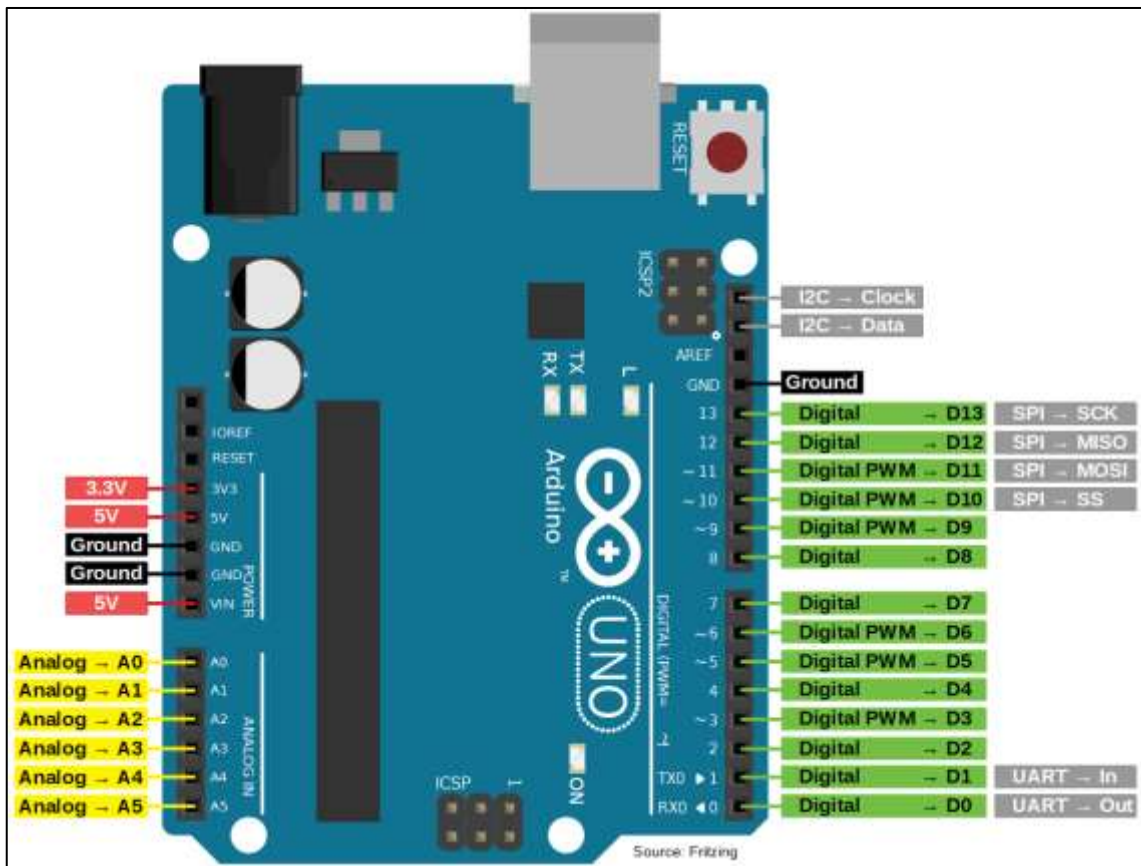


Ilustración 34-2: Datasheet Arduino-Uno

Fuente: (store Arduino, 2023: p. 1)

- Microcontroller ATmega328P
- Operating Voltage 5V
- Input Voltage (recommended) 7-12V
- Input Voltage (limit) 6-20V
- Digital I/O Pins 14 (of which 6 provide PWM output)
- PWM Digital I/O Pins 6
- Analog Input Pins 6
- DC Current per I/O Pin 20 mA
- DC Current for 3.3V Pin 50 mA
- Flash Memory 32 KB (ATmega328P) of which 0.5 KB used by bootloader
- SRAM 2 KB (ATmega328P) (store Arduino, 2023, p. 1)

2.9.1.4. Raspberry Pi 4B

Microprocesador diseñado por Raspberry en el cual se encuentran varios modelos de 2 GB de RAM hasta 8 GB con el cual podemos elaborar muchas más grandes cosas debido a su capacidad de cómputo ya que es un microprocesador basada arquitectura x64 y x86, las especificaciones técnicas son las siguientes como se ve en la Ilustración 35-2: (Raspberry Pi, 2022: p. 1)



Ilustración 35-2: Raspberry Pi 4b 2Gb RAM

Fuente: (Raspberry Pi, 2022: p. 1)

- Broadcom BCM2711, Quad core Cortex-A72 (ARM v8) 64 bits SoC @ 1.8GHz
- SDRAM 1GB, 2GB, 4GB u 8GB LPDDR4-3200 (según el modelo)
- 2.4 GHz y 5.0 GHz IEEE 802.11ac inalámbrico, Bluetooth 5.0, BLE
- Gigabit Ethernet (Raspberry Pi, 2022, p. 1)
- 2 puertos USB 3.0; 2 puertos USB 2.0.
- Encabezado GPIO estándar de 40 pines Raspberry Pi.
- 2 puertos micro-HDMI × hasta 4kp60 compatibles.
- Audio estéreo de 4 polos y puerto de video compuesto
- H.265 (4kp60 decodificar), H264 (1080p60 decodificar, 1080p30 codificar)
- OpenGL ES 3.1, Vulkan 1.0
- Ranura para tarjeta Micro-SD.
- 5V CC a través del conector USB-C (mínimo 3A *)
- 5V DC a través del encabezado GPIO (mínimo 3A *)
- Alimentación a través de Ethernet (PoE)
- Temperatura de funcionamiento: 0 – 50 grados C ambiente

2.9.2. *SENSORES DE HUMEDAD AMBIENTE Y TEMPERATURA*

Dispositivo que mide la humedad y la temperatura que se encuentra en el ambiente con parámetros preestablecidos diseñados por el fabricante en el cual tenemos algunos de los sensores más conocidos como:

2.9.2.1. *Sensores DHTxx*

Son un tipo de sensores especializados en humedad y temperatura el cual consta con 3 pines, alimentación negativa, alimentación positiva y señal de salida digital, este tipo de sensores se compone de varias variantes el DHT11 como el sensor base para todos los demás, el DHT22 tiene más rango y datos un 10% más precisos. Este tipo de sensores tiene una estructura de elementos resistivos como lo son de humedad y Termistores de Coeficiente de Temperatura Negativos (Por sus siglas NTC), este tipo de sensor mide la temperatura ente 0 a 50 °C y la humedad entre 20 y 95% teniendo en cuenta que la medición que hacer la realizan solo en valores enteros lo cual a su vez la mayor desventaja de estos, y la conexión se puede observar en la Ilustración 36-2: (Iraceburu, 2014: p. 7)

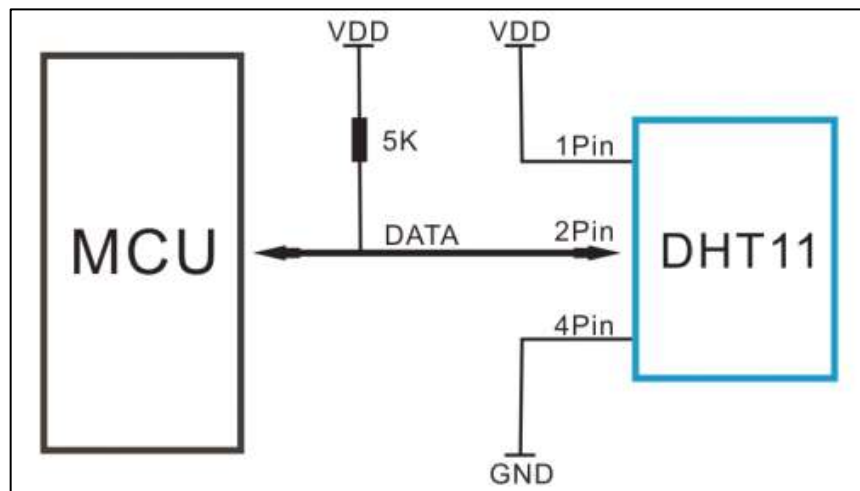


Ilustración 36-2: Conexión y Pines del sensor DHT11

Fuente: (Iraceburu, J., 2014: p. 8)

2.9.2.2. *Sensores SHTxx*

Son un tipo de sensores especializados en humedad y temperatura el cual consta con 4 pines, alimentación negativa, alimentación positiva, señal de reloj SCL y señal de datos SDA, este tipo de sensores se compone de varias variantes el SHT1x, SHT2x y SHT3x, en el cual este tipo de sensores ya incluye una etapa de preprocesado de datos con lo cual envían la información ya calibrada y sus pines se puede observar en la Ilustración 37-2. (Iraceburu, J., 2014: p. 8)



Ilustración 37-2: Conexión y Pines del sensor SHTxx

Fuente: (Iraceburu, J., 2014: p. 8)

2.9.3. *SENSOR DE RADIACIÓN ML8511*

Elemento como sensor de radiación capaz de medir cuánta radiación ultravioleta llega en un punto determinado, el cual cuenta con 4 pines como se puede observar en la Ilustración 38-2, alimentación negativa (GND), alimentación positiva (3.3), habilitación por alimentación positiva (enable) y salida de datos analógica (OUT), como se observa en la ilustración es muy importante que el sensor se alimente con voltaje de 3.3v y la lectura de datos de 0 a 3,3 volts, además de detectar longitudes de onda: 280-390nm, con lo cual entra a la Categoría UVB (280 nm a 315 nm).(González, 2020: p. 25)

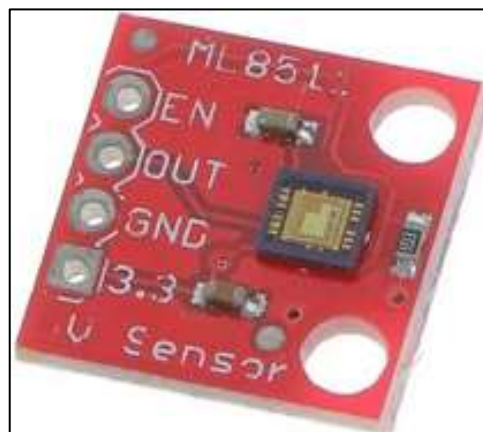


Ilustración 38-2: Conexión y Pines del sensor ML8511

Fuente: (González, A., 2020: p. 25)

Dentro de los parámetros de radiación que se deben tomar en cuenta es el índice de radiación ultravioleta que varía desde un nivel bajo hasta un nivel más alto correspondiente a la intensidad de radiación existente en los momentos de la medición, la siguiente tabla de parámetros comparativos se la puede ver en la Ilustración 39-2. (Instituto de Salud Pública de Chile, 2007: p. 23)

ÍNDICE UV		Potencia mW/cm ²
BAJO	1	2.78
	2	5.57
MEDIO	3	8.35
	4	11.1
	5	13.9
ALTO	6	16.7
	7	19.5
MUY ALTO	8	22.2
	9	25.0
	10	27.8
EXTREMO	11	30.5
	12	33.3
	13	36.1
	14	38.9
	15	41.7

Ilustración 39-2: Índice de Radiación Ultravioleta

Fuente: (Instituto de Salud Pública de Chile, 2007: p. 23)

2.9.4. Módulos de Cámara

Dispositivo con mucha variedad de gamas en el mercado capaz de almacenar procesar ciertos datos mientras que en la gama más baja tiene la capacidad de incorporar ciertos elementos de alta gama como lo son cámaras de muy alta definición sensores de ultra precisión y con conexión a Wi-Fi y bluetooth en conjunto con un procesador muy potente para un elemento tan pequeño.

2.9.4.1. Raspicam (Pi Camera)

Es un tipo de modulo cámara diseñado y distribuido por Raspberry Pi *Foundation*, mismo que muestra este tipo de cámaras con un amplio catálogo para los distintos usos que se le den, la cámara de 5 MegaPíxeles toma foto de 2592x1944 píxeles y video a 1080p con 30 fotogramas por segundo (por sus siglas en inglés FPS). cómo se puede observar en la Ilustración 40-2 se ve el módulo cámara. (Pardo, 2017: p. 25)



Ilustración 40-2: Raspicam de 5Mp

Fuente: (Pardo, C., 2017: p. 25)

2.9.4.2. Arducam

Es un distribuidor de cámaras para Raspberry y Jetson Nano en China, aunque actualmente vende bajo licencia para todo el mundo, uno de productos estrella es la Arducam Hawk-Eye de 64Mp que cuenta con las siguientes características en la siguiente Ilustración 41-2: (arducam 2023: p. 1)

Focus Type	Manual/Auto
Sensor Resolution	9152 × 6944
Video Mode (on Raspberry Pi)	1080p30, 720p60 and 640 × 480p60/90
Video Mode (Camera Module)	1280x720@120fps 1920x1080@60fps 2312x1736@30fps 3840x2160@20fps 4624x3472@10fps 9152x6944@2.7fps
Color Filter	Quad Bayer Coding (QBC)
Supported Platforms (Full Resolution - 64MP)	Pi 4B/CM4
Supported Platforms (Superpixel Resolution - 16MP)	Pi 2/3/CM3/Zero W/Zero 2 W

Ilustración 41-2: Especificaciones Arducam 64Mp

Fuente: (arducam 2023: p. 1)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se presenta la investigación, diseño, elaboración e implementación de todo el sistema IoT de monitoreo y procesamiento digital de imágenes en el pueblo de Gatazo, cantón Colta, provincia de Chimborazo mismo que se implementa en un parcela de terreno privada del mismo pueblo, para efectos del diseño se tomó en cuenta un servidor local LAMP (Linux, Apache, MySQL y Php) basado en un sistema Linux con distribución gratuita mismo que es para la gestión de los archivos y almacenamiento de los datos, en conjunto con Node-red para la visualización de los datos y control de la cámara Arducam. Una vez realizado todo el diseño se procedió a la instalación en la plantación de brócoli constando en 3 partes: modulo sensores de suelo, modulo cámara y módulos de sensores ambiente como se observa en la Ilustración 1-3:

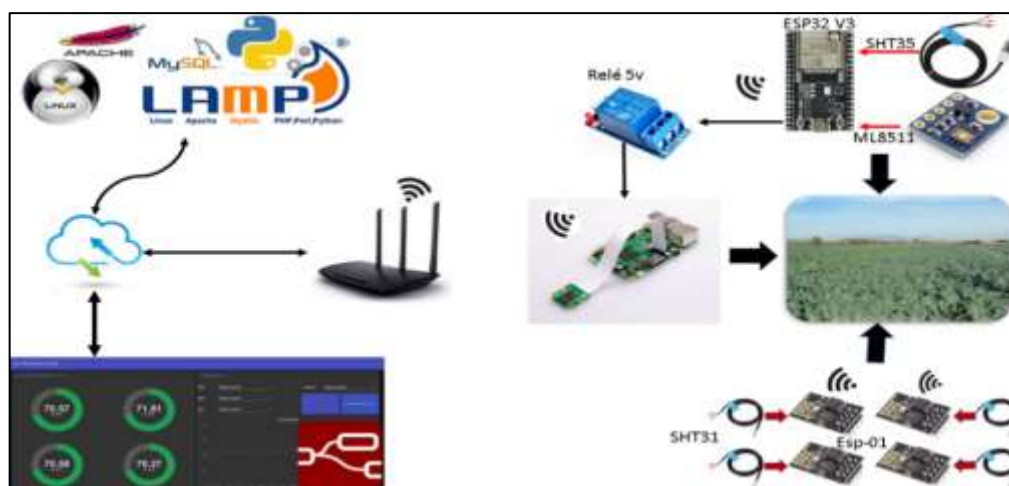


Ilustración 1-3: Arquitectura general del sistema IoT para el monitoreo de cultivos de brócoli.

Realizado por: Anchundia, N, 2023.

3.1. Ubicación geográfica

Se encuentra en la ciudad de Gatazo entre el pueblo de Calpi y Cajabamba del cantón Colta, entrada a gatazo chiquito, como se puede observar en la Ilustración 1-3 y sus características son:

- Extensión: 850 m².
- Coordenadas: (-1.681901; -78.760808)
- Altitud: 3171 m.s.n.m.
- Temperatura media es de 6 a 20°C
- Precipitación promedio anual 250 a 100 mm./año.
- Humedad relativa: 73%.

3.1.1. Especificaciones del suelo:

Los terrenos situados a altitudes de 2500 a 3000 metros sobre el nivel del mar exhiben una tonalidad grisácea parda y forman parte de los valles escalonados. Estos suelos, de naturaleza volcánica, muestran una textura franco-arenosa y una profundidad moderada. Además, enfrentan cuestiones de erosión. (GAD DE COLTA, 2022: p. 1)

Los suelos ubicados entre los 3000 a 3500 m.s.n.m, pertenecen suelo negro andino, color predominantemente negruzco, con una textura que va de arenosa a franco-arenosa y con ubicación en latitud y longitud respectivos:

- Grados decimales (DD): (-1.681901, -78.760808)
- Grados, minutos y segundos (DMS): (1°40'54.8"S 78°45'38.9"W)

<https://www.google.com.ec/maps/place/1%C2%B040'54.8%22S+78%C2%B045'38.9%22W/@-1.6819092,-78.7606996,112m/data=!3m1!1e3!4m4!3m3!8m2!3d-1.681901!4d-78.760808?hl=es&entry=ttu>



Ilustración 2-3: Vista aérea del lugar.

Fuente: Google Maps, 2023

3.2. Software de Procesamiento

En este apartado hace la comparativa entre los distintos softwares de procesamiento que existen a nivel de mercado que son de uso libre del uno al cinco, siendo 1 fácil y 5 complejo, como lo son Python, Matlab y Labview como se ve en la Tabla 1-3:

Tabla 1-3: Tabla comparativa de software de procesamiento.

	PYTHON	MATLAB	LABVIEW
Complejidad de uso	3	4	4
Obtención de información	1	3	4
Consumo de recursos informativos	2	3	3
Tiempos de ejecución	2	3	2
Tamaño del código	2	3	3
Total	10	16	16

Realizado por: Anchundia, N., 2023

3.3. Servidor LAMP (Linux Apache MySQL Php)

Este tipo de estructura de servidor para el diseño, elaboración y alojamiento de servicio de páginas web variante es una de las más utilizadas a nivel mundial en servicio de páginas web, LAMP es la unión de las siguientes tecnologías como se observa en la Ilustración 3-3:



Ilustración 3-3: Servidor LAMP.

Fuente: (Andrade, 2022: p. 38)

- Linux: es el sistema Operativo base para todo el sistema.
- Apache: es el servidor y gestor web.
- MySQL: es gestor de información y bases de datos.
- Perl, PHP o Python son los lenguajes de programación del entorno.

3.3.1. *Instalación del Servidor LAMP*

El servidor físico donde se procesa y guarda toda la información, es una CPU i5 de sexta generación de la marca del cómo se puede observar en la Ilustración 4-3 e Ilustración 5-3 se puede observas sus especificaciones técnicas.



Ilustración 4-3: Servidor Dell i5 Sexta Generación.

Fuente: (Dell Inc., 2022, p. 1)

FUNCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Tipo de procesador	<ul style="list-style-type: none"> • Intel Core i3/i5/i7 de 6.ª generación • Intel Celeron • Intel PDC
Caché total	Hasta 8 MB dependiendo del tipo de procesador
Tabla 2. Memoria	
FUNCIÓN	ESPECIFICACIÓN
Tipo de memoria	DDR3L
Velocidad de memoria	1600 MHz
Conectores de memoria	Dos ranuras SOD/IMM
Capacidad de la memoria	2 GB, 4 GB u 8 GB

Ilustración 5-3: Especificaciones Servidor Dell i5 Sexta Generación.

