

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

**FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA, ELECTRÓNICA,
INFORMÁTICA Y MECÁNICA**

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TESIS

**SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO AUTOMÁTICO PARA
PREVENIR LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LAS
ENFERMEDADES EN LA PRODUCCIÓN DE ROSAS EN UN
INVERNADERO – HUAYOPATA – LA CONVENCION**

PRESENTADO POR:

Br. YURI ZANABRIA MOSCOSO

PARA OPTAR AL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO ELECTRÓNICO

ASESOR:

Mgt. Ing. MILTON JHON VELASQUEZ CURO

CUSCO – PERÚ

2024

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro.CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: SISTEMA ELECTRONICO DE MONITOREO AUTOMATICO PARA PREVENIR LAS CONDICIONES AMBIENTALES DE LAS ENFERMEDADES EN LA PRODUCCION DE ROSAS EN UN INVERNADERO - HUAYDPATA - LA CONVENCION

presentado por: YURI ZANABRIA MOSCOJO con DNI Nro.: 25321367 presentado por: con DNI Nro.: para optar el título profesional/grado académico de INGENIERO ELECTRONICO

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 4 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 6%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 5 de agosto de 2024



Firma
Post firma Milton Jhon Velasquez Coro

Nro. de DNI 41053102

ORCID del Asesor 0000-0001-7521-8846

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: oid: 27259: 371648438 ✓

NOMBRE DEL TRABAJO

Tesis invernadero de rosas.pdf

AUTOR

Yuri Zanabria

RECUENTO DE PALABRAS

22677 Words

RECUENTO DE CARACTERES

124071 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

154 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

7.5MB

FECHA DE ENTREGA

Aug 5, 2024 11:53 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Aug 5, 2024 11:55 AM GMT-5**● 6% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 5% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 5% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 8 palabras)

DEDICATORIA

A mis padres por apoyarme y educarme con buenos valores, por el aliento constante para la culminación de este proyecto y su cariño incomparable. Para mis hermanos que me brindaron su amparo y aliento para cumplir mis sueños.

Dedico esta tesis a mi esposa Maribel y mis hijos Yulmar, Gaia y Maia quienes fueron fuente de apoyo e inspiración para alcanzar metas y cumplir mis objetivos.

Yuri Zanabria.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a mi familia por ofrecerme su confianza y sostén incondicional en mis planes de vida para el cumplimiento de objetivos, metas personales y profesionales.

Agradezco a mi asesor y docentes por su apoyo constante en asesorías y respuestas a mis dudas desde el inicio, durante el proceso hasta la culminación de mi tesis.

Por último doy gracias a todas las personas quienes formaron parte en mi vida estudiantil, en especial para mis compañeros de la Escuela profesional con quienes conviví gratos momentos de estudio y aprendizajes.

Yuri Zanabria.

Contenido

DEDICATORIA.....	ii
AGRADECIMIENTO.....	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
ÍNDICE DE ACRÓNIMOS	xi
RESUMEN	xii
INTRODUCCIÓN	xiv
CAPÍTULO I: GENERALIDADES	15
1.1 ÁMBITO GEOGRÁFICO	15
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA	16
1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	17
1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO	17
1.4.1 Objetivo general	17
1.4.2 Objetivos específicos.....	18
1.5 JUSTIFICACIÓN.....	18
1.6 ALCANCES DEL PROYECTO DE TESIS	19
1.7 LIMITACIONES DEL PROYECTO.....	19
1.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.9 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS.....	20
CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	22
2.1 ESTADO DEL ARTE.....	22
2.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL.....	24
2.2.1 Monitoreo remoto	24
2.2.2 Sistema en tiempo real.....	24
2.2.3 Sistema de monitoreo de humedad.....	24
2.2.4 Internet de las cosas (IOT)	25
2.2.5 IOT en la agricultura	25
2.2.6 IOT en invernaderos	25
2.2.7 Sistema solar fotovoltaico.....	26
2.2.8 Sistema fotovoltaico aislado	26
2.2.9 Sensor de temperatura.....	28
2.2.10 Sensor de humedad	31
2.2.11 Micro controlador (μ C).....	33
2.2.12 Invernadero	34

2.2.13	Rosa (Rosa sp.)	37
2.2.14	Descripción morfológica de un rosal	37
2.2.15	Condiciones edafoclimaticas	38
2.2.16	Mildiu vellosos	39
2.2.17	Botrytis	40
2.2.18	DPV: Déficit de presión de vapor	41
2.2.19	Horas solar pico (HSP).....	42
2.2.20	Mínimos cuadrados	43
2.2.21	Ajuste lineal con mínimos cuadrados	44
CAPITULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO....		46
3.1	NODO DE SENSORES	49
3.1.1	Selección de la tarjeta para procesar datos.....	49
3.1.2	Selección del regulador de voltaje DC – DC.....	50
3.1.3	Convertidor bidireccional UART TTL a RS485	51
3.1.4	Selección de sensores.....	52
3.2	NODO TRANSMISOR	53
3.2.1	Selección de componentes para el nodo transmisor	54
3.3	IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE MONITOREO	56
3.3.1	Diagrama de bloques del sistema implementado	56
3.3.2	Implementación del nodo de sensores	57
3.3.3	Implementación del nodo transmisor	61
3.4	DISEÑO DEL SOFTWARE	64
3.4.1	Diagrama de flujo del nodo de sensores	65
3.4.2	Diagrama de flujo del nodo transmisor	66
3.4.3	Implementación de la interfaz de usuario	67
CAPÍTULO IV: DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO		70
4.1	CÁLCULO DE POTENCIA PARA CADA MODULO.....	71
4.2	CÁLCULO DE LA CARGA UTILIZADA.....	71
4.3	CÁLCULO DEL NUMERO DE PANELES SOLARES	72
4.4	CÁLCULO DE BATERÍAS.....	74
4.5	CÁLCULO PARA EL REGULADOR	75
CAPÍTULO V: PRUEBA Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO.....		76
5.1	PRUEBAS Y AJUSTES DEL SISTEMA ELECTRÓNICO	76
5.2	VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO.....	78
5.2.1	Validación del sensor de temperatura	82

5.2.2	Validación del sensor de humedad.....	83
5.3	INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO EN EL INVERNADERO DE ROSAS	84
5.3.1	Distribución de sensores en el invernadero.....	85
5.3.2	Sucesos registrados por el sistema electrónico.....	87
5.3.3	Hechos registrados utilizando el sistema.....	88
5.3.4	Acciones realizados para el control de enfermedades	90
5.3.5	Acciones sugeridas para el control de enfermedades	92
5.4	ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS.....	92
5.4.1	Análisis de datos por mes.....	95
CAPÍTULO VI: COSTO Y PRESUPUESTO REFERENCIAL.....		105
6.1	COSTO Y PRESUPUESTO	105
6.2	ANÁLISIS VAN Y TIR	108
CONCLUSIONES.....		110
RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS.....		112
BIBLIOGRAFÍA		113
ANEXOS		116
ANEXO A: HOJA TÉCNICA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO		116
ANEXO B: DETALLES TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS.....		120
ANEXO C: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO Y FOTOGRAFÍAS		125
ANEXO D: INSTALACIÓN EN EL INVERNADERO		134
ANEXO E: CÓDIGOS DE PROGRAMACIÓN		140

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación política	15
Tabla 2 Ubicación geográfica.....	15
Tabla 3 Propiedad de los plásticos usados en los invernaderos.....	37
Tabla 4 Equivalencias de temperatura - SVP.....	42
Tabla 5 Especificaciones técnicas del cable UTP Cat5.....	48
Tabla 6 Cuadro comparativo para el nodo recolector.....	50
Tabla 7 Cuadro comparativo del regulador DC/DC.....	51
Tabla 8 Identificaciones técnicas del módulo convertidor bidireccional.....	52
Tabla 9 Especificaciones técnicas del sensor DHT21.....	53
Tabla 10 Cuadro de cotejo para el nodo transmisor.....	55
Tabla 11 Cálculo de la carga utilizada.....	71
Tabla 12 Datos registrados por el sistema de monitoreo	79
Tabla 13 Datos registrados por termo higrómetro	81
Tabla 14 Temperatura y humedad medidas dentro del invernadero	86
Tabla 15 Sucesos registrados por el sistema electrónico	89

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Mapa de localización del proyecto (elaboración propia)	16
Figura 2: IoT en invernaderos.	26
Figura 3: Sistema fotovoltaica aislada.....	27
Figura 4: Tipos de termopar.	29
Figura 5: Resistencia vs temperatura del sensor pt100.	30
Figura 6: Comportamiento de un termistor.....	31
Figura 7: Sensor de humedad resistivo.....	32
Figura 8: Sensor integrado.....	32
Figura 9: Micro controlador PIC16F84A.....	33
Figura 10: Micro controlador raspberry pi rp2040.	34
Figura 11: Invernadero tipo capilla.	35
Figura 12: Invernadero tipo túnel	35
Figura 13: Invernadero tipo diente de sierra.....	36
Figura 14: Rosas.....	39
Figura 15: Rosas con mildiu y botrytis.....	41
Figura 16: irradiación en un día soleado.	43
Figura 17: Mínimos cuadrados.....	44
Figura 18: Diagrama esquemático del sistema a implementar.....	46
Figura 19: Diagrama del proceso de diseño e implementación.....	46
Figura 20: Diagrama del diseño propuesto.	47
Figura 21: Distancia de los sensores al nodo de sensores.	48
Figura 22: Circuito caída de tensión.....	49
Figura 23: Modulo UART TTL a RS485.	52
Figura 24: Sensor DHT21.	53
Figura 25: Organigrama en bloques del sistema de monitoreo.....	56
Figura 26: Plataforma EasyEda.	57
Figura 27: Diagrama esquemático del nodo de sensores.	58
Figura 28: Circuito PCB del nodo sensor.	59
Figura 29: Maquina CNC.....	59
Figura 30: Vista anticipada del sistema implementado.	60
Figura 31: Unificación de componentes para el nodo de sensores.....	60
Figura 32: Programación del nodo de sensores.....	61