Fuente: (Dell Inc., 2022, p. 1)

Como paso indispensable es ya tener instalada el sistema operativo Linux Server 22.04 y después seguir en orden los siguientes pasos:

1. Abrir el terminal de Linux y entrar en modo root con, “**sudo su**” y a su vez no pedirá la clave de usuario.
2. Actualizar todos los paquetes necesarios de Linux con, “**apt-get update**”.
3. Instalar **Apache** con, “**apt-get install apache2**”, y le dan a “S”.
4. Ahora comprobamos si el servicio de apache está instalado con, “**apache2 -v**”.
5. Instalar **MySQL** con, “**apt-get install mysql-client mysql-server**”, y le dan a “S”.
6. Ahora comprobamos si el servicio MySQL está instalado con, “**service mysql status**”.
7. Para que SQL funcione correctamente debe poner una contraseña al usuario root.
8. Entramos en SQL para configurar con “**mysql -u root -p**”.
9. Veremos el estado del usuario root con “**SELECT user,plugin,host FROM mysql.user;**” y esto se ve en la Ilustración 6-3.

```
mysql> SELECT user,plugin,host FROM mysql.user;
+-----+-----+-----+
| user          | plugin                | host          |
+-----+-----+-----+
| debian-sys-maint | caching_sha2_password | localhost    |
| mysql.infoschema | caching_sha2_password | localhost    |
| mysql.session   | caching_sha2_password | localhost    |
| mysql.sys       | caching_sha2_password | localhost    |
| root _____ | auth_socket           | localhost    |
+-----+-----+-----+
```

Ilustración 6-3: Estado de root en MySQL.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

10. Para solucionar esto le asignaremos una contraseña con el siguiente comando “**ALTER USER 'root'@'localhost' IDENTIFIED WITH mysql_native_password by 'contraseña';**”, en “contraseña” ponemos la contraseña que queremos asignar,
11. En este paso le asignamos todos los privilegios con “**FLUSH PRIVILEGES;**” y después escribimos “**exit**” y MySQL quedara completamente instalado.
12. Instalar **PHP** con “**apt-get install php libapache2-mod-php php-mysql**”.
13. Ahora comprobamos si el servicio de php está instalado con, “**php -v**”.
14. Instalar **PHPMyAdmin** con “**apt-get install phpmyadmin**”, y le dan a “S”.
15. Ahora se mostrará una interfaz en la cual toca seleccionar “[*] **apache2**”, y esto se hace con la tecla espacio si no está seleccionada.

16. En este punto nos pedirá que si deseamos configurar la base de datos con phpmyadmin y le damos que “si”.
17. Ya como paso final de esta instalación no pide una contraseña y la escribimos, dos veces.
18. El paso final para comprobar si esta todo bien en el navegador con la Ip que está conectada nos debe dar la página de phpmyadmin como se ve en la Ilustración 7-3.



Ilustración 7-3: Página de PhPMyAdmin.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

3.3.2. *Linux*

Es el sistema operativo con el que funciona todo, el sistema instalado es Linux Server 22.04 que funciona únicamente bajo comandos y no posee entornos de visualización.(Andrade, 2022: p. 38)

3.3.3. *MySQL*

Es la parte esencial que gestiona toda la información que ingresa dentro del sistema, este tipo de gestor de base de datos son relacional que lleva funcionando desde al año 2009 con la ventaja es libre, al ser de uso libre posee una gran comunidad que permite solucionar errores que ocurren durante la elaboración del gestor de base de datos y es tan usando por la facilidad de uso y por el bajo consumo en recurso del computador donde se instale, ahora se debe crear la base de datos y las tablas para guardar toda la información con los siguientes pasos: (Andrade, 2022: p. 39)

1. La base de datos se llamará “Tesis” con formato “utf8mb4_general_ci”.
2. Se deben crear 6 tablas con las siguientes características:
 - Una tabla con 4 campos: muestra, humedad, temperatura y fecha.
 - Una tabla con 4 campos: muestra, nivel Uv, Intensidad Uv y fecha.
 - Cuatro tablas con 4 campos cada una: muestra, humedad y fecha.

3.3.4. *Node-RED*

Se trata de un entorno gráfico open-source basado en el lenguaje Node.js ofrece una gran variedad de módulos interconectables con funciones preestablecidos de diversos tipos. En esta plataforma los nodos se definen como bloques de código que se conectan entre sí formando “flujos” (flows), el paquete en Node-RED se denomina msg, en el cual se utiliza un campo llamado Payload, donde está ubicada la información propia del mensaje. Node.js se desarrolló para aplicaciones en la red escalables. (Espacios, 2018: p. 32)

3.3.4.1. *Instalación de Node-red en Linux.*

Ahora procedemos con la instalación de node-red en Linux que es el gestor general de los datos para todo el sistema IoT:

1. Instalar Node.js y el primer paso debemos descargar las librerías con “**cURL -o- <https://raw.githubusercontent.com/nvm-sh/nvm/v0.35.3/install.sh> | bash**”.
2. Ahora para usar debemos obtener el archivo con “**source ~/.bashrc**”.
3. Lo siguiente debemos es ver las versiones de node.js con “**nvm list-remote**” y vemos la versión más actual en color verde es la más estable.
4. Para instalar Node.js seleccionamos la versión e instalamos con “**nvm install v13.16.0**”.
5. Ahora para ver la versión de node la veremos con “**node -v**” y nos mostrara la versión de node.
6. Una vez instalado node.js instalaremos **npm** con “**sudo apt install npm**” y veremos la versión instalada con “**npm -v**”.
7. Ya todo instalado procedemos a instalar node-red con “**sudo npm install -g -unsafe-perm node-red**” y para ejecutar node ejecutamos el comando “**node-red**” en el terminal.
8. Ya una vez ejecutado los dos comandos del paso 7, node-red queda completamente instalado.

3.3.5. *Python*

Este es un lenguaje de programación de alto nivel que se desarrolló en la década de 1990. Es interpretado, emplea tipado dinámico y fuerte, es compatible con múltiples plataformas y tiene una orientación hacia la programación orientada a objetos. Posee una licencia de código abierto.

Python utiliza un intérprete o SW para ejecutarse en una máquina destino, se compila en un pseudo código máquina (bytecode). (Cencerrado y Masip, 2018: p. 5)

3.3.5.1. Modelo de colores HSV

Este modelo es muy cercano al RGB, HSV (Hue, Saturation, Value) que en español significa Tonalidad, Saturación, Valor y se representa en diagrama circular, como se muestra a continuación como se ve en la Ilustración 8-3:



Ilustración 8-3: Modelo de color HSV.

Fuente: (Sánchez, et al., 2011: p.13)

Las tres magnitudes pueden tener los siguientes valores.

- Tonalidad: Es el tipo de color (por ejemplo: rojo, verde, o amarillo), que son representados como el valor del grado de un ángulo, cuyos valores posibles están en el rango de 0° a 360° (aunque para algunas aplicaciones estos valores son normalizados de 0% a 100%).
- Saturación: Es representado como la distancia del eje del brillo negro – blanco. Los posibles valores están en el rango de 0% a 100%.
- Valor: Representa la altura en el eje negro – blanco. Los posibles valores están en el rango de 0% a 100%. Donde 0 es siempre negro, que depende de la saturación, 100 podría ser blanco o un color más o menos saturado. (Sánchez, et al., 2011: p.13)

3.4. Packetriot (Visualizador Publico de Servidores Locales)

Packetriot es un producto desarrollado y administrado por “Terrapinlabs” con una de sus sedes en la ciudad de Dallas- Estados Unidos que administra las direcciones para Latinoamérica, este servicio nos permite que un servidor local sea visualizado a través de un subdominio perteneciente a xxx.pktriot.net con el cual podremos acceder remotamente desde cualquier parte del mundo. Ahora procedemos con el proceso para instalar packetriot en Linux además de la creación de los subdominios y túneles necesarios para que el servidor local sea público con los siguientes pasos a seguir:

1. Descargar el instalador de packetriot con “**wget https://download.packetriot.com/linux/debian/buster/stable/non-free/binary-amd64/pktriot-0.15.2.amd64.deb**”.
2. Instalaremos pktriot con “**dpkg -i pktriot-0.15.2.amd64.deb**”
3. Ya instalado pktriot procedemos a configura el túnel con nuestro usuario y contraseña con “**pktriot configure**”, como se ve en la Ilustración 9-3:

```
[ney@ubuntu] pktriot configure
Choose a path to the configuration file:
[1] /etc/pktriot/config.json
[2] /data/config.json
[3] /home/ney/.pktriot/config.json

Input selection [#]: 3

Authenticate client with login credentials:
Email: neycerxxx@domain.com
Password:
Authenticated!

Choose the region for the edge server to connect to:
+-----+
| # | Region |
+-----+
| 1 | us-east |
+-----+
| 2 | us-west |
+-----+
| 3 | eu-central |
+-----+
| 6 | us-south |
+-----+
```

Ilustración 9-3: Configuración de pktriot.

Realizado por: Anchundia, N., 2023

4. Ahora agregamos las reglas con contienen la URL y el puerto TCP para ftp con “**pktriot tunnel http add --domain xxx.pktriot.net --destination x.x.x.x --http 1880**” y con “**pktriot tunnel TCP forward --destination x.x.x.x --dstport 22**”.
5. Ya con esto podemos ejecutar pktriot e iniciar el túnel.

3.5. Comparativas de Tarjetas de Desarrollo

Primero se va a comparar las tarjetas de desarrollo que se utilizarán dentro de los nodos de sensores suelo y sensores ambientales, comparando las tarjetas Arduino nano, esp8266 y Raspberry pi pico como se observa en la Tabla 2-3:

Tabla 2-3: Comparativa entre tarjetas de desarrollo.

	ARD. NANO	ESP8266	RASPBERRY PI PICO
Procesamiento (Hz)	16 MHz	80-160 MHz	133 MHz
Memoria RAM	2 KB	64 KB	264 KB
Memoria ROM	32 KB	96 KB	2 MB
Pines	14	16	26
Alimentación	5 v	3.3 – 5 v	1.8 – 5 v
Conectividad Inalámbrica	-	802.11 b/g/n	802.11n - Bluetooth 5.2

Realizado por: Anchundia, N., 2023

De los datos de la tabla anterior se puede observar la Raspberry sería la mejor opción para utilizar, pero faltan más datos de funcionamiento y programación que no se toman en cuenta, por eso en la Tabla 3-3 que mientras de mejor manera, usando la comparativa de likert se tomara la mejor decisión de cual tarjeta es la más adecuada con un nivel de 1 al 5, siendo 1 bajo y 5 alto.

Tabla 3-3: Likert de las tarjetas de desarrollo.

	ARD. NANO	ESP8266	RASPBERRY PI PICO
Costo	3	2	4
Nivel de Programación	1	1	3
Disponibilidad de Mercado	5	5	3
Integridad	4	4	4
Fiable	4	4	4
Total	17	16	18

Realizado por: Anchundía, N., 2023

Como se puede observar en la tabla de Likert la comparativa la gana la ESP8266 por el motivo que es mucho más fácil de usar y económica al momento de adquirirla.

3.6. Sensores Humedad, Temperatura y Radiación UV

Estos son los elementos que tienen la única función de adquirir todos los datos correspondientes a la humedad y temperatura ambiente además de la humedad del suelo, en conjunto con la radiación ultravioleta que están afectando directamente al cultivo de brócoli. El fin de todos estos sensores es capturar en tiempo real todos los parámetros que ocurren durante el proceso de la crianza del brócoli hasta su cosecha con el fin de prevenir ciertas afectaciones por este tipo de climas al ser más lluvioso de lo normal y que agranda las enfermedades que se están analizando en este proyecto.

3.6.1. Sensores SHT35 Humedad y Temperatura Ambiente y SHT31 Humead Suelo

Esta familia de sensores destaca por su extraordinario rendimiento en la relación a su precio, su sensibilidad alcanza un amplio rango de temperatura desde los -40 °C hasta los 125 °C, y puede adaptarse a cualquier escenario.

Existen tres versiones del sensor: SHT30, SHT31, y SHT35, diferenciándose ligeramente por la precisión en ambas mediadas, ya sea humedad o temperatura, además se puede incluir un revestimiento con un grado de protección IP67 tomando en cuenta que el FS400-SHT35 está dedicado para uso de ambiente exterior y el FS304-SHT31 para ser enterrado en suelo como se ve en la Ilustración 10-3 e Ilustración 11-3. (Falcón y Florez, 2019: p. 1)



Ilustración 10-3: Sensor de Humedad y temperatura FS400-SHT35.

Fuente: (Falcón, J., y Florez, J., 2019: p. 1)



Ilustración 11-3: Sensor de Humedad y temperatura FS304-SHT31.

Fuente: : (Falcón, J., y Florez, J., 2019: p. 1)

Estos sensores combinan múltiples funciones y varias interfaces como I2C y salidas de voltaje analógicas como un rango desde 2.15 a 5.5 V. Trabaja con un microprocesador CMOS optimizado que brinda mayor confiabilidad y precisión, entre otras ventajas presente un modelo de alerta con límites programables de temperatura y humedad, la velocidad de comunicación alcanza 1 MHz.

3.6.2. *Sensor ML8511*

Se trata de un sensor de luz ultravioleta (UV), entrega una señal analógica que depende de la cantidad de luz UV que se detecta, este módulo puede detectar la luz con una longitud de onda entre 280 – 390 nm, la salida está relacionada linealmente con la intensidad UV (mW/cm²) como se ve en la Ilustración 12-3. (Huamán, 2018: p. 25)



Ilustración 12-3 Sensor UV ML8511.

Fuente: (Huamán, W., 2018: p. 25)

3.7. Diseño del Sistema IoT con Node-red

Primer paso para la creación de todo el sistema IoT con el cual podremos controlar, administrar e interactuar mediante un Dashboard en el cual se dará la visualización de todos los sensores tanto de la humedad del suelo como lo de parámetros ambientales además de controlar la cámara manualmente con la cual será el procesado digital de imágenes y se obtendrá un resultado para su posterior evaluación en la detección de las plagas.

El diseño se compone de 3 partes esenciales:

- La visualización de los parámetros ambientales que incluye la radiación ultravioleta, temperatura y humedad del ambiente como se ve en la Ilustración 13-3.



Ilustración 13-3: Dashboard Monitoreo Ambiental.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- La visualización de los cuatro sensores de humedad del suelo como se ve en la Ilustración 14-3.

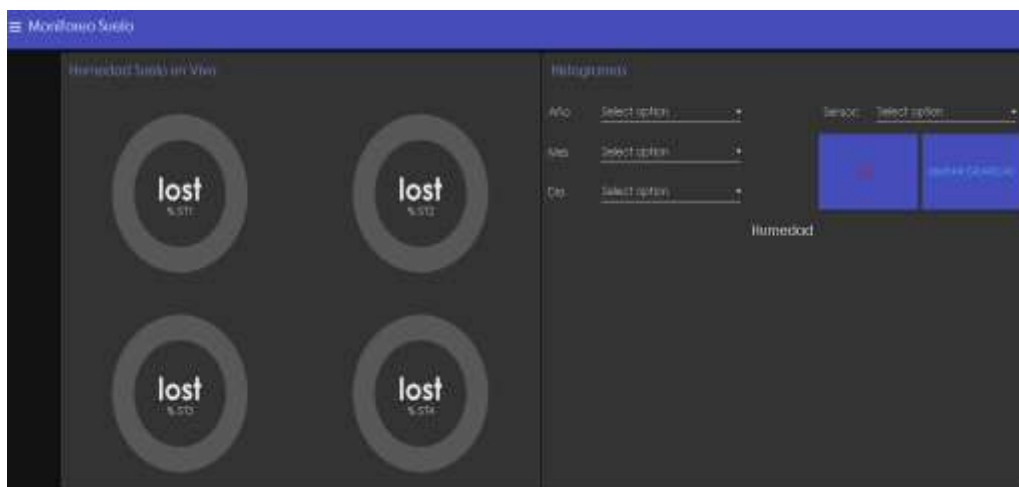


Ilustración 14-3: Dashboard Monitoreo Suelo.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- La visualización de los resultados de la cámara que se compone de cuatro secciones: en la imagen original, la imagen en formato HSV, la detección de la plaga MILDIU y la detección de la plaga DAMPER como se ve en la Ilustración 15-3.

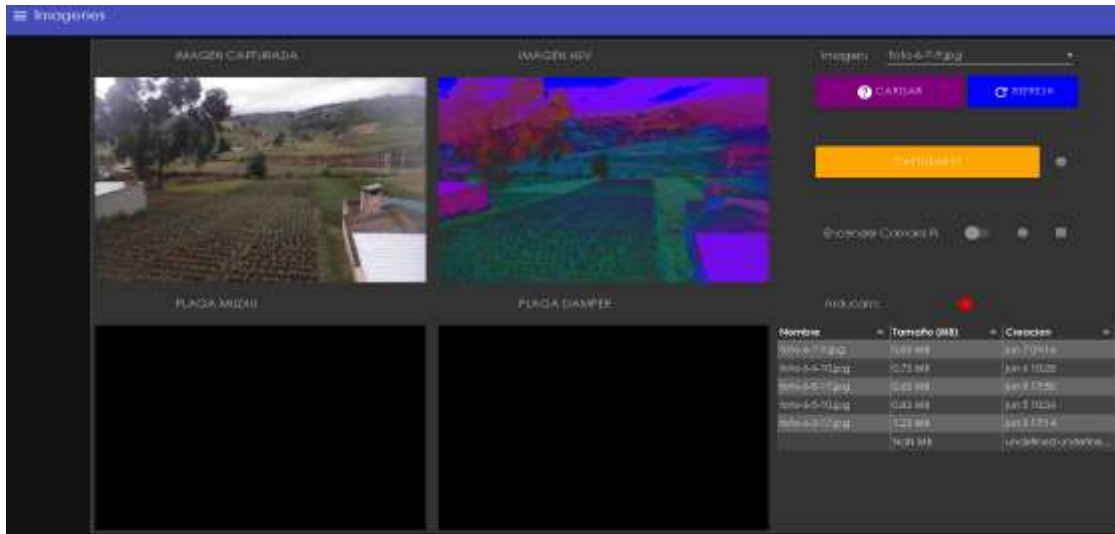


Ilustración 15-3: Dashboard Imágenes.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Y como se puede observar en las ilustraciones anteriores el Dashboard de Node-red es lo que se mostrada en la URL publica que cualquier persona puede acceder con las credenciales correctas, además de ver en tiempo real toda la información.

3.8. Nodos de Humedad Suelo.

El Nodos paso para el Sistema IoT el cual está confirmado por 2 partes, la caja impermeable y los circuitos internos. Como se puede observar en la Ilustración 16-3 tenemos la caja impermeable que una caja con protección contra la lluvia IP55 y 3 prensacables cuya función es la sacar cable al exterior, pero sin perder la protección IP55, siendo los nodos suelo SHT31.

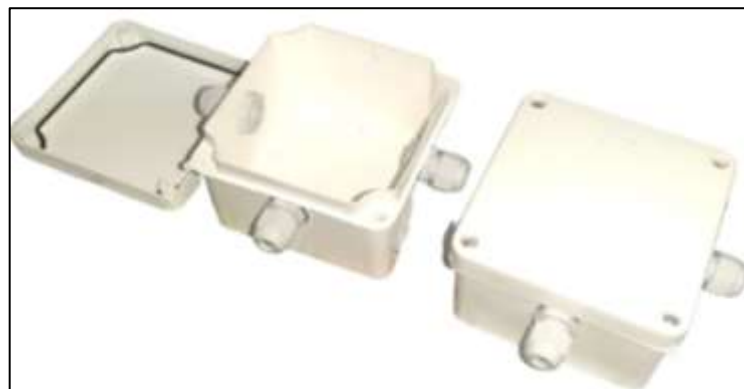


Ilustración 16-3: Cajas Impermeable IP55 (Nodos Suelo).

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Dentro de la caja incluye una fuente a 3.3v, un ESP01 y el sensor de Humedad suelo FS304-SHT31 cuyo diseño se puede ver en la Ilustración 17-3:

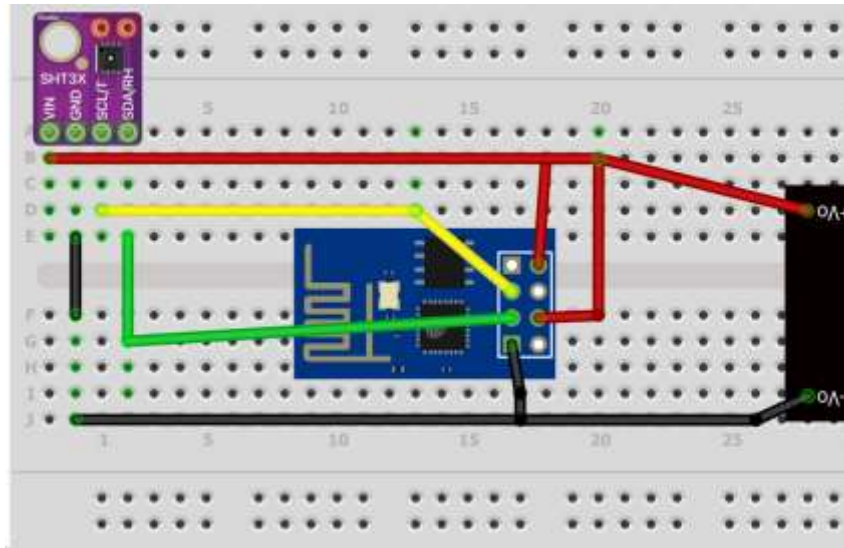


Ilustración 17-3: Elementos internos (Nodos Suelo).

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

3.9. Nodo de Radiación UV, Temperatura y humedad ambiente

Este es el nodo que tiene como fin la medición de todos los parámetros ambientales dentro del cultivo como lo son la radiación ultravioleta, la temperatura y humedad que ocurre dentro del ambiente, es decir el aire son obtenidos mediante 2 sensores, el SHT35 y el ML8511. El sensor SHT35 se comunica mediante I2C y el sensor ML8511 mediante salida analógica hacia el ESP8266. Cómo se puede observar en la ilustración 18-3 tenemos el nodo ambiental compuesto por los 2 sensores y la tarjeta de desarrollo.

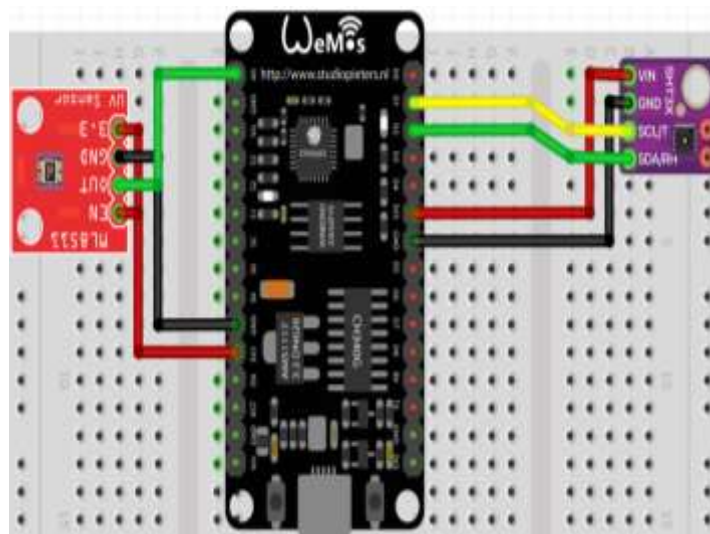


Ilustración 18-3: Elementos internos (Nodos Ambiental).

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

3.10. Nodo de Imágenes

Este nodo está compuesto por 2 partes principales, que son las Raspberry pi 4b y la cámara Arducam de 64 megapíxeles como se ve en la Ilustración 19-3:



Ilustración 19-3: Arducam 64Mpx y Raspberry pi 4b.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

3.11. Implementación del Sistema

Luego de haber culminado exitosamente todos los procesos de elaboración y fabricación de cada uno de los nuevos además de todo el diseño completo del sistema de monitoreo, ahora se procede con la instalación completa del sistema en la plantación de brócoli en el pueblo de gatazo teniendo en cuenta que se lo va a dividir en tres secciones que son las siguientes:

3.11.1. Implementación Central de recursos

La central de recursos es la parte esencial que administra la energía y conexión Wi-Fi, que está conectada hacia el nodo de imágenes compuesto por la cámara Arducam y los sensores ambientales. Esta central administra un Router Wi-Fi de alta potencia y largo alcance, cubriendo todo el terreno en su totalidad como se ve en la Ilustración 20-3.



Ilustración 20-3: Central de Recursos.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

3.11.2. Implementación Nodos Suelo

Los nodos suelo cumplen la función de obtener la humedad que está registrando en ese punto del suelo cuyo diámetro de alcance es de aproximadamente 100m enterrados a 1,5 metros de distancia en el suelo, el terreno tiene una dimensión de 20x60 metros y se dividió en cuatro secciones instalando los nodos suelo a una separación de 15 m de cada uno siendo un total de cuatro para la medición correcta de toda la parcela del terreno como se ve en la Ilustración 21-3.



Ilustración 21-3: Nodo Suelo.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

3.11.3. Implementación Nodo Ambiente e Imágenes.

Es por más uno de los nodos más complejos de diseñar e implementar por su lugar dónde va a estar reposando durante todo el proyecto, el lugar definido es un poste de luz ubicado justo en el previo del terreno con el cual se levantó toda esto, hacía una altura de 7 m e inclinación de 20° para capturar correctamente todas las imágenes del terreno y enviarlas a su posterior procesamiento en el servidor ubicado en la ciudad de Riobamba. Como se puede observar en la Ilustración 22-3 tenemos el nodo ambiente e imágenes, mismo que consta de la cámara Arducam de 64 Megapíxeles, Raspberry pi 4b, ESP8266, SHT 35 y el sensor de radiación ML8511.



Ilustración 22-3: Nodo Ambiente e Imágenes.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

3.12. Verificación de Funcionamiento del Sistema IoT

El sistema de monitoreo y procesamiento digital de imágenes que posteriormente se diseñó y elaboró todos los nodos conectados e interconectados hacía único mismo punto que es el sistema que está controlado por la base de datos y el gestor de toda la información Node-red. Cómo se puede observar en la ilustración 23-3 tenemos ya el sistema funcionando sus 3 secciones captando, guardando y mostrando toda la información pertinente de cada uno de los nodos además de corroborar el funcionamiento y posterior procesamiento de las imágenes que captura la cámara de 64 megapíxeles.

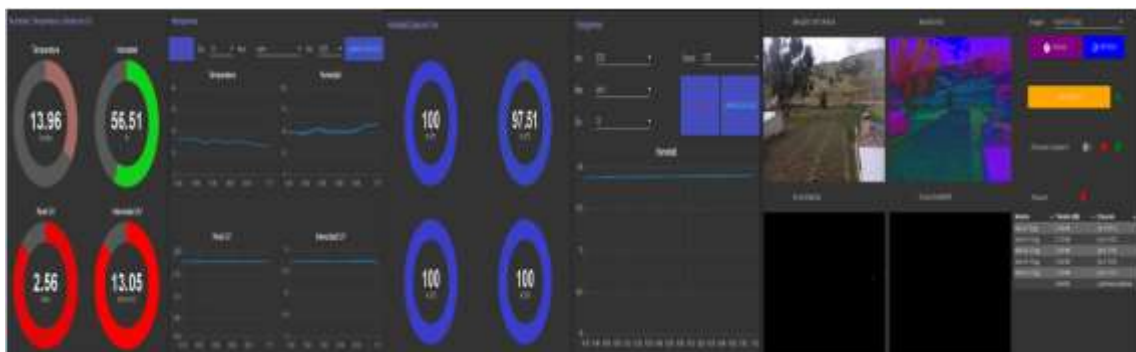


Ilustración 23-3: Sistema IoT.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

3.12.1. Ventana “Monitoreo Ambiental”

En esta ventana se podrá observar toda la información pertinente capturada por los sensores SHT35 (sensor de humedad y temperatura ambiental) y del ML8511 (sensor de radiación UV), mismos que se muestran en la Ilustración 24-3:

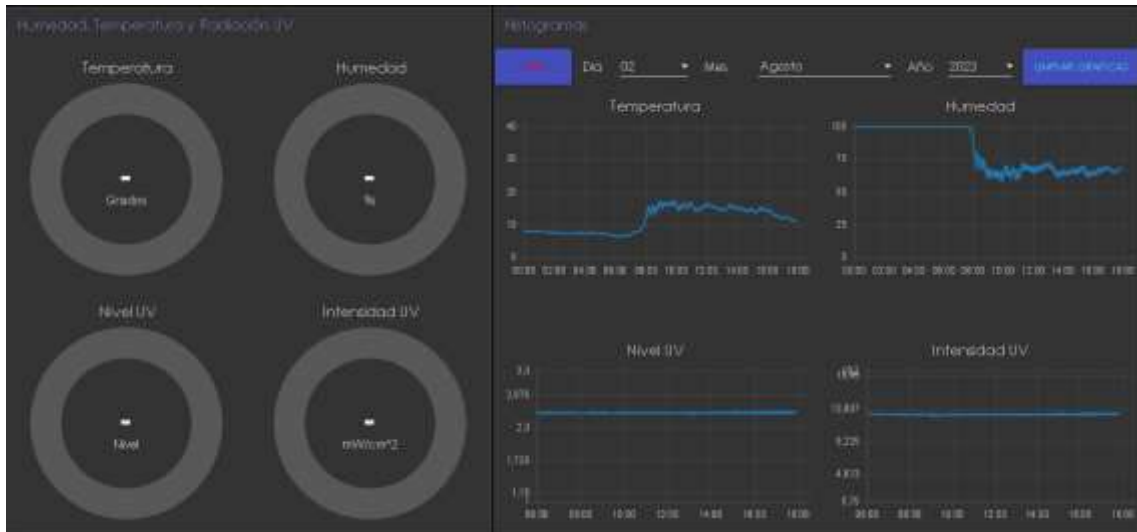


Ilustración 24-3: Ventana Monitoreo Ambiental.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

3.12.2. Ventana “Monitoreo Suelo”

En esta ventana se podrá observar toda la información pertinente capturada por los sensores SHT31 (sensor de humedad del suelo), mismos que se muestran en la Ilustración 25-3:

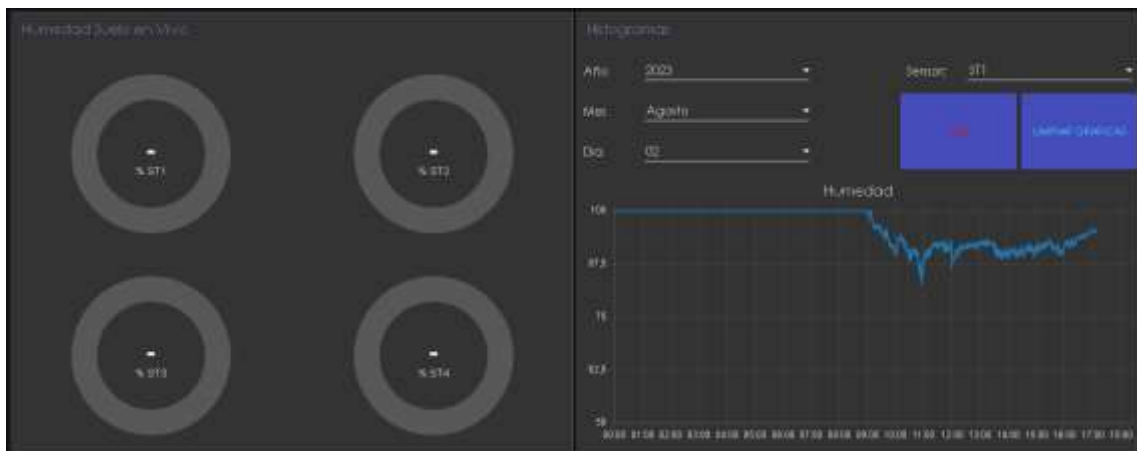


Ilustración 25-3: Ventana Monitoreo Suelo.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

3.12.3. Ventana “Imágenes”

En esta ventana se podrá observar toda la información pertinente capturada por la cámara Arducam de 64Megapíxeles, la cual muestras la imagen original y las procesadas con las plagas pertinentes a este proyecto, mismos que se muestran en la Ilustración 26-3:

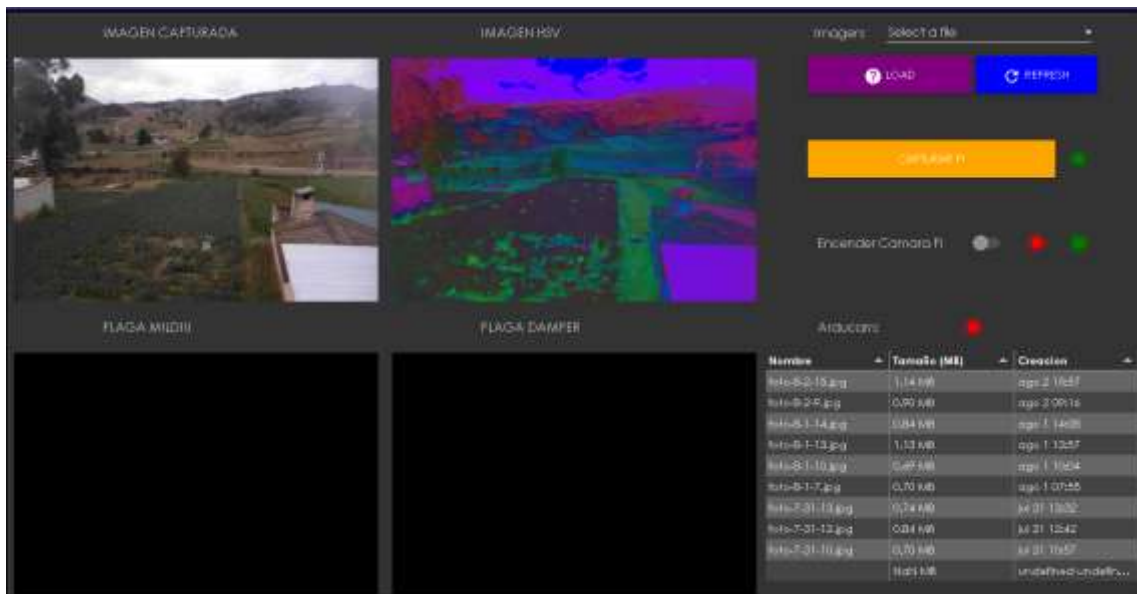


Ilustración 26-3: Ventana Imágenes.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

3.12.4. Estado del Túnel

Como se mencionó anteriormente todo el sistema funciona bajo un servidor local, al igual que el funcionamiento de este servidor también se comprueba el funcionamiento correcto del túnel que permite que este servidor local sea público y conectar cualquier sensor y la cantidad necesarias sensores a través de una URL para el envío de toda la información, en la Ilustración 27-3 se puede observar que el túnel está activo.

serverTesis Terminate

██████████.pktriot.net

Server: ██████████.pktriot.net
 IPv4: 144.202.69.96
 IPv6: 2001:19f0:6401:1a12:5400:2ff:febede0a

Host: 179.49.13.120 Version: v0.15.1 Client: linux/amd64 Uptime: 2.5 hrs Daily: 78.08 MB Monthly: 103.20 MB

Services
Access Metrics
Status

HTTP

Domain	Protocol	Daily	Monthly
██████████.pktriot.net	HTTP/S	0.00 B	8.83 MB
██████████.pktriot.net	HTTP/S	78.05 MB	94.33 MB

TCP

Label	Port	Daily	Monthly
	██████	36.41 KB	36.41 KB

Ilustración 27-3: Estado del Túnel en packetriot.net

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS DE RESULTADOS

4.1. Introducción

En este apartado se da a conocer todos los resultados del sistema IoT de monitoreo y procesamientos de imágenes en un cultivo de brócoli para la detección de las plagas DAMPER y MILDIU, se realizó las pruebas con el sistema de procesamiento de imágenes tomando 1 foto cada día o cada 2 días con el fin de constatar el crecimiento del brócoli desde que se plantó la planta hasta su posterior cosecha.

4.2. Operaciones del Servidor y estado de funcionamiento

El servidor que se ha mencionado en apartados anteriores tiene un funcionamiento de 24/7, es decir que funciona todo el día todos los días en cual el proceso de este proyecto se está realizando. Desde el día uno que se instaló todo el sistema, en conjunto sensores y cámara hasta el último día que se procedió con la cosecha del brócoli.

El sistema de funcionamiento del servidor se compone de 3 partes esenciales que son:

4.2.1. Estado del Servidor LAMP (Linux, Apache, MySQL y Python)

En este apartado comprobaremos el estatus activo de cada uno de los servicios del servidor LAMP, en la Ilustración 1-4, podemos observar que este servicio se encuentra activo además de mostrar los consumos y las tareas que se están realizando al momento de ser la petición “status”.

```
root@ubuntu:/home/ney# service apache2 status
● apache2.service - The Apache HTTP Server
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/apache2.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Sat 2023-08-05 09:18:58 -05; 2 days ago
     Docs: https://httpd.apache.org/docs/2.4/
   Process: 770 ExecStart=/usr/sbin/apachectl start (code=exited, status=0/SUCCESS)
   Process: 8803 ExecReload=/usr/sbin/apachectl graceful (code=exited, status=0/SUCCESS)
  Main PID: 856 (apache2)
    Tasks: 6 (limit: 9273)
   Memory: 22.2M
      CPU: 12.706s
   CGroup: /system.slice/apache2.service
```

Ilustración 1-4: Estado de Apache.

Realizado por: Anchundía, N., 2023.