Figura 33: Tarjeta raspberry PI 3.	62
Figura 34: Módulo transmisor de datos.	62
Figura 35: Prueba de funcionalidad.....	63
Figura 36: Voltaje y corriente del nodo sensor.	63
Figura 37: Voltaje y corriente del nodo transmisor.	64
Figura 38: Diagrama del diseño de software.....	65
Figura 39: Diagrama de flujo del nodo de sensores.....	66
Figura 40: Diagrama de flujo del nodo transmisor.....	67
Figura 41: Archivos de código de programación.....	68
Figura 42: Visualización del código fuente.....	68
Figura 43: Interfaz de usuario en el dispositivo móvil.....	69
Figura 44: Mediciones de tensión y corriente consumida.....	70
Figura 45: Mapa de irradiación solar del departamento Cusco	72
Figura 46: Salida y puesta de sol en el cusco – Perú.....	73
Figura 47: Sistema fotovoltaico.	75
Figura 48: Prueba del sistema electrónico.	76
Figura 49: Instrumentos utilizados para ajustes del sistema electrónico.....	76
Figura 50: Pruebas de la interfaz de usuario.....	77
Figura 51: Cable UTP y sensor DHT21.....	77
Figura 52: Datos registrados de Temperatura.....	78
Figura 53: Datos registrados de Humedad relativa.	78
Figura 54: Termo higrómetro HTC-2.	80
Figura 55: Datos registrados en el cuaderno de apuntes.....	80
Figura 56: Temperatura HTC-2 patrón vs sistema implementado.....	82
Figura 57: Humedad HTC-2 patrón vs sistema implementado.....	83
Figura 58: Montaje del sistema de monitoreo en el invernadero.....	85
Figura 59: Puntos de muestra de temperatura y humedad relativa.....	85
Figura 60: Localización de los sensores en el invernadero.....	87
Figura 61: Posición de los sensores en el rosal.	87
Figura 62: Efectos visuales ocasionados por botrytis.....	88
Figura 63: Efectos visuales ocasionados por mildiu vellosa.....	88
Figura 64: Grafica del suceso registrado por el sistema electrónico.	90
Figura 65: Poda y cosecha oportuna.....	90
Figura 66: Eliminación de hojas y flores afectados por las enfermedades.....	91

Figura 67: Control químico de enfermedades.	91
Figura 68: Curva del comportamiento de la temperatura.	92
Figura 69: Curva de comportamiento de la humedad relativa.	93
Figura 70: Extracto del archivo en formato excel.	94
Figura 71: Extracto del archivo del mes de julio.	95
Figura 72: Datos del mes de agosto.	96
Figura 73: Datos de mes de setiembre.	97
Figura 74: Datos del mes de octubre.	98
Figura 75: Datos del día 18 del mes de octubre.	99
Figura 76: Datos del día 24 y 25.	100
Figura 77: Datos de día 28 y 29.	101
Figura 78: Mertect envase y etiqueta.	102
Figura 79: Hojas de las rosas después de la fumigación con mertect.	103
Figura 80: Vista 8 días después de la alerta.	103
Figura 81: Vista 10 días después de la alerta.	104
Figura 82: Vista 18 días después de la alerta.	104

ÍNDICE DE ACRÓNIMOS

ACRÓNIMO	SIGNIFICADO
Ah	Amperios por Hora
BAT	Batería
DC	Corriente Continua / Corriente Directa
PCB	Placa de Circuito Impreso
PV	Panel Fotovoltaico
VDR	Voltios de Tensión Continua
4G	Fourth Generation
CC	Corriente continua
CI	Circuito integrado
RJ	Tipo de conector
ANT	Antena
COM	Común
Voc	Voltaje en circuito abierto
Ics	Corriente en circuito cerrado
W	Watts
A	Amperios
V	voltios
IoT	Internet de las cosas

RESUMEN

La presente tesis detalla el diseño y construcción de un sistema electrónico de vigilancia automático de temperatura y humedad en un invernadero con el propósito de detectar en tiempo real la situación ambiental de las enfermedades en el cultivo de rosas en invernadero del distrito de Huayopata – la Convención.