Siguiendo con el siguiente apartado veremos el estado activo del servicio de MySQL con lo cual comprobaremos también los consumos y tareas que están produciendo tiempo real al momento de proceder con el comando “status”, como se observa en la Ilustración 2-4.

```
root@ubuntu:/home/ney# service mysql status
• mysql.service - MySQL Community Server
   Loaded: loaded (/lib/systemd/system/mysql.service; enabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Sat 2023-08-05 09:19:00 -05; 2 days ago
     Process: 714 ExecStartPre=/usr/share/mysql/mysql-systemd-start-pre (code=exited, status=0/SUCCESS)
    Main PID: 858 (mysqld)
      Status: "Server is operational"
        Tasks: 45 (limit: 9273)
       Memory: 750.3M
          CPU: 1h 25min 51.450s
       CGroup: /system.slice/mysql.service
              └─858 /usr/sbin/mysqld
```

Ilustración 2-4: Estado de MySQL.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.2.2. Estado del Servicio de Node-red

Este es el servicio más importante de todo el sistema dado que es el gestor de cada uno de los recursos del proyecto en general, gestiona y controla la cámara con el conjunto de procesamiento digital de imágenes, además de guardar y mostrar resultados de las conexiones Websocket con los sensores y cada uno de ellos se guarda por separado. El estado de este recurso o servicio es esencial para que todo el sistema funcione y se utiliza correctamente con PM2 que es un servicio para ejecutar archivos JS de manera automática al encender el servidor como se puede observar en la siguiente Ilustración 3-4.

```
root@ubuntu:/home/ney# pm2 info node-red
Describing process with id 0 - name node-red

status      online
name        node-red
namespace   default
version     N/A
restarts    0
uptime      2D
script path /usr/local/bin/node-red
script args -v
error log path /root/.pm2/logs/node-red-error.log
out log path /root/.pm2/logs/node-red-out.log
pid path /root/.pm2/pids/node-red-0.pid
interpreter node
interpreter args N/A
script id 0
exec cwd /home/ney
exec mode fork_mode
node.js version 18.15.0
```

Ilustración 3-4: Estado de Node-Red

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.2.3. Estado del servicio de Packetriot

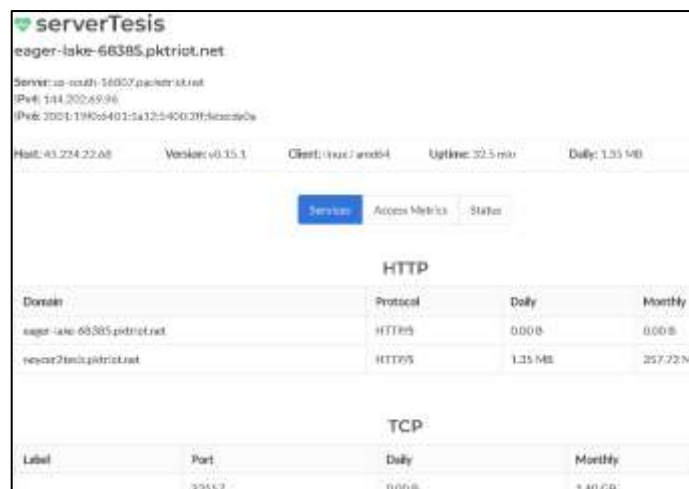
El túnel de packetriot es el elemento que permite visualizar nuestro servidor LAMP que está de manera local ser visualizado por todo el mundo es decir un servidor de dominio público, esto se lo realiza mediante el servicio de packetriot. El cual nos establece un túnel TLS que permite la comunicación entre nuestros sensores que están en la ciudad de Gatazo hacia nuestro servidor que se encuentra en Riobamba, esto lo utiliza mediante el túnel antes mencionado el cual nos establece un dominio DNS público que se reserva dentro del alojamiento de packetriot, la función de este túnel es de un puente entre la comunicación de nuestros sensores hacia nuestro servidor, el servidor de DNS de packetriot no guarda ninguna información sólo sirve de paso de cómo llegar hasta nuestro servidor privado en Riobamba, y se puede visualizar el estado de este túnel en la página oficial de packetriot como se ve en la Ilustración 4-4 y dentro de nuestro servidor con el comando status como se observa en la Ilustración 5-4.

```
root@ubuntu:/home/hey# service packetriot status
● packetriot.service - packetriot
   Loaded: loaded (/etc/systemd/system/packetriot.service; disabled; vendor preset: enabled)
   Active: active (running) since Mon 2023-08-07 20:28:24 -05; 27min ago
     Main PID: 1378 (packetriot)
        Tasks: 6 (limit: 9273)
       Memory: 29.7M
          CPU: 52.822s
     CGroup: /system.slice/packetriot.service
            └─1378 /usr/bin/packetriot --config /etc/packetriot/config.json start

ago 07 20:28:28 ubuntu packetriot[1378]: | Domain | Destination | HTTP |
ago 07 20:28:28 ubuntu packetriot[1378]: |-----|-----|-----|
ago 07 20:28:28 ubuntu packetriot[1378]: | neycer2tesis.packetriot.net | 127.0.0.1 | 1880 |
ago 07 20:28:28 ubuntu packetriot[1378]: |-----|-----|-----|
ago 07 20:28:28 ubuntu packetriot[1378]: Running TCP services:
ago 07 20:28:28 ubuntu packetriot[1378]: |-----|-----|-----|
ago 07 20:28:28 ubuntu packetriot[1378]: | Port | Destination | Dest Port |
ago 07 20:28:28 ubuntu packetriot[1378]: |-----|-----|-----|
ago 07 20:28:28 ubuntu packetriot[1378]: | 22557 | 127.0.0.1 | 22 |
ago 07 20:28:28 ubuntu packetriot[1378]: |-----|-----|-----|
```

Ilustración 4-4: Estado del Túnel en Linux.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.



The screenshot shows the Packetriot web interface for a server named 'eager-lake-66385.packetriot.net'. It displays server details such as IP addresses, host name, version (v0.15.1), client (linux/amd64), uptime (32.5 min), and daily traffic (1.35 MB). Below this, there are tabs for 'Services', 'Access Metrics', and 'Status'. The 'Access Metrics' tab is active, showing a table for HTTP traffic and another for TCP traffic.

Domain	Protocol	Daily	Monthly
eager-lake-66385.packetriot.net	HTTP8	0.00 B	0.00 B
neycer2tesis.packetriot.net	HTTP5	1.35 MB	257.72 MB

Label	Port	Daily	Monthly
	22557	0.00 B	1.40 GB

Ilustración 5-4: Estado del Túnel en packetriot.net

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

A partir de la Ilustración 4-4, tenemos:

- Dominio DNS público de nuestro servidor, activando el puerto 1880 de Node-red, como se ve en la Ilustración 6-4.

```
| Domain | Destination | HTTP |
+-----+-----+-----+
| neycer2tesis.pktriot.net | 127.0.0.1 | 1880 |
+-----+-----+-----+
```

Ilustración 6-4: DNS público y puerto de Node-red

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- Puerto SFTP que permite el intercambio grande de información de manera segura, el cual se activa el puerto 22 de nuestro servidor y usa el puerto 22557 del túnel, como se ve en la Ilustración 7-4.

```
Running TCP services:
+-----+-----+-----+
| Port | Destination | Dest Port |
+-----+-----+-----+
| 22557 | 127.0.0.1 | 22 |
+-----+-----+-----+
```

Ilustración 7-4: Puerto SFTP.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

A partir de la Ilustración 5-4, tenemos:

- En esta sección tenemos el nombre del Túnel, el dominio DNS dentro de packetrIoT, además de la información del servidor de paso en USA, y al final el “HOST”, que es la dirección IP del servidor privado que se tiene em Riobamba, como se ve en la Ilustración 8-4.

				
eager-lake-68385.pktriot.net				
Server: us-south-16807.packetriot.net				
IPv4: 144.202.69.96				
IPv6: 2001:19f0:6401:1a12:5400:2ff:febe:de0a				
Host: 45.224.22.68	Version: v0.15.1	Client: linux / amd64	Uptime: 32.5 min	Daily: 1.35 MB

Ilustración 8-4: Información general del túnel.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- Ahora se puede ver los servicios que el túnel está ofreciendo, en HTTP se tiene activo del dominio DNS personalizado utilizado en todo el proyecto y en TCP es el puerto SFTP que se utiliza para el envío de las fotos en alta calidad desde la cámara en gatazo al servidor en Riobamba que posterior se hará su procesamiento, como se ve en la Ilustración 9-4.

HTTP			
Domain	Protocol	Daily	Monthly
eager-lake-68385.pktiot.net	HTTP/S	0.00 B	0.00 B
neycer2tesis.pktiot.net	HTTP/S	1.35 MB	357.72 MB

TCP			
Label	Port	Daily	Monthly
	22557	0.00 B	1.40 GB

Ilustración 9-4: Información HTTP/TCP del túnel.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.3. Trafico a través del Servidor

El tráfico generado desde y hacia el servidor principal que contiene todo el sistema de procesamiento se lo monitorio en un tiempo de 1 minuto con la herramienta de redes “Wireshark” con la cual podremos monitorear toda la información de red que recibe y responde el servidor.

- Como funciona TLS en la cual trabaja el túnel para el transporte de información de nuestros sensores lo realiza mediante https con el puerto 443, como se ve en la Ilustración 10-4.

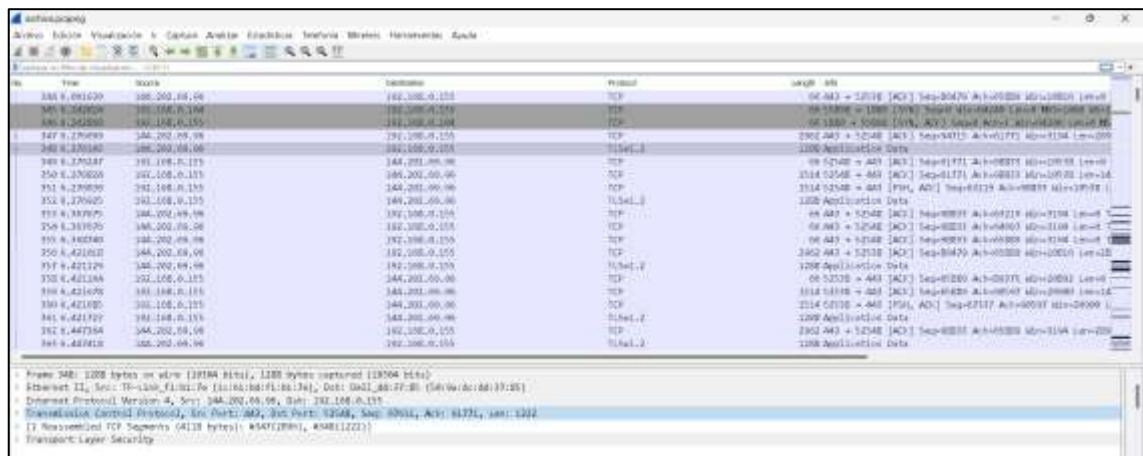


Ilustración 10-4: Comunicación de Túnel por TLS.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- Siendo WebSocket el protocolo más usado en este proyecto, que por este mismo protocolo se observa la información que envían los sensores dentro del texto plano lo que corrobora que WebSocket no es tan seguro como se había planteado y se puede leer la información con las herramientas adecuadas, como se ve en la Ilustración 11-4.

```

1525_ 427.253689 192.168.0.155 192.168.0.104 WebSocket
1525_ 427.253518 192.168.0.155 192.168.0.104 WebSocket
1525_ 427.253304 192.168.0.155 192.168.0.104 WebSocket
1525_ 426.401763 192.168.0.155 192.168.0.104 WebSocket
1525_ 426.331703 192.168.0.155 192.168.0.104 WebSocket
1524_ 425.498829 192.168.0.155 192.168.0.104 WebSocket
1524_ 425.192712 192.168.0.155 192.168.0.104 WebSocket

> Frame 152641: 134 bytes on wire (1072 bits), 134 bytes captured (1072 bits)
> Ethernet II, Src: Dell_44:37:85 (50:9a:4c:44:37:85), Dst: CloudNet_db:f3:ad (90:0f:0c:db:f3:ad)
> Internet Protocol Version 4, Src: 192.168.0.155, Dst: 192.168.0.104
> Transmission Control Protocol, Src Port: 1880, Dst Port: 55872, Seq: 23331560, Ack: 1500, Len: 80
> WebSocket
  Line-based text data (1 lines)
    42["update-value",{"value":100,"msg":{"payload":100},"id":"05d99d24225f0321"}]

```

Ilustración 11-4: Comunicación de WebSocket.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.4. Trafico a través del Túnel

Dentro de la página oficial de packetriot este ítem se lo conoce como métricas, en la cual se puede observar sin ningún problema el cómo la información pasa por el túnel desde nuestros sensores hacia el servidor, como se ve en la Ilustración 12-4. En la cual los datos de “N.2tesis.pktriot.net” es la información WebSocket que envían los sensores hacia el servidor y “TCP:22557” es la imagen en HD que se envía desde la cámara en la plantación hacia el servidor en Riobamba.

Service	Source Address	Data	Timestamp
neycer2tesis.pktriot.net	45.224.22.68	2.15 KB	13:00:02 Aug 8, 2023
tcp:22557	45.225.44.40	88.45 MB	12:58:51 Aug 8, 2023
neycer2tesis.pktriot.net	45.224.22.68	2.15 KB	12:50:02 Aug 8, 2023
neycer2tesis.pktriot.net	45.224.22.68	2.15 KB	12:40:02 Aug 8, 2023
neycer2tesis.pktriot.net	45.224.22.68	2.15 KB	12:30:02 Aug 8, 2023

Ilustración 12-4: Métricas en packetriot.net

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.5. Velocidades de banda en la plantación de brócoli y en el servidor.

En este apartado se hace las mediciones del ancho de banda en Mbit/s del cultivo de brócoli como se ve en la Ilustración 13-4 y en el servidor como se ve en la Ilustración 14-4, como lo cual tenemos acceso a internet en ambos lados del sistema IoT, para que así funciones correctamente todos los días. Además, para ambas pruebas se utilizó la página web de speedtest.net.



Ilustración 13-4: Ancho de banda en Gatazo.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.



Ilustración 14-4: Ancho de banda en el servidor.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.6. Gestores de datos por Python

Utilizando el comando “time python3 -archivo.py-”, se puede conocer exactamente cuándo se demora en ejecutar completamente un archivo de Python, para después con esta información proceder a optimizar todo el sistema, que funcione lo más rápido y preciso posible, de esto tenemos:

- El tiempo total que demorar en tomar la foto la Arducam de 64Mpx como se ve en la Ilustración 15-4 que es de 37 segundo aproximadamente.

```
root@raspberrypi:/home/ney/fotos# time python3 prueba2.py
[0:03:50.319263324] [981] INFO Camera camera_manager.cpp:299 libcamera v0.0.0+4225-74d023d8
[0:03:50.365406184] [983] WARN CameraSensorProperties camera_sensor_properties.cpp:243 No static p
[0:03:50.365491749] [983] WARN CameraSensorProperties camera_sensor_properties.cpp:245 Please cons
[0:03:50.414053397] [983] WARN RPI raspberrypi.cpp:1357 Mismatch between Unicam and CamHelper for
[0:03:50.415168687] [983] INFO RPI raspberrypi.cpp:1476 Registered camera /base/soc/i2c0mux/i2c@1/
[0:03:50.415947218] [981] INFO Camera camera.cpp:1028 configuring streams: (0) 4624x3472-YUV420
[0:03:50.416303739] [983] INFO RPI raspberrypi.cpp:851 Sensor: /base/soc/i2c0mux/i2c@1/arducam_64
[0:04:04.386476756] [980] INFO Camera camera_manager.cpp:299 libcamera v0.0.0+4225-74d023d8
[0:04:04.440834109] [989] WARN CameraSensorProperties camera_sensor_properties.cpp:243 No static p
[0:04:04.440948861] [989] WARN CameraSensorProperties camera_sensor_properties.cpp:245 Please cons
[0:04:04.522873752] [989] WARN RPI raspberrypi.cpp:1357 Mismatch between Unicam and CamHelper for
[0:04:04.524151157] [989] INFO RPI raspberrypi.cpp:1476 Registered camera /base/soc/i2c0mux/i2c@1/
[0:04:04.532778904] [980] INFO Camera camera.cpp:1028 configuring streams: (0) 9152x6944-RGB888
[0:04:04.533227134] [989] INFO RPI raspberrypi.cpp:851 Sensor: /base/soc/i2c0mux/i2c@1/arducam_64

real    0m36.834s
user    0m10.350s
sys     0m2.150s
root@raspberrypi:/home/ney/fotos#
```

Ilustración 15-4: Tiempo en tomar la foto.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- Ahora ya con la foto tomada se mide el tiempo exacto que demorar en enviarse desde la cámara hacia el servidor físico en Riobamba, como se ve en la Ilustración 16-4, que es aproximadamente de 1 minuto con 20 segundos,

```
ney@raspberrypi: ~
root@raspberrypi:/home/ney/fotos# time python3 ftpx.py
/usr/local/lib/python3.9/dist-packages/pysftp/__init__.py:61: Use
bleHostKey checking (cnopts.hostkeys = None).
  warnings.warn(wmsg, UserWarning)

real    1m19.611s
user    0m7.547s
sys     0m2.194s
root@raspberrypi:/home/ney/fotos#
```

Ilustración 16-4: Tiempo enviar la foto al servidor.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- El tiempo medido en que se ejecuta el conjunto de códigos del sistema de procesamiento de imágenes que después se desglosara en cada uno de ellos como se establece, el tiempo que se mide es el archivo “man.sh” como se ve en la Ilustración 17-4, que es aproximadamente de 1 minuto con 20 segundos.

```
root@ubuntu:/home/ney/exepy# time sh man.sh
real    0m31,334s
user    0m9,596s
sys     0m1,884s
root@ubuntu:/home/ney/exepy#
```

Ilustración 17-4: Tiempo procesar la imagen.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.7. Sistema de Detección MILDIU/DAMPER

La parte de procesamiento de imágenes correspondiente a las plagas MILDIU/DAMPER comienza con la llegada de la información que en este caso en particular es la foto en formato de alta calidad con un peso promedio en 80 MB, y ahí procede con los siguientes puntos que se ejecutan:

- Node-red como gestor de todo el sistema manda la orden de ejecutar el archivo “man.sh” como se observa en la Ilustración 18-4, que contiene los códigos de procesamiento de la plaga y de compresión de la imagen como se observa en la Ilustración 19-4, para su posterior visualización dentro del “Dashboard” de node-red.

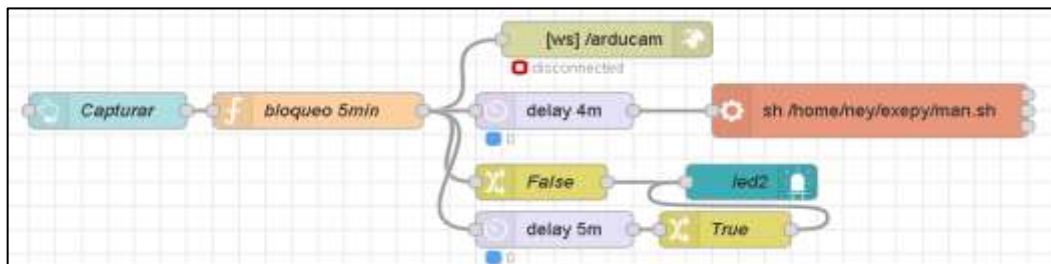


Ilustración 18-4: Nodos encargados de ejecutar man.sh

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

```
root@ubuntu:/home/ney/exepy# more man.sh
#!/bin/bash

python3 /home/ney/exepy/pdix.py
sleep 20
python3 /home/ney/exepy/compresx.py
```

Ilustración 19-4: Archivos que ejecuta man.sh

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.8. Procesamiento de imágenes para Mildiu

En este punto solo trata el evento posterior a darse después de ejecutar el archivo man.sh que a su vez ejecuta el archivo de Python “pdix.py” que contiene el código de procesamiento para la detección de la plaga MILDIU, como se puede observar en los puntos siguientes con cada estructura que contiene el procesamiento.