El procedimiento de investigación que se empleó en el presente trabajo es de campo, y está orientado a realizar el diseño y prototipo del mecanismo de supervisión de temperatura y humedad relativa en un invernadero de rosas dentro del ámbito geográfico del distrito de Huayopata, en el proyecto se consideró la aplicación y diseño de la Ingeniería Electrónica abarcando las áreas de comunicaciones, instrumentación y control. Se investigó y se dio una alternativa a una problemática presente en los cultivos de rosas en un invernadero haciendo uso de componentes electrónicos, software, comunicación 4G y una fuente de alimentación autónoma.

Se realizó la formulación, ejecución y puesta en marcha del sistema de monitoreo electrónico y los efectos son la visualización a través de la interfaz de usuario los valores obtenidos en el instante por cada sensor, promedios de temperatura y humedad relativa y la gráfica del comportamiento en un periodo de 24 horas. Así mismo se puede descargar la información en formato de excel que permitirá realizar un estudio más detallado.

El sistema electrónico de monitoreo pudo detectar la temperatura en el rango de 18 °C a 25 °C con una humedad relativa mayor a 85 % entre el día 24 y 25 del mes de octubre, el cual permitió tomar acciones de control químico fumigándose con fungicida agrícola mertect al día siguiente de la alerta detectada, los resultados favorables se notaron días después de las condiciones ambientales detectadas por el sistema electrónico. Las manchas de color marrón en las hojas y la podredumbre en los pétalos de las rosas como efectos del mildiu y botrytis ya no se pudieron ver 14 y 18 días después de la alerta, teniendo una cosecha con regularidad de las flores.

Palabras clave: mildiu veloso, botrytis, monitoreo automático, interfaz de usuario.

ABSTRACT

This thesis details the design and construction of an electronic system for automatic monitoring of temperature and humidity in a greenhouse with the purpose of detecting in real time the environmental situation of diseases in the cultivation of roses in a greenhouse in the district of Huayopata - La Convention

The research procedure used in this work is field-based, and is aimed at carrying out the design and prototype of the temperature and relative humidity monitoring mechanism in a rose greenhouse within the geographical scope of the Huayopata district, in the project The application and design of Electronic Engineering was considered, covering the areas of communications, instrumentation and control. An alternative was investigated and given to a problem present in rose crops in a greenhouse using electronic components, software, 4G communication and an autonomous power supply.

The formulation, execution and start-up of the electronic monitoring system was carried out and the effects are the visualization through the user interface of the values obtained instantly by each sensor, averages of temperature and relative humidity and the graph of the behavior in a period of 24 hours. Likewise, you can download the information in Excel format that will allow you to carry out a more detailed study.

The electronic monitoring system was able to detect the temperature in the range of 18 °C to 25 °C with a relative humidity greater than 85% between the 24th and 25th of October, which allowed chemical control actions to be taken by fumigating with fungicide. agricultural mertext the day after the alert detected, the favorable results were noted days after the environmental conditions detected by the electronic system. The brown spots on the leaves and rot on the petals of the roses as effects of mildew and botrytis could no longer be seen 14 and 18 days after the alert, with a regular harvest of the flowers.

Keywords: mildiu, botrytis, automatic monitoring, user interface.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, donde cada vez es más intenso los cambios climatológicos que se presentan a la largo de nuestro país, afectando de manera considerable en la agricultura los cultivos, estos cambios climáticos intensos influyen en el microclima del invernadero generándose un ambiente propicio para la infección de enfermedades. Es así que se identifica la necesidad de contar con un mecanismo electrónico de vigilancia de temperatura y humedad relativa autónoma y que permita acceder a las medidas realizadas mediante una interfaz usuario de manera remota.

Por otra parte, la intención de esta propuesta busca el diseño, ejecución y puesta en funcionamiento de un modelo de circuito electrónico que permita realizar la vigilancia en el instante del tiempo las condiciones ambientales dentro del invernadero, de este modo detectar que la temperatura se encuentre entre 18 °C a 25 °C con una humedad relativa mayor a 85% que favorece la afectación de mildiu y botrytis en el cultivo de rosas. Así mismo se tendrá los valores reales para un registro temporal que permita realizar futuros estudios.

Este proyecto plantea el problema de investigación que implica la realidad y descripción problemática, también los objetivos, justificación, alcances, limitación del proyecto y metodología de la investigación. Los análisis, selección de los componentes, los cálculos realizados para el dimensionamiento y validación del sistema electrónico de vigilancia de la situación de temperatura y humedad relativa son tratados cuidadosamente para los buenos entendimientos del lector.

La implementación del sistema fotovoltaico según los cálculos de dimensionamiento realizados satisface la demanda de energía por el sistema electrónico las 24 horas del día. Como resultado de realizar el monitoreo se pudo detectar las posiciones de temperatura y humedad relativa con respecto a las horas del día, no pudiéndose detectar estos manualmente ya que ocurren a partir de media noche hasta tempranas horas del día siguiente.

CAPÍTULO I: GENERALIDADES

1.1 ÁMBITO GEOGRÁFICO

La ubicación geográfica donde se realizó la intervención del proyecto se encuentra en el sector de Santa Rosa del distrito de Huayopata, provincia de la Convención, región Cusco. En el margen izquierdo de río Lucumayo, y a esta se puede llegar a través de una carretera que articula con la vía Cusco – Quillabamba a la altura del Km. 190.

La ubicación política y geográfica del proyecto se resume en las siguientes tablas:

Tabla 1

Ubicación política

Sector	Santa Rosa
Región geográfica	Selva alta
Distrito	Huayopata
Provincia	La Convención
Región	Cusco

Fuente: elaboración propia

Tabla 2

Ubicación geográfica

Altitud	Elevación	1,920 m.s.n.m
Coordenadas geográficas	Latitud sur	13°01'53.27"
UTM	Latitud norte	72°28'43.83"

Fuente: elaboración propia

En la figura 1, muestra el plano de localización del invernadero con cultivo de rosas en donde el sistema electrónico de vigilancia está instalado.

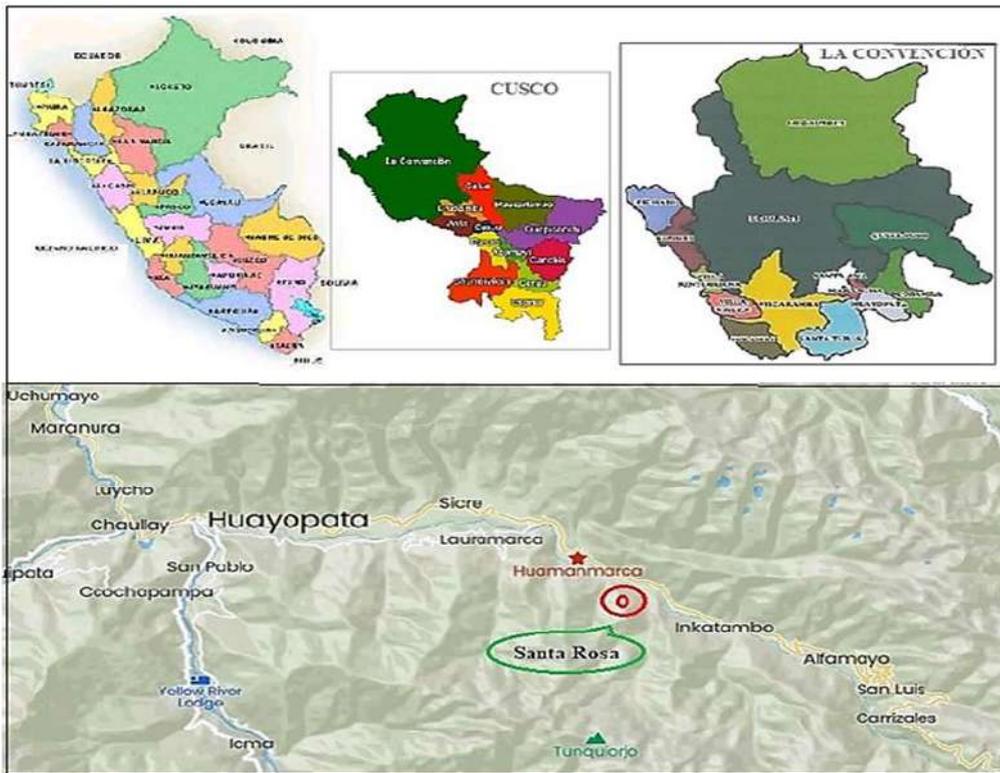


Figura 1: Mapa de localización del proyecto (elaboración propia)

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Actualmente se está intensificando el uso de toldos solares para diferentes cultivos en el Perú, en nuestra región del cusco existen instalaciones de toldos solares de manera particular y otras propiciados por los gobiernos locales como una actividad e ingreso económico familiar, pese a ello hay una brecha que limita el uso de tecnologías para el seguimiento y control de las distintas actividades internas en el invernadero y que decir de la cadena de producción, valor agregado y derivados que están lejos de acceder a los avances tecnológicos y poder ofrecer productos con calidad en los mercados locales. En tal caso, es necesario el apoyo de parte del estado mediante los gobiernos locales con proyectos que incluyan el uso de tecnologías en los diferentes procesos de la agricultura, así mismo, el interés de las instituciones de instrucción superior técnico y universidades mediante los proyectos orientados a la agricultura será investigar sobre nuevas tecnologías que pueda aplicarse en esta área, de este modo reducir el uso excesivo de agroquímicos.