- Librerías Python para utilizar como se observa en la Ilustración 20-4.

```
import cv2
import numpy as np
import matplotlib.pyplot as plt
import matplotlib.image as mpimg
import datetime
```

Ilustración 20-4: Librerías en pdix.py

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- Cambio de formato de uso de la imagen de RGB a HSV el cual permite una mejor detección del espectro de los colores que contiene una imagen en formato PGN que contiene una mejor calidad e información de la foto, y así poder utilizarla después como se observa en la Ilustración 21-4.

```
img = cv2.cvtColor(imgx, cv2.COLOR_BGR2RGB)
img_hsv = cv2.cvtColor(img, cv2.COLOR_RGB2HSV)
```

Ilustración 21-4: Cambio de formato RGB a HSV.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- Procesamiento de imagen para la plaga MILDIU utilizando la gama de color de HSV, como se observa en la Ilustración 22-4.

```
#-----HSV(color::saturacion::brillo)-----130
umbral_bajo2 = np.array([15, 100, 135], np.uint8)
umbral_alto2 = np.array([40, 255, 255], np.uint8)
# hacemos la mask y filtramos en la original ----mildiu
mask2 = cv2.inRange(img_hsv, umbral_bajo2, umbral_alto2)
res2 = cv2.bitwise_and(white_image, white_image, mask=mask2)
```

Ilustración 22-4: Detección de MILDIU.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.9. Procesamiento de imágenes para DAMPER

Utilizando los mismo datos e información que se muestran en la Ilustración 20-4 e Ilustración 21-4, creamos hasta este punto el mismo código de procesamiento, ya en la detección de la plaga DAMPER se utiliza otros espectros para HSV como se observa en la Ilustración 23-4.

```
#:::DAMPER:::
umbral_bajo = np.array([125, 30, 90], np.uint8)
umbral_alto = np.array([180, 255, 255], np.uint8)
# hacemos la mask y filtramos en la original ----mildiu
mask = cv2.inRange(img_hsv, umbral_bajo, umbral_alto)
res = cv2.bitwise_and(white_image, white_image, mask=mask)
```

Ilustración 23-4: Detección de DAMPER

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.10. Análisis de los resultados de Parámetros Ambientales y del Suelo

En este apartado será el análisis de todos los resultados que se tuvieron durante el inicio del sembradío del brócoli hasta su posterior cosecha, los parámetros que se van a hacer un análisis son parámetros puntuales obtenidos durante todo el periodo de tiempo correspondiente a la humedad y temperatura del suelo, humedad y temperatura del ambiente además de la radiación solar que se produjo durante todo el proceso.

Con la implementación del sistema IoT propuesto, se logró anticipar la presencia de plagas en el cultivo al detectar variaciones en los niveles de humedad y temperatura ambiente, así como en la humedad del suelo, los cuales excedieron los valores recomendados. Estos datos proporcionaron una comprensión clara de que las plagas emergerían en un lapso de varios días tras la manifestación de dichas condiciones. Con respecto a las gráficas de todo el sistema el eje x es la fecha que se registra el dato del sensor y el eje y es la magnitud de ese dato en esa fecha.

4.10.1. Análisis de temperatura y humedad del ambiente

Los parámetros comparativos que se obtuvieron durante este proyecto, dame un resultado general de cómo se creó el brócoli conjunto con las lluvias, humedad y temperatura existente en el cual se cultivó el brócoli. Con una humedad de 82.47% y temperatura de 11,10°C en promedio que se tuvo durante todo el cultivo de brócoli, dan como resultado que, aunque la humedad estuvo siempre de manera correcta, la temperatura no fue la óptima, dando como resultado la presencia de helada que afectan directamente al crecimiento del brócoli y la posterior presencia de plagas derivadas a estos parámetros ambientales, como se observa en la Tabla 1-4, siendo Humedad (Hume) y Temperatura (Temp).

Tabla 1-4: Promedio por día, Humedad y Temperatura Ambiente.

Dia	Hume(%)	Temp(°C)	Dia	Hume(%)	Temp(°C)
26/5/2023	74,01	14,56	3/7/2023	74,00	12,97
27/5/2023	84,78	12,17	4/7/2023	73,33	12,70
28/5/2023	96,03	8,55	5/7/2023	81,20	12,02
29/5/2023	82,51	10,97	6/7/2023	86,00	11,95
30/5/2023	82,94	12,49	7/7/2023	87,98	11,91
31/5/2023	87,60	10,70	8/7/2023	89,03	11,04
1/6/2023	86,75	10,06	9/7/2023	91,21	9,81
2/6/2023	87,80	11,20	10/7/2023	84,92	10,43
3/6/2023	89,92	10,22	11/7/2023	83,34	10,27
4/6/2023	80,37	11,72	12/7/2023	82,32	9,22
5/6/2023	81,21	11,09	13/7/2023	75,26	11,11
6/6/2023	90,12	9,93	14/7/2023	85,02	11,57
7/6/2023	77,73	12,99	15/7/2023	87,60	11,11
8/6/2023	82,82	12,11	17/7/2023	87,21	10,85
9/6/2023	84,98	12,17	18/7/2023	88,45	8,82
13/6/2023	67,50	11,17	19/7/2023	80,36	9,51
14/6/2023	78,82	11,77	20/7/2023	83,32	10,51
15/6/2023	89,59	10,52	21/7/2023	83,95	10,22
16/6/2023	90,96	9,45	22/7/2023	80,25	11,02
17/6/2023	75,41	11,66	23/7/2023	81,48	11,33
18/6/2023	76,87	10,51	24/7/2023	83,24	10,62
19/6/2023	69,67	11,70	25/7/2023	79,09	11,42
20/6/2023	81,35	8,11	26/7/2023	75,89	12,57
21/6/2023	68,50	12,91	27/7/2023	98,74	9,51
22/6/2023	74,57	12,06	29/7/2023	90,03	10,22
23/6/2023	78,71	12,02	30/7/2023	87,32	10,51
24/6/2023	80,21	12,02	31/7/2023	79,62	9,97
25/6/2023	86,59	11,73	1/8/2023	86,33	10,18
26/6/2023	84,88	11,46	2/8/2023	81,90	11,45
27/6/2023	79,22	11,56	3/8/2023	75,13	10,58
28/6/2023	78,21	11,99	4/8/2023	79,36	10,86
29/6/2023	78,59	13,00	5/8/2023	83,58	10,56
30/6/2023	84,07	11,14	6/8/2023	83,76	10,59
1/7/2023	82,21	11,59	7/8/2023	84,32	10,45
2/7/2023	75,23	11,58	8/8/2023	85,56	8,73

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Como se puede observar en la tabla anterior en la semana del 06 de julio al 10 de julio se produjeron todas las condiciones óptimas para el surgimiento de la plaga MILDIU, misma que se pudo comprobar con la foto tomada el 11 de julio en la cual ya hay presencia de esta plaga, comprobando que el sistema IoT ayuda a predecir la plaga cuando existe humedad mayor al 90% y temperaturas por debajo de los 12°C.

4.10.1.1. *Semana del 25 al 31 de mayo del 2023*

Correspondiente a la primera semana en la cual se plantó el brócoli se observa que los parámetros de temperatura y humedad ambientales se mantienen con la humedad elevada con un promedio de 85,68% y en la temperatura por debajo de los 11,27°C, cual se observa en la Ilustración 24-4.

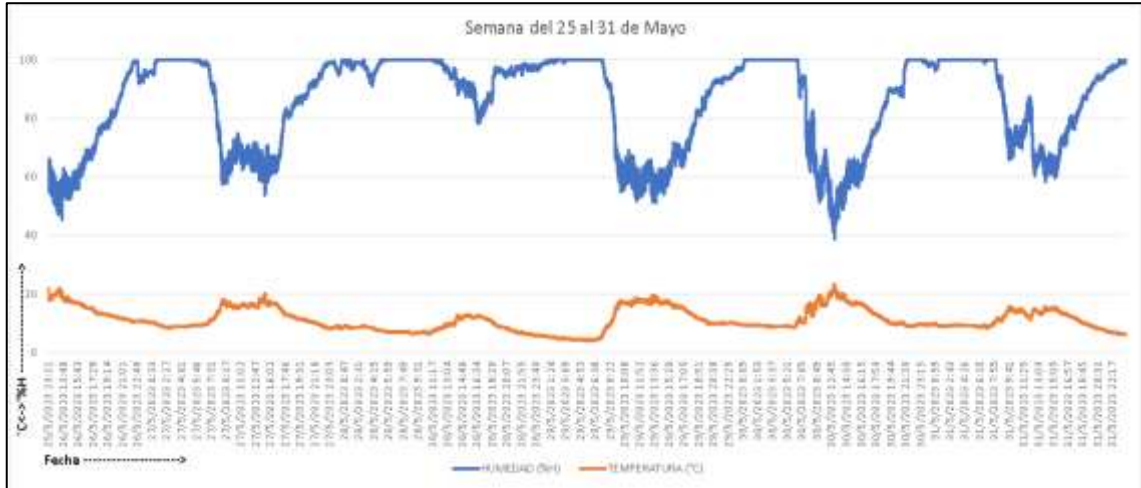


Ilustración 24-4: Humedad y Temperatura 25-31 de mayo.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.10.1.2. *Semana del 01 al 15 de junio del 2023*

Durante esta fecha correspondiente a las 2 primeras semanas de junio se puede corroborar un leve establecimiento de la humedad en el cual se me entiende dentro de los márgenes formales en este tiempo, pero la temperatura sigue estando por debajo de lo recomendado que fuesen los 15 a 18 °C para que el brócoli se cree de manera correcta en todo su tiempo, con una humedad de 83,64% y temperatura de 11,25°C se observa en la Ilustración 25-4.

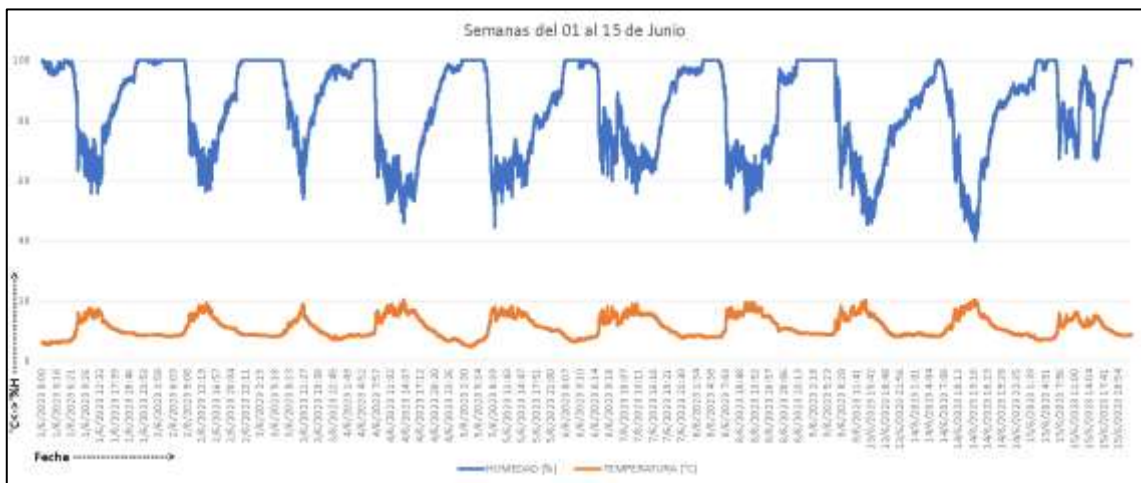


Ilustración 25-4: Humedad y Temperatura 01 - 15 de junio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.10.1.3. *Semana del 16 al 30 de junio del 2023*

Aunque ya en estas fechas hubo un leve aumento de la temperatura media ambiental la humedad se redujo por el motivo de que las precipitaciones en el sector comenzaron a hacer ya no tan periódicas en intervalos de un día, y después intervalos era por cada 2 o 3 días, con una humedad de 79,27% y temperatura de 11,52°C se observa en la Ilustración 26-4.

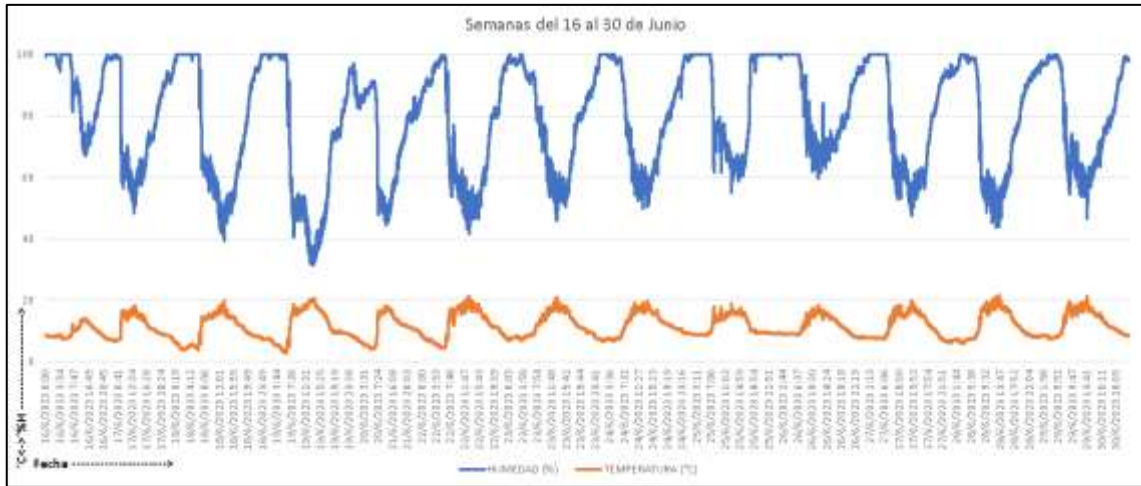


Ilustración 26-4: Humedad y Temperatura 16 - 30 de junio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.10.1.4. *Semana del 01 al 15 de julio del 2023*

Los nuevos datos de estas semanas tienen un leve incremento en la humedad dado que las precipitaciones en el sector fueron más frecuentes en el momento, aunque las temperaturas se mantienen aun por debajo de lo recomendado, con una humedad de 82,58% y temperatura de 11,28°C se observa en la Ilustración 27-4.

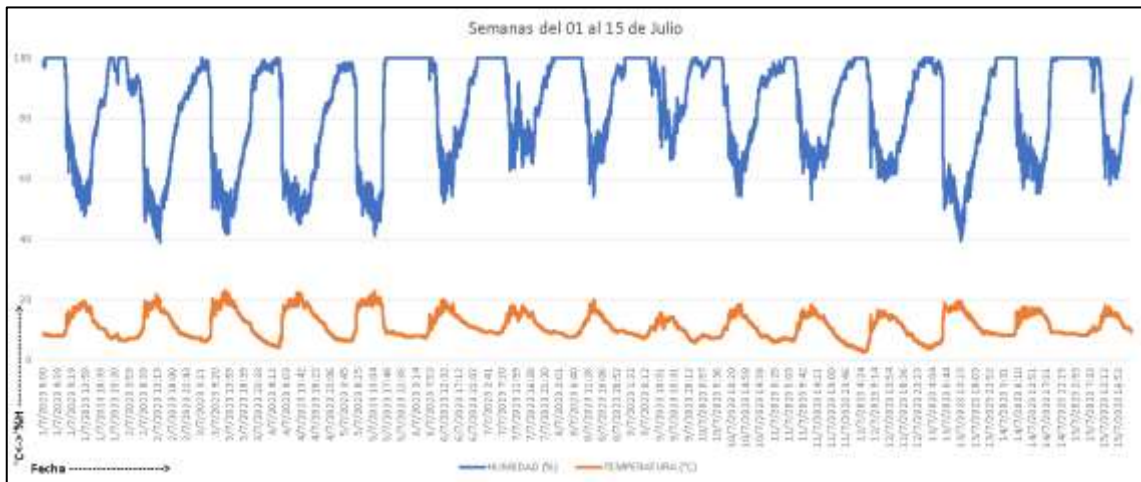


Ilustración 27-4: Humedad y Temperatura 01 - 15 de julio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.10.1.5. *Semana del 16 al 31 de julio del 2023*

Continuando con las mismas precipitaciones que las semanas anteriores en el mes de Julio se estableció unos elevados porcentajes de humedad durante todo el cultivo, aunque por contra conveniencia la temperatura disminuyó en gran medida, con una humedad de 82,98% y temperatura de 10,61°C se observa en la Ilustración 28-4.

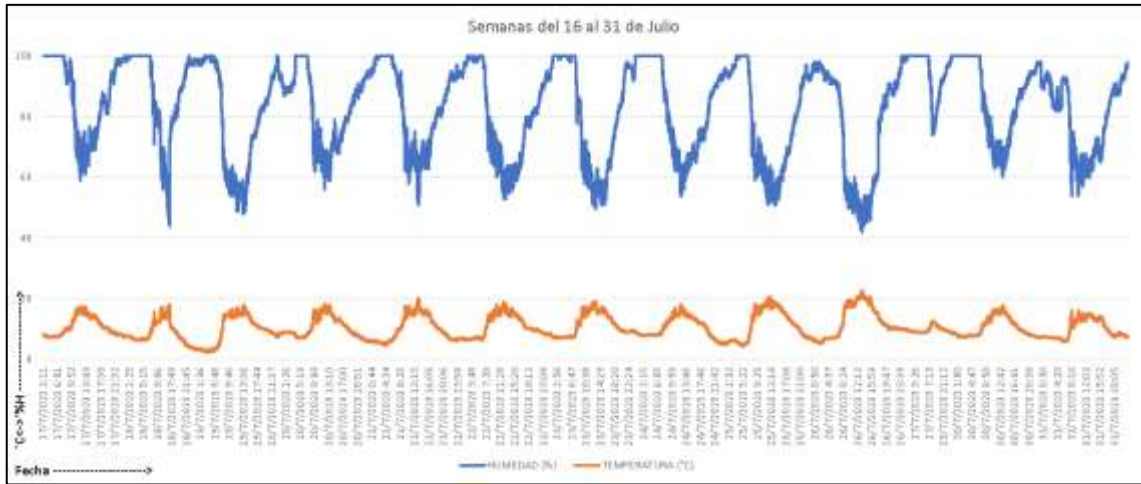


Ilustración 28-4: Humedad y Temperatura 16 - 31 de julio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.10.1.6. *Semana del 01 al 08 de agosto del 2023*

En la última semana ya la semana de cosecha del brócoli las temperaturas y humedades se mantenían estables, aunque la temperatura no está en las recomendaciones óptimas, con una humedad de 82,93% y temperatura de 10,49°C se observa en la Ilustración 28-4.

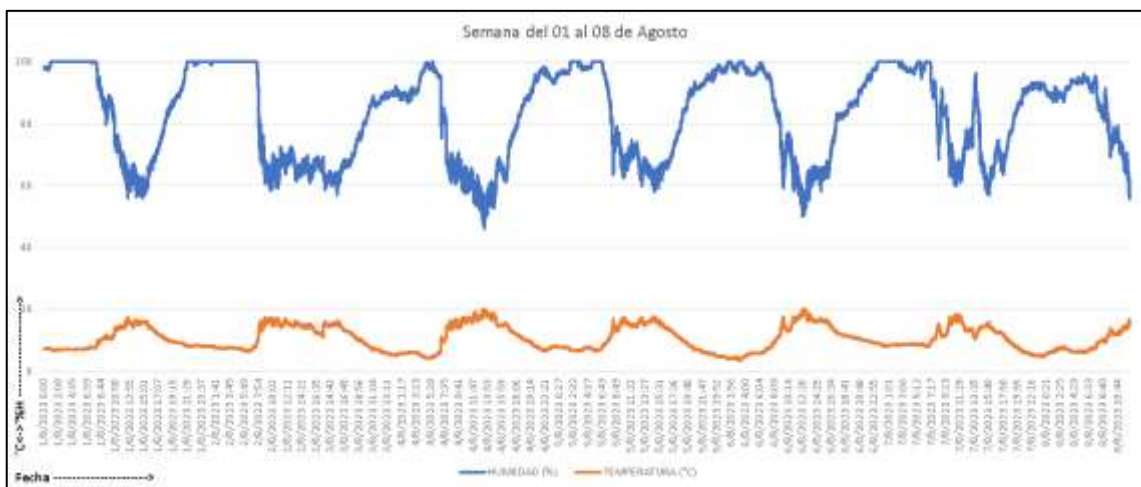


Ilustración 29-4: Humedad y Temperatura 01 -08 de agosto.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.10.2. Análisis de Radiación Solar

Los datos obtenidos y recabados de la plantación de brócoli durante todo su proceso de crecimiento en el apartado de la radiación solar o en este caso la radiación ultravioleta estuvo en una media de 9,18 mW/cm², lo cual significa que la radiación durante todo este proceso se mantuvo ligeramente por el valor de la media cómo se puede observar en los siguientes apartados de cada una de la Ilustración 30-4 e Ilustración 31-4, además de la Tabla 2-4 con más detalle.

Tabla 2-4: Promedio por día, Radiación UV Ambiente.

Día	Intensidad(mW/cm ²)	Día	Intensidad(mW/cm ²)
26/5/2023	4,57	3/7/2023	7,82
27/5/2023	5,41	4/7/2023	10,86
28/5/2023	5,91	5/7/2023	10,05
29/5/2023	10,63	6/7/2023	11,13
30/5/2023	3,05	7/7/2023	10,69
31/5/2023	3,72	8/7/2023	7,91
1/6/2023	6,20	9/7/2023	6,44
2/6/2023	8,79	10/7/2023	7,92
3/6/2023	8,05	11/7/2023	7,71
4/6/2023	4,07	12/7/2023	7,08
5/6/2023	6,19	13/7/2023	11,26
6/6/2023	8,01	14/7/2023	11,93
7/6/2023	7,09	15/7/2023	13,03
8/6/2023	8,06	17/7/2023	7,41
9/6/2023	8,81	18/7/2023	8,43
13/6/2023	9,18	19/7/2023	11,94
14/6/2023	5,41	20/7/2023	10,12
15/6/2023	3,48	21/7/2023	9,65
16/6/2023	1,87	22/7/2023	12,88
17/6/2023	13,01	23/7/2023	13,02
18/6/2023	9,29	24/7/2023	11,35
19/6/2023	9,75	25/7/2023	11,76
20/6/2023	7,76	26/7/2023	13,01
21/6/2023	8,99	27/7/2023	13,06
22/6/2023	10,48	29/7/2023	13,07
23/6/2023	10,59	30/7/2023	12,99
24/6/2023	8,72	31/7/2023	4,34
25/6/2023	3,36	1/8/2023	8,00
26/6/2023	6,83	2/8/2023	13,06
27/6/2023	10,16	3/8/2023	13,06
28/6/2023	11,87	4/8/2023	13,03
29/6/2023	11,37	5/8/2023	11,62
30/6/2023	10,28	6/8/2023	13,06
1/7/2023	10,82	7/8/2023	12,99
2/7/2023	9,77	8/8/2023	9,17

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- Semanas del 25 de mayo al 02 de julio del 2023

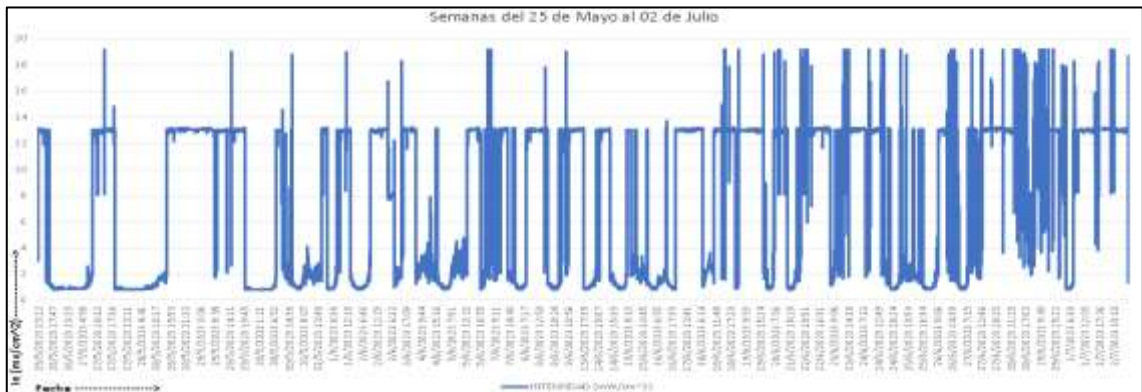


Ilustración 30-4: Radiación del 25 de mayo al 02 de julio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- Semanas del 02 de julio al 08 de agosto del 2023



Ilustración 31-4: Radiación del 02 de julio al 08 de agosto.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.10.3. Análisis de humedad del suelo

El análisis correspondiente de cada sensor que está instalado en el cultivo directamente enterrado en el suelo a una profundidad de 1.5 m, establece las siguientes condicionantes para cada uno de ellos en el cual se mide la humedad persistente en el suelo, también detecta cuando hay lluvias presentes en el campo, cuando hay brisas que ocurren mayormente al anochecer y cuándo se procede con el regadío que se hace en el cultivo mismo regadío que es una vez por semana en un lapso de 2 horas en el paso abierto, llenando así por completo todo el cultivo de agua, cabe recalcar que el cultivo se divide en cuatro secciones: la sección superior, la sección media uno, la sección media 2 y la sección final para que así el agua llegue a todos y cada uno de los puntos de la plantación de brócoli.

4.10.3.1. Mediciones del Sensor de Humedad #1

Correspondiente al sensor número uno el cual obtuvo un promedio de humedad del 94,95%, debido a ser el más cercano hacia la fuente de agua que es la entrada del regadío en general, además de que durante toda la época de cosecha se presentaron varias precipitaciones en un intervalo general de una vez por día. Como se observa en la Tabla 3-4.

Tabla 3-4: Promedio por Día, Humedad Sensor 1.

Día	Humedad(%)		Día	Humedad(%)
26/5/2023	100,00		3/7/2023	89,36
27/5/2023	96,16		4/7/2023	87,07
28/5/2023	94,99		5/7/2023	98,88
29/5/2023	87,89		6/7/2023	99,83
30/5/2023	86,82		7/7/2023	99,97
31/5/2023	94,03		8/7/2023	100,00
1/6/2023	94,03		9/7/2023	100,00
2/6/2023	92,22		10/7/2023	99,99
3/6/2023	99,83		11/7/2023	99,99
4/6/2023	99,96		12/7/2023	100,00
5/6/2023	99,97		13/7/2023	97,22
6/6/2023	100,00		14/7/2023	99,89
7/6/2023	100,00		15/7/2023	99,99
8/6/2023	100,00		17/7/2023	100,00
9/6/2023	100,00		18/7/2023	99,98
13/6/2023	100,00		19/7/2023	99,01
14/6/2023	99,69		20/7/2023	93,13
15/6/2023	99,23		21/7/2023	93,70
16/6/2023	100,00		22/7/2023	91,27
17/6/2023	100,00		23/7/2023	94,36
18/6/2023	100,00		24/7/2023	93,38
19/6/2023	100,00		25/7/2023	87,61
20/6/2023	100,00		26/7/2023	81,95
21/6/2023	93,11		27/7/2023	99,42
22/6/2023	80,73		29/7/2023	98,59
23/6/2023	79,41		30/7/2023	97,34
24/6/2023	81,47		31/7/2023	99,02
25/6/2023	86,39		1/8/2023	98,45
26/6/2023	88,69		2/8/2023	96,16
27/6/2023	80,06		3/8/2023	95,81
28/6/2023	76,26		4/8/2023	91,69
29/6/2023	72,85		5/8/2023	97,51
30/6/2023	97,86		6/8/2023	97,46
1/7/2023	96,71		7/8/2023	97,70
2/7/2023	93,46		8/8/2023	99,08

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Como se observa en la Ilustración 32-4, tenemos que gran parte de todas estas semanas hubo precipitaciones fuertes en su mayoría una humedad del 100%.

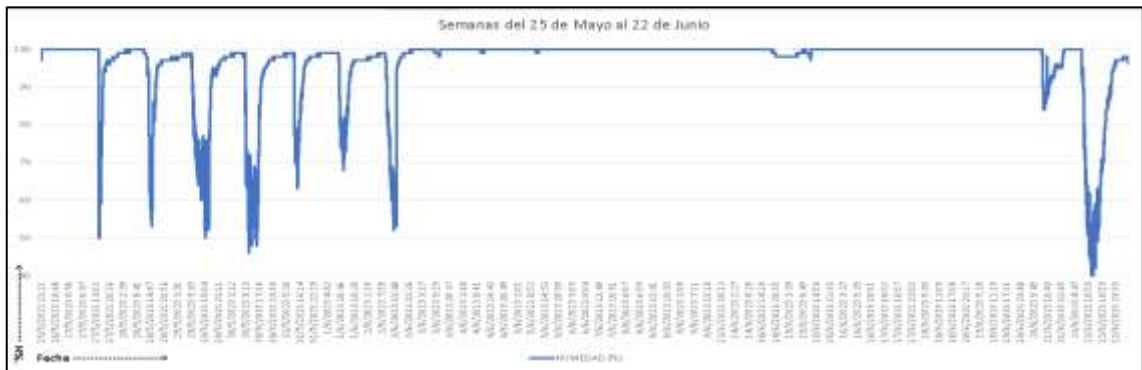


Ilustración 32-4: Sensor 1, del 25 de mayo al 22 de junio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Como se observa en la Ilustración 33-4, tenemos que media parte de todas estas semanas hubo precipitaciones fuertes en su mayoría una humedad del 60%.



Ilustración 33-4: Sensor 1, del 23 de junio al 14 de julio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Como se observa en la Ilustración 34-4, tenemos que hay una alta actividad parte de todas estas semanas hubo precipitaciones fuertes en su mayoría una humedad del 80%.

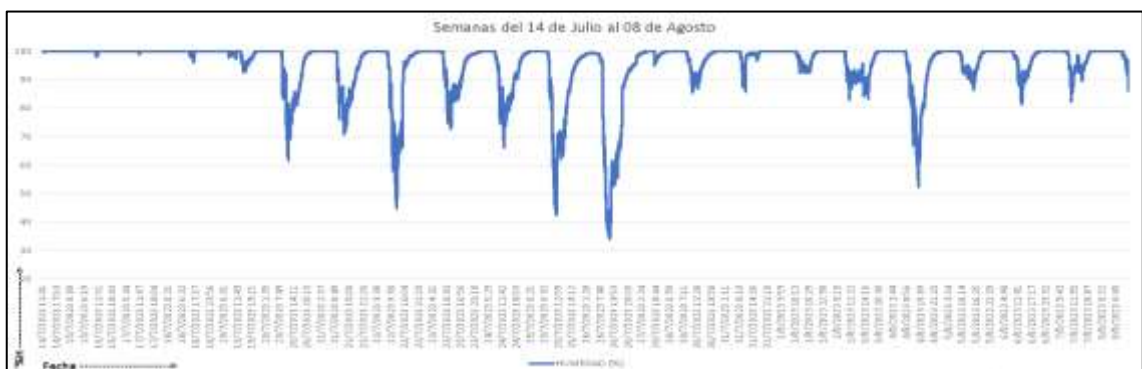


Ilustración 34-4: Sensor 1, del 14 de julio al 08 de agosto.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.10.3.2. Mediciones del Sensor de Humedad #2

Correspondiente al sensor 2, los datos obtenidos durante todo el proceso se obtuvo un promedio del 91,27% de presencia de humedad en el sector medio 1 del campo de brócoli con lo cual viendo todo el resultado se entiende que la humedad relativa en este sector fue un poco más baja con respecto al sector 1, como se observa en la Tabla 4-4.

Tabla 4-4: Promedio por Día, Humedad Sensor 2.

Día	Humedad(%)	Día	Humedad(%)
26/5/2023	100,00	3/7/2023	84,59
27/5/2023	100,00	4/7/2023	85,61
28/5/2023	100,00	5/7/2023	92,82
29/5/2023	100,00	6/7/2023	94,68
30/5/2023	100,00	7/7/2023	95,51
31/5/2023	100,00	8/7/2023	97,33
1/6/2023	99,67	9/7/2023	96,58
2/6/2023	98,81	10/7/2023	95,46
3/6/2023	99,25	11/7/2023	94,96
4/6/2023	98,06	12/7/2023	94,63
5/6/2023	97,61	13/7/2023	93,57
6/6/2023	97,69	14/7/2023	96,28
7/6/2023	97,09	15/7/2023	96,47
8/6/2023	97,26	17/7/2023	96,51
9/6/2023	97,41	18/7/2023	96,91
13/6/2023	97,64	19/7/2023	92,57
14/6/2023	94,21	20/7/2023	86,87
15/6/2023	91,73	21/7/2023	84,21
16/6/2023	94,50	22/7/2023	80,38
17/6/2023	96,63	23/7/2023	82,15
18/6/2023	97,32	24/7/2023	83,45
19/6/2023	97,58	25/7/2023	79,46
20/6/2023	97,44	26/7/2023	75,99
21/6/2023	90,88	27/7/2023	89,40
22/6/2023	89,51	29/7/2023	87,13
23/6/2023	86,69	30/7/2023	86,02
24/6/2023	85,83	31/7/2023	82,99
25/6/2023	86,01	1/8/2023	82,02
26/6/2023	86,64	2/8/2023	80,27
27/6/2023	80,78	3/8/2023	76,15
28/6/2023	78,23	4/8/2023	73,85
29/6/2023	77,67	5/8/2023	92,27
30/6/2023	86,64	6/8/2023	95,56
1/7/2023	87,43	7/8/2023	96,42
2/7/2023	86,70	8/8/2023	96,68

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

El motivo principal por lo que ocurre este suceso es por la sectorización del cultivo en el cual va por canales pequeños y cursos así distribuyendo de manera uniforme por cada sector, por eso la humedad en este sector como tal es más baja, Como ser observa en la Ilustración 35-4.



Ilustración 35-4: Sensor 2, del 25 de mayo al 22 de junio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Como se observa en la Ilustración 36-4, tenemos que gran parte de estas semanas hubo precipitaciones de nivel medio en su mayoría una humedad del 85%.



Ilustración 36-4: Sensor 2, del 23 de junio al 14 de julio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Como se observa en la Ilustración 37-4, tenemos que gran parte de todas estas semanas hubo precipitaciones bajas en su mayoría una humedad del 60%.



Ilustración 37-4: Sensor 2, del 14 de junio al 08 de agosto.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.10.3.3. Mediciones del Sensor de Humedad #3

Correspondiente al sector número 3 el sensor que, establecido para este lugar del campo de brócoli, se tiene una humedad relativa en promedio de 92,05% con la cual se establece que el margen de precipitaciones o te río que ha ocurrido en este sector ha sido bueno el motivo de que se registra más allá del 90%, como se observa en la Tabla 5-4.

Tabla 5-4: Promedio por Día, Humedad Sensor 3.

Día	Humedad(%)		Día	Humedad(%)
26/5/2023	100,00		3/7/2023	79,93
27/5/2023	100,00		4/7/2023	83,29
28/5/2023	100,00		5/7/2023	88,41
29/5/2023	100,00		6/7/2023	92,32
30/5/2023	100,00		7/7/2023	94,58
31/5/2023	100,00		8/7/2023	98,52
1/6/2023	99,94		9/7/2023	98,12
2/6/2023	100,00		10/7/2023	92,79
3/6/2023	100,00		11/7/2023	90,99
4/6/2023	100,00		12/7/2023	90,05
5/6/2023	100,00		13/7/2023	87,78
6/6/2023	99,73		14/7/2023	92,55
7/6/2023	99,95		15/7/2023	92,21
8/6/2023	99,93		17/7/2023	93,11
9/6/2023	99,95		18/7/2023	91,04
13/6/2023	100,00		19/7/2023	87,97
14/6/2023	99,36		20/7/2023	88,81
15/6/2023	98,95		21/7/2023	88,32
16/6/2023	99,82		22/7/2023	84,63
17/6/2023	100,00		23/7/2023	84,83
18/6/2023	100,00		24/7/2023	85,39
19/6/2023	99,88		25/7/2023	81,65
20/6/2023	100,00		26/7/2023	79,24
21/6/2023	92,99		27/7/2023	96,69
22/6/2023	88,62		29/7/2023	90,28
23/6/2023	81,57		30/7/2023	89,85
24/6/2023	80,38		31/7/2023	90,54
25/6/2023	84,14		1/8/2023	91,27
26/6/2023	85,81		2/8/2023	90,52
27/6/2023	79,25		3/8/2023	87,57
28/6/2023	78,73		4/8/2023	89,62
29/6/2023	78,15		5/8/2023	92,00
30/6/2023	83,66		6/8/2023	92,34
1/7/2023	85,88		7/8/2023	92,45
2/7/2023	82,75		8/8/2023	94,11

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Un factor para tomar en cuenta es en la primera sección de las fechas establecidas que son las dos primeras semanas se tubo lluvias elevadamente altas en este sector se registró el 100% de humedad, como se observa en la Ilustración 38-4.



Ilustración 38-4: Sensor 3, del 25 de mayo al 22 de junio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Como se observa en la Ilustración 39-4, tenemos que gran parte de estas semanas hubo precipitaciones de nivel bajo en su mayoría una humedad del 55%.



Ilustración 39-4: Sensor 3, del 23 de junio al 14 de julio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Como se observa en la Ilustración 40-4, tenemos que gran parte de estas semanas hubo precipitaciones de nivel alto en su mayoría una humedad del 85%.



Ilustración 40-4: Sensor 3, del 14 de julio al 08 de agosto.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.10.3.4. Mediciones del Sensor de Humedad #4

Uno de los sectores más alejados con respecto a la plantación en el cual el sensor se puede constatar durante todo el proceso del cultivo porque el margen y porcentaje de humedad es del 89,86%, mismo que nos permite ver que al estar más alejado la humedad y las precipitaciones además del regadío llega un poco menos comparados con los otros, pero se mantiene igual o cercano al margen óptimo de humedad que es del 90%, como se observa en la Tabla 6-4.

Tabla 6-4: Promedio por Día, Humedad Sensor 4.

Día	Humedad(%)	Día	Humedad(%)
27/5/2023	59,52	6/7/2023	89,85
2/6/2023	97,05	7/7/2023	92,20
3/6/2023	99,80	8/7/2023	95,60
4/6/2023	99,91	9/7/2023	95,14
5/6/2023	100,00	10/7/2023	88,70
6/6/2023	100,00	11/7/2023	87,45
7/6/2023	100,00	12/7/2023	87,76
8/6/2023	100,00	13/7/2023	81,47
9/6/2023	100,00	14/7/2023	88,94
13/6/2023	100,00	15/7/2023	92,93
14/6/2023	100,00	17/7/2023	92,00
15/6/2023	99,99	18/7/2023	90,21
16/6/2023	97,96	19/7/2023	85,35
17/6/2023	90,39	20/7/2023	87,73
18/6/2023	87,32	21/7/2023	89,65
19/6/2023	89,08	22/7/2023	86,44
20/6/2023	97,94	23/7/2023	88,29
21/6/2023	88,54	24/7/2023	88,87
22/6/2023	87,86	25/7/2023	84,35
23/6/2023	86,30	26/7/2023	79,94
24/6/2023	85,73	27/7/2023	97,10
25/6/2023	88,61	29/7/2023	91,16
26/6/2023	89,91	30/7/2023	89,98
27/6/2023	83,62	31/7/2023	90,87
28/6/2023	80,61	1/8/2023	93,58
29/6/2023	79,23	2/8/2023	91,27
30/6/2023	86,67	3/8/2023	90,68
1/7/2023	79,95	4/8/2023	91,02
2/7/2023	76,47	5/8/2023	94,42
3/7/2023	73,99	6/8/2023	94,35
4/7/2023	73,78	7/8/2023	94,71
5/7/2023	81,30	8/8/2023	97,22

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Con lo cual comparado con respecto a los otros sectores es uno de los más bajos y se toma en cuenta que al ser una pendiente semi inclinada llego un poco menos de agua hacia este sector dando así que el sensor que mide todos estos parámetros de humedad de una lectura un poco más baja con respecto a los otros que están más cerca de la entrada del regadío hacia todo el cultivo, como se observa en la Ilustración 41-4.