El uso de toldos solares para la floricultura en especial para el cultivo de rosas es una solución acertada para proteger de las condiciones climáticas extremas y de las plagas que afectan en condiciones de cielo abierto, pese a ello se genera un micro

clima dentro del invernadero que en ciertas estaciones del año se genera un clima propicio que favorece la germinación, incubación y el proceso de infección del mildiu, botrytis.

Los invernaderos alejados del suministro de energía eléctrica presentan una dificultad para energizar sistemas de monitoreo y control de las diferentes acciones necesarias que pueda requerir dentro de un invernadero, para ello una solución sería el uso de sistema fotovoltaico autónomo para energizar dichos sistemas las 24 horas del día.

Existe un personal no constante durante el día dentro del invernadero realizando actividades culturales, dicha persona tendría que estar pendiente con un termómetro e higrómetro tomando datos de temperatura y humedad, durante la noche no se realiza ninguna de estas mediciones, es por esta razón que se implementó un modelo del sistema de monitoreo las 24 horas del día y de manera remota.

1.3 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

La problemática que se identificó en el cultivo de rosas dentro de un invernadero en el sector de Santa Rosa del distrito de Huayopata, es el deficiente registro de datos de temperatura como de humedad relativa que se realiza en el día, y por las noches no se realiza ningún tipo de mediciones, el registro de temperatura y humedad no es constante durante el día y esta no permite tomar las decisiones preventivas y de control de enfermedades, por lo cual se realizó un prototipo de un sistema electrónico de monitoreo constante las veinte cuatro horas del día, el prototipo permite al usuario ver en tiempo real las mediciones de cada sensor, también se puede acceder al registro de 24 horas en forma de grafica para tomar acciones de control de las enfermedades.

1.4 OBJETIVOS DEL PROYECTO

1.4.1 Objetivo general

Diseñar un sistema electrónico de monitoreo automático para prevenir las condiciones ambientales de las enfermedades en el cultivo de rosas en invernadero del distrito de Huayopata - La Convención.

1.4.2 Objetivos específicos

- Diseñar el sistema electrónico para monitorear la temperatura y humedad relativa en el invernadero, considerando la selección de los componentes electrónicos a utilizarse en el proyecto.
- Implementar el prototipo de sistema electrónico automático para el monitoreo remoto, que registre las mediciones de humedad relativa y temperatura durante el día y también por la noches.
- Diseñar un sistema de panel solar para la alimentación del sistema de monitoreo.
- Diseñar el software que permita integrar y gestionar el sistema de monitoreo autónomo y el aplicativo para el usuario.
- Probar y validar el prototipo del sistema de monitoreo en el invernadero con el aplicativo para su uso.

1.5 JUSTIFICACIÓN

En el distrito de Huayopata, provincia de la Convención, ofrece un gran potencial para el cultivo bajo invernadero entre ellas la floricultura, la demanda creciente de rosas en los mercados de Huancaro y San Pedro en la ciudad de Cusco hace que la calidad de las flores se vea reflejado en los precios de las mismas. Por lo tanto, las situaciones climáticas de humedad y temperatura dentro del invernadero son los principales componentes para la propagación de enfermedades entre ellas mildiu y botrytis; la detección de las condiciones ambientales que permitan prevenir las enfermedades ayudará a realizar el control de la propagación de dichas enfermedades y disminuir los efectos que estos producen. Actualmente el proceso de control de las enfermedades se realiza cuando estas ya están en proceso de propagación avanzada.

La motivación para realizar este trabajo es la satisfacción de poder aportar a la demanda creciente de familias que apuestan por la floricultura en invernaderos como fuente de ingreso económico, además de tener la accesibilidad a la instalación de un invernadero con cultivo de rosas para realizar las diferentes actividades que demanda el estudio y obtener una información tangible de los resultados registrados por el sistema de monitoreo.

1.6 ALCANCES DEL PROYECTO DE TESIS

Al finalizar el proyecto de tesis se tiene los siguientes alcances:

- Se realizó una selección de compatibilidad, accesibilidad y escalabilidad de las tecnologías y módulos a utilizarse en el sistema.
- Se implementó un sistema prototipo para la prueba en campo de manera que se obtuvo las mediciones reales de los parámetros y los resultados obtenidos se detallan en esta tesis.
- Los datos recolectados por el sistema son enviados mediante internet a un dispositivo móvil para la verificación progresiva del monitoreo, a través de una interfaz usuario.
- Se obtuvo un registro de datos obtenidos por el proyecto, el cual servirá para futuros estudios de otras afecciones como son: oídium, arañas y otras plagas.

1.7 LIMITACIONES DEL PROYECTO

- El módulo está diseñado para monitorear solo parámetros de temperatura y humedad debido a factores económicos y magnitud del invernadero.
- Al realizar la instalación no se contó con una infraestructura para la instalación del sistema electrónico de monitoreo y para el sistema solar, el cual se tuvo que construir con materiales de la zona.
- La ubicación donde se instaló el sistema pertenece a ceja de selva donde se ve bien marcado las temporadas de lluvia que son de noviembre a marzo y el periodo de sequía el resto del año, las intensas precipitaciones afectan la señal de 4G, haciendo que los datos no se podían observar de manera constante.

1.8 METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

- Diseño de un sistema electrónico de adquisición de datos para medir y registrar las variables ambientales de temperatura y humedad, más un nodo transmisor de datos al internet y el dimensionamiento del sistema fotovoltaico.
- Implementación del sistema prototipo, unificación de módulos, programación, pruebas de funcionamiento y calibración.
- Dimensionamiento del sistema fotovoltaico para energizar el sistema en conjunto.

- Salida a campo para la instalación del sistema en conjunto y puesta en marcha.
- Selección de la información y análisis de las medidas obtenidas.
- Presentación de resultados y conclusiones.

1.9 ANTECEDENTES BIBLIOGRÁFICOS

Falconi, en su investigación: “Introducción de bacillus subtilis en el manejo integrado del moho gris (botrytis cinerea) en el cultivo de rosa”. Menciona las condiciones de germinación de esporas del moho gris los cuales ocurre cuando la temperatura se encuentra en el rango de 17 °C a 22 °C, una alta humedad relativa por encima de 95 % y 1 a 3 horas en presencia de agua o 6 horas en otros fluidos. (Falconi, 2023)

El moho gris (botrytis cinerea), es un patógeno adaptable capaz de penetrar de forma directa en el órgano o tejido de una planta llamada hospedante, esto ocurre en cualquier etapa del desarrollo de la planta, causa la muerte de las plantas y la podredumbre de botones y pétalos en las rosas. También es capaz de permanecer por un periodo largo sin ser detectado.

Datos del botrytis con relación a la temperatura.

Aparición de esclerocios: 11 °C – 15 °C

Germinación: 20 °C – 25 °C

Desarrollo óptimo: 18 °C – 23 °C

Crecimiento: 0 °C – 35 °C

Comportamiento del botrytis cinérea con la humedad relativa.

Desarrollo óptimo: mayor al 95 %

La fase biológica empieza con la diseminación de conidias estas por acción del viento, traje del personal y herramientas, luego se fijan en la superficie como en las hojas y tallos, seguidamente sucede un tiempo de latencia hasta que se da las condiciones suficientes de humedad relativa y temperatura para la germinación, iniciándose los efectos en las planta hasta el surgimiento de manchas marrones en las hojas y tallos, visualizándose los estragos a partir de 8 a 12 días después de la germinación.

Para Ayala, en su investigación: “Diversidad genética de *peronospora sparsa* (peronosporaceae) en cultivos de rosa de Colombia”. Menciona, que el mideo vellosa

(peronospora sparsa) en cultivos bajo invernadero es el causante de daños significativos en las rosas, este es un patógeno que pertenece al grupo de omycetes semejantes a los hongos y se le conoce comúnmente como mohos acuáticos. (Ayala, 2008)

Datos del mildew velloso con la temperatura

Germinación óptima: 18 °C

Crecimiento: 5 °C – 27 °C

Humedad relativa: mayor a 90% por un periodo de 3 - 4 horas

Generación de nuevos conidios: 10 – 14 días con 15 °C – 18 °C a una HR superior a 90 %

Sobrevivencia en hojas secas caídas: 2 – 4 semanas

Efectos visuales en botones florales: 14 – 16 días

Efectos visuales en tallos: 17 – 21 días

CAPÍTULO II: ESTADO DEL ARTE Y MARCO TEÓRICO

CONCEPTUAL

2.1 ESTADO DEL ARTE

A continuación se presenta los estudios de investigadores que abordaron temas relacionados a automatización, control, monitoreo en un invernadero así como el estudio de paneles fotovoltaicos, los cuales formaron un aporte que este proyecto de tesis sea realizable.

Barroso, A. 2015. En su proyecto de investigación: **“Control y monitorización de un invernadero a través de una aplicación móvil”**. Implementa una maqueta de un invernadero donde realiza el monitoreo y control utilizando microcontrolador arduino y el sistema operativo android. Para lograr sus objetivos, desarrolla un software para la tarjeta arduino, diseña un servidor para almacenar datos y desarrolla una aplicación en android para observar los datos del invernadero. Menciona en las conclusiones que logro realizar un monitoreo y control de un invernadero a mediante el uso de una aplicación remota. (Barroso, 2015)