Ilustración 41-4: Sensor 4, del 25 de mayo al 27 de junio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Como se observa en la Ilustración 42-4, tenemos que gran parte de estas semanas hubo precipitaciones de nivel medio en su mayoría una humedad del 65%.



Ilustración 42-4: Sensor 4, del 27 de junio al 17 de julio.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Como se observa en la Ilustración 43-4, tenemos que gran parte de estas semanas hubo precipitaciones de nivel alto en su mayoría una humedad del 89%.



Ilustración 43-4: Sensor 4, del 17 de julio al 08 de agosto.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

El análisis correspondiente a las tablas de los sensores del suelo 1, 2, 3 y 4, arrojó un excelente resultado para la detección y predicción de las plagas, dado que del 30 de junio al 10 de julio se produjeron altos niveles de humedad durante todo el cultivo que sobrepasaron el 90% de humedad registrados por cada uno de los sensores. Esto al ser comprobado por el sistema IoT y visualizado en las gráficas pertinentes, se predice que esta plaga aparecerá en las próximas semanas, lo cual ocurrió el día 11 de julio.

4.11. Análisis de resultados por plaga DAMPER/MILDIU

El análisis de las plagas DAMPER y MILDIU se hace a través del procesamiento digital de imágenes utilizando la herramienta de PYTHON, en formato HSV que es una mejor manera de utilizar la información, dado que utiliza una gama de colores ya establecidas siendo el formato HSV (Color, Saturación, Brillo), con un formato listo para cada plaga, por el mismo motivo se utiliza una cámara de alta calidad con 64 Megapíxeles de resolución. En casa particular la Arducam de 64Mpx.

En análisis inicial se tomará en cuenta todo el procesamiento que ocurre para la detección de las plagas por los siguientes apartados:

- El primer paso es leer la imagen que se captura y llegar al servidor misma foto que Python la lee como BGR lo cual no es correcto, como se muestra en la Ilustración 44-4.



Ilustración 44-4: Foto en BGR.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- Después esa foto se convierte a RGB y así poder utilizar toda la gama de espectros de colores que utilizara para la detección de las plagas DAMPER y MILIDU, como se muestra en la Ilustración 45-4.



Ilustración 45-4: Foto en RGB

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- Ya el en formato RGB, se puede realizar el cambio de formato, a HSV que es la gama de espectro por colores, saturación y brillo con el cual podemos detectar de mejor manera las plagas, como se muestra en la Ilustración 46-4.

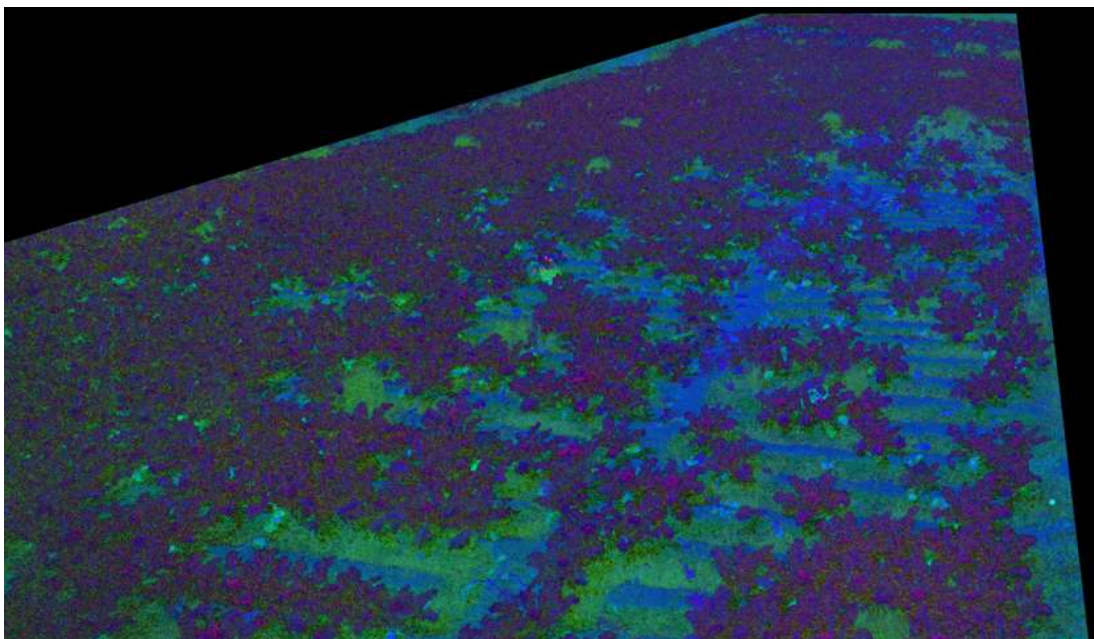


Ilustración 46-4: Fotos en HSV.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

- Y así utilizando el código Python que se mostró en apartados anteriores, podemos procesar las plagas DAMPER y MILIDU como se muestran en la Ilustración 47-4 e Ilustración 48-4 respectivamente.



Ilustración 47-4: Plaga DAMPER.

Realizado por: Anchundía, N., 2023.



Ilustración 48-4: Plaga MILDIU.

Realizado por: Anchundía, N., 2023.

Para el análisis general se utilizan 3 fotos de muestra, desde el inicio a fin como se muestran en la Ilustración 49-4, Ilustración 50-4 e Ilustración 51-4.



Ilustración 49-4: Foto Junio -14 15pm.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.



Ilustración 50-4: Foto Julio -11 08 am.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.



Ilustración 51-4: Foto Julio-30 13 pm.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.11.1. Análisis plaga DAMPER

El análisis de la plaga DAMPER misma que produce afectaciones a las plantas de brócoli afectando a su crecimiento, este tipo de plaga hace una pigmentación de color morado en sus hojas y tallos como se muestran en la Ilustración 52-4, Ilustración 53-4 e Ilustración 54-4.



Ilustración 52-4: DAMPER junio-14 15pm

Realizado por: Anchundia, N., 2023.



Ilustración 53-4: DAMPER Julio-11 08am

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

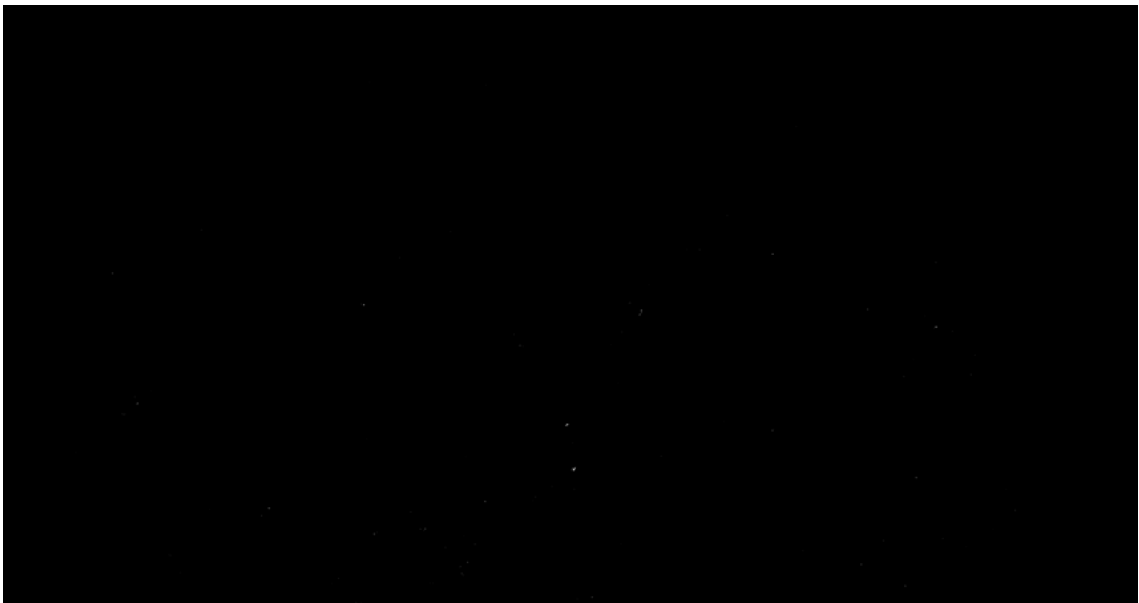


Ilustración 54-4: DAMPER Julio-30 13pm

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.11.2. Análisis plaga MILDIU

El análisis de la plaga MILDIU misma que produce afectaciones a las plantas de brócoli afectando a su crecimiento, este tipo de plaga hace una pigmentación de color amarillo en sus hojas y tallos como se muestran en la Ilustración 55-4, Ilustración 56-4 e Ilustración 57-4.

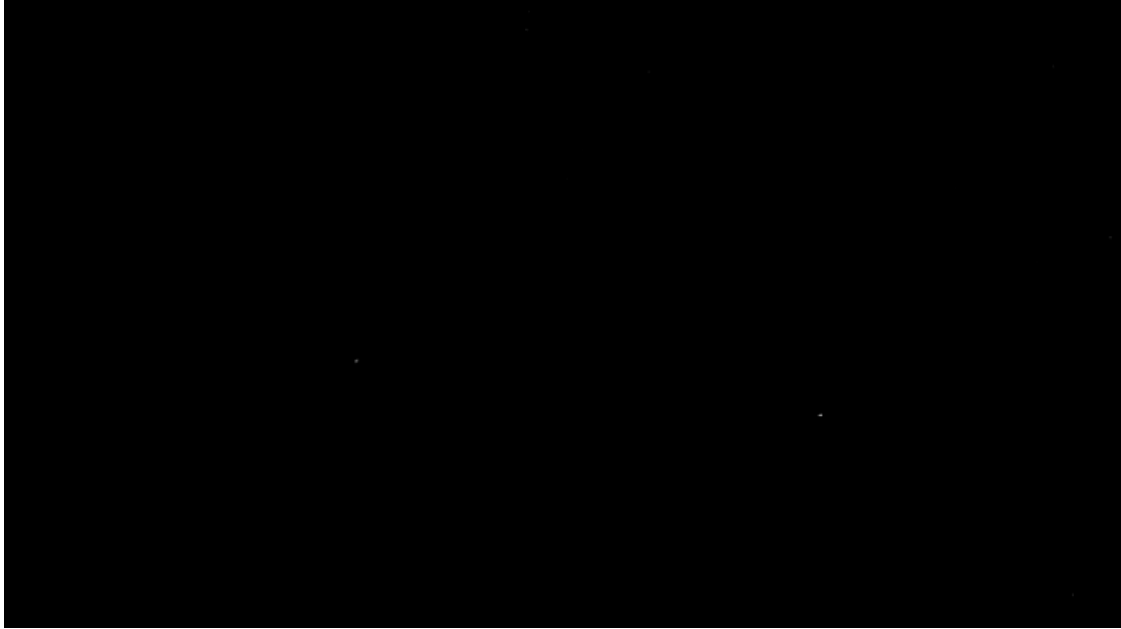


Ilustración 55-4: MILDU Junio-14 15pm

Realizado por: Anchundia, N., 2023.



Ilustración 56-4: MILDU Julio-11 08am

Realizado por: Anchundia, N., 2023.



Ilustración 57-4: MILDIU Julio-30 13pm

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

4.11.3. Estado de Salud final del Brócoli

Como se observó en el procesamiento de imágenes de cada plaga, la que más se propago fue el MILDIU y la DAMPER en menor medida. El brócoli al ser afectado por estas plagas le impiden poder crecer de manera correcta como se observa en la Ilustración 58-4 e Ilustración 59-4 que muestran un brócoli afectado que es pequeño y no comerciable, en comparación con la Ilustración 60-4 que muestra un brócoli muy sano, grande y verde.



Ilustración 58-4: Planta de Brócoli afectada con DAMPER.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.



Ilustración 59-4: Planta de Brócoli afectada con MILDU.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.



Ilustración 60-4: Planta de Brócoli sana.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

Aunque la gran mayoría del cultivo de brócoli fue exitosa una pequeña parte presentó ciertas afectaciones por las plagas ya antes mencionadas, en las comparativas anteriores se vio el estado del fruto, viendo que la afectada tiene un fruto muy pequeño y severamente dañado pero una planta sana tiene un fruto grande y de un color muy contundente. Pero en la parte interna de las raíces de la planta la comparativa también se establece dando un análisis más profundo de por qué suceden estas afectaciones que dañan el crecimiento de la planta de brócoli teniendo como efecto que una planta con estas afectaciones su raíz es muy pequeña e insignificante por no decir inexistente como se observa en la Ilustración 61-4, mientras que una planta completamente sana tiene una raíz grande y muy protuberante, como se observa en la Ilustración 62-4.



Ilustración 61-4: Raíz de Brócoli afectada.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.



Ilustración 62-4: Raíz de Brócoli sana.

Realizado por: Anchundia, N., 2023.

CONCLUSIONES

Se analizó meticulosamente toda la información pertinente que permita desarrollar el sistema IoT y procesamiento de imágenes con lo cual se utilizó Python por ser un lenguaje multiplataforma que se adapta a muchos sistemas por ser liviano, de fácil uso y poseer muchos recursos, que permitió usarlo en Linux Server en el cual se realizó todo el proyecto.

Se desarrolló una plataforma IoT con node-red en base LAMP, por su bajo consumo de recursos llegando a usar 19 Gigabytes de almacenamiento durante todo el proceso, además que permitió gestionar de toda la información que llegó, con funciones pertinentes para el manejo de los datos de la humedad y temperatura ambiente, radiación solar y la activación del sistema de procesamiento de imágenes para las detecciones de las plagas DAMPER y MILDIU.

Se constató la predicción que permitió la detección de las plagas MILDIU y DAMPER, el día 11 de julio, luego de haber tenido altos índices de humedad mayor al 90% en los días del 30 de junio al 10 de julio, llegando así al final solo a contagiar un 2% del total del cultivo mismo resultado es óptimo para el crecimiento del brócoli, aunque la plaga DAMPER solo tuvo una afectación al cultivo del 0,1% por haber afectado solo 4 plantas del total en el cultivo.

Se observó la predicción que tiene el sistema ante la aparición de la plaga MILDIU, que ocurrió después de los altos índices de humedad, además del 06 de julio al 30 de julio existió la presencia de heladas, que se registraron por debajo de los 12°C. Al pasar los días, ya en la última semana comenzó a verse notoriamente la presencia de DAMPER en el cultivo.

RECOMENDACIONES

Para la elaboración de futuros proyectos lo recomendable es utilizar drones que mapean mucho más rápido un terreno, aunque ya existen trabajos que dan uso a este tipo de tecnologías, no son automáticas. Lo que se recomienda es dar usos a los drones y que vayan subiendo la información hacia un servidor localizado en la nube.

En función de evitar inconvenientes al momento de adquirir un servicio de IP pública con algún proveedor de servicio de internet, mismo que es muy elevado económicamente se recomienda el uso de servicio de DNS públicos con lo es packetriot.net que permite que un servicio o servidor local sea público y así poder utilizar todos los servicios de manera mundial.

Se recomienda no utilizar muchos los nodos de consultas SQL dentro del entorno de Node-red, dado que uso no adecuado de este tipo de nodos crean bucles de uso consumiendo más recursos del servidor, poniendo a este más lento y por ende consumiendo más energía.

Se recomienda el uso de dos cámaras para tener una mejor cobertura y detección temprana de las plagas, por el motivo que cubren de mejor manera el cultivo al ser de estación fija y poseen mejor resolución que una cámara del mercado con el fin de poseer más información de la imagen que se toma.

BIBLIOGRAFÍA

AGUAYO P., *INTRODUCCIÓN AL MICROCONTROLADOR*. [blog]. 2004. [Consulta: 25 julio 2023]. Disponible en: <https://db5969609c.cbaul-cdnwnd.com/169b2d444d91f4c604819652ca5c2538/200000038-6e59e6f573/Microcontrolador.pdf>.

ANDRADE, Y.E. Implementación de un servidor LAMP con una Raspberry Pi y ESP32 para monitorear la temperatura, presión y humedad de un Laboratorio de Ciencias Básicas del Instituto Tecnológico Superior de Martínez de la Torre [en línea]. (Tesis de grado) (Ingeniería). Instituto Tecnológico Superior de Martínez de La Torre, Jefatura de Ingeniería Mecatrónica. Veracruz, México. 2022. pp. 38-39. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://rinacional.tecnm.mx/jspui/handle/TecNM/4612>.

ARDUCAM, 2023. 64 MP Flagship Camera. *arducam.com* [en línea]. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://www.arducam.com/64mp-ultra-high-res-camera-raspberry-pi/>.

BÁEZ CARRANCO, J.J., Procesamiento de imágenes del cultivo de un terreno con visión artificial para el cálculo del índice de vegetación de diferencia normalizada [en línea]. (Trabajo de Titulación). (Ingeniería). Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador. 2021. pp. 27-28. [Consulta: 7 mayo 2023]. Disponible en: <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/11471>.

BAUTISTA, R., et al. “Diseño e implementación de un sistema de visión artificial para análisis de datos NDVI en imágenes espectrales de cultivos de brócoli obtenidos mediante una aeronave pilotada remotamente”. *Infociencia* [en línea], 2019, (Ecuador) 12(1), p.30. [Consulta: 4 julio 2023]. ISSN 1390-339X. Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/Infociencia/article/view/1230>.

BOLO, M. “Arquitectura de integración orientada a servicios”. *Interfases* [en línea], 2006, (Perú) (1)001, pp.19-25. [Consulta: 3 agosto 2023]. ISSN 1993-4912. Disponible en: <https://revistas.ulima.edu.pe/index.php/Interfases/article/view/169>.

CAIZA, G., et al. “Comparación de AMQP y CoAP para la integración de las comunicaciones en el área de producción”. *Revista Ibérica de Sistemas e Tecnologías de Informação* [en línea], 2020 (España), (26)1, pp. 655 - 656 [consulta: 4 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.proquest.com/openview/16b2a900aab86eed3b7e5e3248ba75a4/1?pq-origsite=gscholar&cbl=1006393>.

CARIGNANO, M.F. “NFC (Near Field Communication)”. Centro Regional Universitario Córdoba [en línea], 2017, (Argentina), 1(1), pp. 3-16. [Consulta: 16 julio 2023]. Disponible en: <https://rdu.iua.edu.ar/handle/123456789/462>.

CÁSARES FARÍAS, C.A., et al., 2017. “PROCESAMIENTO DE IMÁGENES DE PLANTAS ORNAMENTALES MULTI-ESCALA PARA CALCULAR SU CRECIMIENTO”. *3C TIC : Cuadernos de desarrollo aplicados a las TIC* [en línea], 2017, (México), (6)3, pp. 12-13. [Consulta: 29 julio 2023]. ISSN 22546529. Disponible en: <https://www.3ciencias.com/wp-content/uploads/2017/09/Art-2-1.pdf>.

CASTILLO ESTRADA, C.M., et al. “Diseño de un Sistema web para el control de Curriculum Vitae Electrónico de personal docente basado en una arquitectura orientada a servicios (API REST)”. *Revista de Investigación en Tecnologías de la Información* [en línea], 2006, (México) 10(20), pp. 28-42. [Consulta: 3 agosto 2023]. ISSN 23870893. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8336547>.

CENCERRADO BARRAQUÉ, A. & MASIP RODÓ, D., *El lenguaje Python* [en línea]. 1. Barcelona-España: Universidad Autónoma de Barcelona, 2018. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://portalreerca.uab.cat/en/publications/el-lenguaje-python-4>.

CHANCHÍ-GOLONDRINO, G.-E., et al. “Sistema IoT para el monitoreo de variables climatológicas en cultivos de agricultura urbana”. *Revista Científica* [en línea], 2022, (Colombia), (44)2, pp. 257-271. [Consulta: 25 julio 2023]. ISSN 2344-8350. Disponible en: <https://doi.org/10.14483/23448350.18470>.

CHUQUI ORTEGA, R.M. & CASTRO CASTRO, D.M. Despliegue y configuración de una red LoRaWAN usando una plataforma The Things Network (TTN) para dispositivos de Internet de las cosas (IoT) [en línea]. (Trabajo de titulación) (Ingeniería), Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador. 2022. pp. 12-17. [Consulta: 17 julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/23944>.

CIUDAD HERRERA J., M., & SAMÀ CASANOVAS E. Estudio, diseño y simulación de un sistema de RFID basado en EPC [en línea]. (Trabajo Final de Carrera) (Ingeniería) Universidad Politécnica de Cataluña, Cataluña, España. 2005. p. 14. [Consulta: 16 julio 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/2099.1/3552>.

DELL INC., 2022. OptiPlex 3040M Manual del propietario. *Dell* [en línea]. [consulta: 4 agosto 2023]. Disponible en: https://www.dell.com/support/manuals/es-mx/optiplex-3040m-desktop/opti3040m_om/especificaciones?guid=guid-a33190d8-64df-4b91-a7f1-def96c724916&lang=es-mx.

DÍAZ ESPINOZA, R.A. Implementación de un sistema de comunicaciones abierto mediante el protocolo de comunicación OPC UA [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería) Universidad Andrés Bello, Facultad de Ingeniería, Escuela de Industrias. Santiago, Chile. 2020. pp. 18-20. [Consulta: 4 agosto 2023]. Disponible en: <http://repositorio.unab.cl/xmlui/handle/ria/17989>.

DIGNANI, J.P. Análisis del protocolo ZigBee [en línea]. (Trabajo de especialización) (Especialista). Universidad Nacional de la Plata, Facultad de Informática. Buenos Aires, Argentina. 2012. pp. 2-9. [Consulta: 16 julio 2023]. Disponible en: <http://sedici.unlp.edu.ar/handle/10915/18349>.

ESCAMILLA AMBROSIO, P.J., et al. “Distributing Computing in the Internet of Things: Cloud, Fog and Edge Computing Overview”. *NEO 2016* [en línea]. 2018, (México) 1(1). pp. 87-115. [consulta: 25 julio 2023]. vol. 731. Disponible en: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-319-64063-1_4.

ESPACIOS LÓPEZ, C. Diseño de una plataforma en la nube con Node-RED para Internet de las cosas [en línea]. (Trabajo de fin de grado) (Ingeniería). Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Escuela de Ingeniería de Telecomunicaciones y Electrónica, Departamento de Ingeniería Telemática. Las Palmas, España. 2018. p. 32 [consulta: 31 julio 2023]. Disponible en: <https://accedacris.ulpgc.es/handle/10553/95257>.

ESTRADA CORONA, A. “PROTOSCOLOS TCP/IP DE INTERNET”. Universidad Nacional Autónoma de México [en línea], 2004, (México) (5)8, pp. 4. [Consulta: 16 julio 2023]. Disponible en: <https://biblat.unam.mx/es/revista/revista-digital-universitaria/articulo/protocolos-TCPip-de-internet>.

FALCÓN BARRIONUEVO, J.L. & FLOREZ HENDE, J.S. Diseño y desarrollo de un sistema de control y monitoreo remoto de gas licuado de petróleo (GLP) para uso residencial [en línea]. (Trabajo de titulación) (Tecnología). Escuela Politécnica Nacional, Escuela de Formación de Tecnólogos. Quito, Ecuador. 2019 p.1. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20374?mode=full>.

FLORES BANCHON, C.Y., et al. Diseño de una red inalámbrica de monitoreo de co2 basado en la tecnología Sigfox [en línea]. (Proyecto Integrador) (Ingeniería). Escuela Politécnica del Litoral, Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación, Guayaquil, Ecuador. 2018. p. 55. [Consulta: 17 julio 2023]. Disponible en: <http://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/47586>.

GAD DE COLTA, 2022. UBICACIÓN GEOGRÁFICA. *gadcolta.gob.ec* [en línea]. [consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://gadcolta.gob.ec/gadcolta/index.php/colta/ubicacion>.

GOBIERNO DE NAVARRA, 2017. Guía de Protección Integrada: BRÓCOLI. [en línea]. Navarra: [consulta: 25 julio 2023]. Disponible en: <https://webgate.ec.europa.eu/life/publicWebsite/api/rest/dataTransfer/download/byItemId/688274>.

GONZÁLEZ LÓPEZ, A.E. Monitoreo de la radiación ultravioleta para controlar el flujo de agua en un reactor fotocatalítico [en línea]. (Tesis de grado) (Ingeniería). Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería. México DF, México. 2020. p. 25 [consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/xmlui/handle/RepoFi/17580>.

GONZALEZ VERGARA, S.A. TECNOLOGÍA BLUETOOTH [en línea]. (Tesis de grado) (Ingeniería) Instituto Politécnico Nacional, México, México DF. 2008. pp. 1-25. [Consulta: 16 julio 2023]. Disponible en: https://www.academia.edu/31776999/_TECNOLOG%C3%8DA_BLUETOOTH_Tesis_para_obtener_el_grado_de_Ingeniero_en_Comunicaciones_y_Electr%C3%B3nica_INSTITUTO_POLIT%C3%89CNICO_NACIONAL_ESCUELA_SUPERIOR_DE_INGENIER%C3%8DA_MECANICA_EL%C3%89CTRICA_DEPARTAMENTO_DE_TITULACION.

GUAÑA MOYA, E.J. Diseño de una Red de Sensores Inalámbricos (WSN) para monitorear parámetros relacionados con la agricultura [en línea]. (Tesis de grado) (Maestría), Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Eléctrica y Electrónica, Quito, Ecuador. 2016. pp. 11-17. [Consulta: 4 agosto 2023]. Disponible en: <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16809>.

GUERRERO, I., et al. “SGreenH-IoT: Plataforma IoT para Agricultura de Precisión”. Revista Iberoamericana de Sistemas, Cibernética e Informática [en línea], 2017, (México) 14(2), pp.53-58. [Consulta: 6 mayo 2023]. ISSN 1690-8627. Disponible en: <https://www.iisc.org/journal/pdv/risci/pdfs/ca544si17.pdf>.

HUAMÁN CONES, W. Evaluación de un sistema de adquisición de datos del índice UV solar usando Arduino y Labview (Laboratory Virtual Instrument Engineering Workbench) en el Distrito de El Tambo - Huancayo [en línea]. (Tesis de grado) (Ingeniería) Universidad Alas Peruanas, Facultad de Ingenierías y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental. Huancayo, Perú. 2018 p. 25. [consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.uap.edu.pe/handle/20.500.12990/5740>.

HYDRO ENVIROMENT. *Enfermedades y plagas en los cultivos*. Hydro Enviroment [blog]. 2022. [Consulta: 4 agosto 2023]. Disponible en: https://www.hydroenv.com.mx/catalogo/index.php?main_page=page&id=124.

INSTITUTO DE SALUD PUBLICA DE CHILE, 2007. INFORME TÉCNICO EXPOSICIÓN LABORAL A LA RADIACIÓN ULTRAVIOLETA DE ORIGEN SOLAR. [en línea]. Santiago: [consulta: 12 agosto 2023]. Disponible en: <https://www.studocu.com/cl/document/instituto-profesional-aiiep/gestion-de-seguridad-operacional-y-salud/radiacion-espero-que-le-silva/45324074>.

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA Y CENSOS, 2021. Encuesta de Superficie y Producción Agropecuaria Continua-2014-2021. [en línea]. Quito-Ecuador: [consulta: 7 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/informacion-de-anos-anteriores-espac/>.

IRACEBURU GONZÁLEZ, J. Desarrollo e implementación de una red inalámbrica de sensores de temperatura y humedad [en línea]. (Trabajo de fin de grado) (Ingeniería) Universidad Pública de Navarra, Escuela Técnica Superior de Ingeniería Industrial, Informática y Telecomunicaciones. Pamplona, España. 2014 pp. 7-8. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://academica-e.unavarra.es/xmlui/handle/2454/11846>.

LAVERDE MENA, J.A. & LAVERDE MENA, C.G. “Internet de las cosas aplicado en la agricultura ecuatoriana: Una propuesta para sistemas de riego”. Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores [en línea], 2021, (Ecuador) 8(2), pp. 2-4. [Consulta: 4 julio 2023]. ISSN 2007-7890. Disponible en: <https://dilemascontemporaneoseduccionpoliticayvalores.com/index.php/dilemas/article/view/2542>.

MADAKAM, S., et al. “Internet of Things (IoT): A Literature Review”. Journal of Computer and Communications [en línea], 2015, (India), 03(05), pp. 164-173. [Consulta: 4 julio 2023]. ISSN 2327-5219. Disponible en: <https://www.scirp.org/journal/paperinformation.aspx?paperid=56616>.

MÁRQUEZ DÍAZ, J., et al. “Instalación y configuración de Apache, un servidor Web”. Revista Científica Ingeniería y Desarrollo [en línea], 2002, (Colombia), (1)1, pp. 1-2. [Consulta: 29 julio 2023]. ISSN 2145-9371. Disponible en: <https://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/view/2310>.

MARTÍNEZ DEL VALLE, B. Sistema de comunicaciones de altas prestaciones basado en DDS [en línea]. (Trabajo de fin de grado) (Ingeniería). Universidad Carlos III de Madrid, Departamento de Informática. Madrid, España. 2013. pp. 35-36. [consulta: 4 agosto 2023]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10016/19178>.

MILLÁN YANES, A. Estudio de implementaciones del Protocolo CoAP [en línea]. (Trabajo de fin de grado) (Ingeniería). Universidad de Sevilla, Escuela Técnica Superior de Ingeniería, Departamento de Telemática. Sevilla, España. 2019. pp. 3-4. [Consulta: 4 agosto 2023]. Disponible en: <https://idus.us.es/handle/11441/94164>.

NARANJO TORRES, J.A. “INTELIGENCIA ARTIFICIAL EN LA AGRICULTURA”. NOSmagazine [en línea]. 2022. [Consulta: 4 agosto 2023]. Disponible en: <https://nosmagazine.cl/columna/inteligencia-artificial-en-la-agricultura/>.

NAYLAMP MECHATRONICS, 2022. MÓDULO ESP-WROOM-32 ESP32 WIFI. *naylampmechatronics* [en línea]. [consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/382-modulo-esp-wroom-32-esp32-wifi.html>.

NAYLAMP MECHATRONICS, 2023. MÓDULO ESP-12E ESP8266 WIFI. *naylampmechatronics* [en línea]. [consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://naylampmechatronics.com/espressif-esp/176-modulo-esp-12e-esp8266-wifi.html>.

ORBEA BAUTISTA, J.E. & ROSERO REINOSO, M.A. Implementación de un prototipo de geoposicionamiento con tecnología Sigfox, aplicado a paradas inteligentes y rastreo de niños [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería) Universidad de las Fuerzas Armadas de Ecuador, Departamento de Eléctrica, Electrónica y Telecomunicaciones, Sangolquí, Ecuador. 2021. p. 45. [Consulta: 17 julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/25209>.

PALLO JIMÉNEZ, Y.J., Desarrollo de aplicaciones prácticas en la adquisición y procesamiento de imágenes en MatLab y LabVIEW [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería), Universidad Católica de Santiago de Guayaquil, Facultad de Educación Técnica para el Desarrollo, Carrera de Ingeniería en Telecomunicaciones. Guayaquil, Ecuador. 2021 p. 9. [consulta: 29 julio 2023]. Disponible en: <http://repositorio.ucsg.edu.ec/handle/3317/16250>.

PALMA CASTRO C., & RODRÍGUEZ OSORIO, S., “Tarjetas de Desarrollo: Herramientas para el diseño”. *Letras ConCiencia TecnoLógica* [en línea], 2018, (Colombia) 1(1), p. 45 [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://revistas.itc.edu.co/index.php/letras/article/view/104>.

PARDO SARANGO, C.A. Desarrollo de un sistema embebido de “Eye Tracking” para personas con discapacidades motrices superiores [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Informática y Electrónica, Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales. Riobamba, Ecuador. 2017. p. 25. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/6881>.

PICKERING, P. *Desarrollar con LoRa para aplicaciones IoT de baja tasa y largo alcance.* *Digikey* [blog]. 2017. [Consulta: 17 julio 2023]. Disponible en: <https://www.digikey.com/es/articles/develop-lora-for-low-rate-long-range-IoT-applications>.

PORTILLO GARCÍA, J., et al., 2018. Tecnología de Identificación por radiofrecuencia (RFID): Aplicaciones en el Ámbito de la Salud. [en línea]. Madrid: [consulta: 16 julio 2023]. Disponible en: https://www.madrimasd.org/sites/default/files/informacionidi/biblioteca/publicacion/doc/VT/_VT13_RFID.pdf.

RASPBERRY PI, 2022. Raspberry Pi 4 Tech Specs. *RaspberryPi.com* [en línea]. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://www.raspberrypi.com/products/raspberry-pi-4-model-b/specifications/>.

RODAS VÁSQUEZ, A. & VALENCIA CARRASQUILLA, A. “Desarrollo e implementación de un prototipo para una plataforma tecnológica para la transmisión de texto y video (streaming) en tiempo real empleando tecnología websocket”. Researchgate [en línea], 2018, (Colombia) (1)1, p. 6. [Consulta: 18 julio 2023]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/327236609_Desarrollo_e_implementacion_de_un_prototipo_para_una_plataforma_tecnologica_para_la_transmision_de_texto_y_video_streaming_en_tiempo_real_empleando_tecnologia_websocket.

ROLDÁN MARTÍNEZ, D., & ALBA SOTO, J. “Aplicaciones de WiFi”. *COIT / Colegio Oficial Ingenieros de Telecomunicación* [en línea], 2004, (España) 145(1), pp. 68-70. [Consulta: 16 julio 2023]. Disponible en: <https://www.coit.es/archivo-bit/junio-julio-2004/aplicaciones-de-wifi>.

SÁNCHEZ PÉREZ, G., et al. DETECCIÓN DE IMÁGENES CON CONTENIDO EXPLÍCITO USANDO LOS MODELOS DE COLOR HSV y YCbCr [en línea]. (Tesis de grado) (Maestría). Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Sección de Estudios de Postgrado e Investigación. México DF, México. 2011. p. 13. [Consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://www.repositoriodigital.ipn.mx/handle/123456789/12664>.

SÁNCHEZ, A., et al. “PRODUCCIÓN DE BRÓCOLI EN ECUADOR”. Observatorio Económico y social de Tungurahua [en línea], 2020, (Ecuador) (38), p. 1. [Consulta: 4 julio 2023]. Disponible en: <https://obest.uta.edu.ec/wp-content/uploads/2020/12/Brocoli-en-Ecuador-1.pdf>.

SANTILLAN FREIRE, J., A. 2021. Comportamiento de dos variedades de brócoli con diferente distanciamiento de siembra en el centro experimental [en línea]. (Trabajo de Titulación) (Ingeniería) Universidad Agraria del Ecuador, Milagro, Ecuador. 2021. pp. 23-25. [Consulta: 4 julio 2023]. Disponible en: <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/SANTILLAN%20FREIRE%20JHONNY%20ARON.pdf>.

SEMLE, A. *Protocolos IIoT para considerar*. [blog]. AADECA Revista. 2016. [Consulta: 17 julio 2023]. Disponible en: https://editores-srl.com.ar/revistas/aa/2/semle_protocolos_ilot.

STORE ARDUINO, 2023. Arduino Uno Rev3. *store arduino* [en línea]. [consulta: 30 julio 2023]. Disponible en: <https://store.arduino.cc/products/arduino-uno-rev3>.

TOLEDO H., J., 2003. Cultivo del brócoli. [en línea]. Lima. [Consulta: 25 julio 2023]. Disponible en: <https://repositorio.inia.gob.pe/handle/20.500.12955/895>.

U.FAROOQ, M., et al. “A Review on Internet of Things (IoT)”. *International Journal of Computer Applications* [en línea], 2015, (Pakistán) 113(1), pp. 1-7 [Consulta: 16 julio 2023]. ISSN 09758887. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/273693976_A_Review_on_Internet_of_Things_IoT.

VALLEJO LÓPEZ, Z.E. Evaluación de siete variedades de brócoli (*Brassica oleracea* var. *itálica*) en dos localidades de Pichincha [en línea]. (Tesis de grado) (Ingeniería) Universidad Central del Ecuador, Facultad de Ciencias Agrícolas. Quito, Ecuador. 2013 pp. 13-14. [Consulta: 25 julio 2023]. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/1386>.

VALVERDE, V., et al. “ANÁLISIS DESCRIPTIVO DE BASE DE DATOS RELACIONAL Y NO RELACIONAL”. *Atlante. Cuadernos de Educación y Desarrollo* [en línea], 2029, (Ecuador) (1)1, p. 6. [consulta: 31 julio 2023]. ISSN 1989-4155. Disponible en: <https://www.eumed.net/rev/atlante/2019/06/base-datos-relacional.html>.

YOKOTANI, T., & SASAKI, Y., 2016. Comparison with HTTP and MQTT on required network resources for IoT. *2016 International Conference on Control, Electronics, Renewable Energy and Communications (ICCEREC)*. Bandung: IEEE, pp. 1-6. ISBN 978-1-5090-0744-8..

ZAMORA, E., EL CULTIVO DEL BROCOLI. [en línea]. 2016. Sonora: [Consulta: 4 agosto 2023]. Disponible en: <https://dagus.unison.mx/Zamora/BROCOLI-DAG-HORT-010.pdf>.

ANEXOS

ANEXO A: Cultivo de Brócoli 3 semanas



ANEXO B: Humedad y Temperatura en un Día



ANEXO C: Consumo de almacenamiento en el Servidor

```
root@ubuntu:/home/ney# df -h
Filesystem                Size      Used Avail Use% Mounted on
tmpfs                     785M      1,5M   783M   1% /run
/dev/mapper/ubuntuvg-ubuntu--lv 231G     19G   201G   9% /
tmpfs                      3,9G         0   3,9G   0% /dev/shm
tmpfs                      5,0M         0   5,0M   0% /run/lock
/dev/sda2                  2,0G    254M   1,6G  14% /boot
/dev/sda1                   1,1G     6,2M   1,1G   1% /boot/efi
tmpfs                      785M      4,0K   785M   1% /run/user/1000
```



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 10/10/2023

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES	
Nombres – Apellidos: NEY CER RAFAEL ANCHUNDIA SÁNCHEZ	
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad: INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA	
Carrera: TELECOMUNICACIONES	
Título a optar: INGENIERO EN TELECOMUNICACIONES	
f. Analista de Biblioteca responsable:	 Ing. Fernanda Arévalo M.



1739-DBRAI-UPT-2023