Mamani, Villalobos y herrera, 2017. **“Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola”**. Desarrolla un sistema electrónico para realizar el monitoreo y control a un costo bajo en un invernadero, utilizando sensores, micro controladores y actuadores que fueron instalados en el interior, los datos obtenidos se observan mediante el internet haciendo uso de una aplicación web. También menciona que el sistema se desarrolló de acuerdo a los estándares de la *IEEE 1012* haciendo uso de un laboratorio donde se realiza el cultivo de tejidos vegetales para su análisis. En las conclusiones mencionan que son favorables los resultados ya que no tuvo inconvenientes en la medición hechas por los sensores y la comunicación mediante internet por el usuario. Las conclusiones a las que llego indican que logro un costo bajo hasta un aproximado de 90% frente a soluciones más caras del mercado. (Mamani, 2017)

Para Morales, 2018. En su investigación: **“Diseño de un sistema de control automatizado para medir temperatura, humedad y riego de un invernadero de *solanum lycopersicum*, centro poblado de Marian – Huaraz”**. Aborda el tema de pérdidas en los cultivos, cuya población analizada son agricultores que tienen terrenos agrícolas. El estudio es de tipo descriptivo y lleva como línea de aplicación

la automatización y domótica. El objetivo general es la concepción de un sistema electrónico de control automatizado donde se realiza la medición de humedad, temperatura y riego en cultivos de tomate dentro de un invernadero. Concluye con la necesidad de los agricultores para contar con un sistema automatizado que realice el control de humedad, temperatura y riego para mejorar la calidad en el cultivo de tomates en un invernadero y de este modo reducir las pérdidas económicas. (Morales, 2020)

Guillen, 2021. En su investigación: **“Modelo de implementación para el monitoreo y control de condiciones ambientales basados con tecnologías de arduino y raspberry”**. Menciona como objetivo el registro de los valores obtenidos por los sensores de temperatura, sensores de humedad, así como la calidad del aire y la radiación ultravioleta utilizando módulos de arduino y raspberry, estos datos son gestionados por el público usuario y tomar acciones de prevención, además obtiene un registro de los sucesos almacenado para futuras consultas. Señala en sus conclusiones la obtención satisfactoria de datos y resultados. La técnica, el uso del módulo raspberry y la realización del estudio en zonas donde no se tenía información de los datos ambientales fueron tomados en consideración para este proyecto. (Guillen, 2021)

Pozo, 2021. En su investigación: **“Diseño de un sistema de monitoreo para un invernadero experimental basado en una red de sensores”**. Desarrolla un dispositivo electrónico de monitoreo utilizando una tarjeta de prueba arduino uno, sensores de temperatura LM35 y un periférico arduino shield ethernet para la conexión a la red. Cuyos objetivos señala el diseño y la implementación del sistema. Las conclusiones a las cuales llegó citan que la arquitectura, el lenguaje de programación, la interfaz usuario y el internet se desarrollaron sin mayores dificultades, y da a conocer en las recomendaciones que su sistema pueda ser instalado en un invernadero con cultivos agrícolas. (Pozo J. M., 2021)

Condori, 2022. En su investigación: **“Estudio de la eficiencia actual de los paneles fotovoltaicos instalados en el proyecto fitel 2 en el ámbito rural de la región Cusco”**. Diseñó e implementó haciendo uso de una tarjeta arduino un sistema electrónico de adquisición de variables ambientales para detectar la radiación solar, temperatura y humedad relativa con el objetivo de determinar la eficiencia de los paneles fotovoltaicos así mismo determinar las causas que los afectan en su

rendimiento, señalando como conclusión que en la zona de selva presentan mucho más deterioro por la presencia de humedad en comparación en zonas de sierra de la región del Cusco. (Condori, 2022)

2.2 MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.2.1 Monitoreo remoto

Es un sistema que ayuda a las empresas de diferentes rubros a mantener seguros y permite prevenir riesgos, supervisar y realizar acciones preventivas y correctivas en los procesos, espacios, máquinas y personal. La tecnología IoT constituye una parte fundamental para un dispositivo de monitoreo remoto las cuales logra conectar objetos dentro de una instalación a monitorear con el sistema de internet para obtener datos e información en tiempo real y luego procesarlos con un software especializado.

En el programa se determinan las variables a monitorear tales como: la temperatura, humedad, calidad del aire, etc. Se debe considerar los umbrales o límites naturales para enviar señales de alerta al usuario cuando están fuera del rango de funcionamiento normal, esta condición ayudara la detección de problemas y riesgos para la toma de decisiones y acciones. (Mamani, 2017)

2.2.2 Sistema en tiempo real

Se define como aquel sistema digital que actúa constantemente en el entorno con dinámica conocida mediante sensores que van conectados a los puertos de entrada y salida, este tendrá un correcto funcionamiento si cumple con los conceptos de estabilidad, predictibilidad y controlabilidad.

2.2.3 Sistema de monitoreo de humedad

Es necesario tomar en cuenta para realizar la elaboración del sistema electrónico que monitorea la humedad, el tipo de invernadero, tamaño, zona donde está ubicado el invernadero, el tipo de cultivo que se tiene. Con estos datos podemos diseñar y seleccionar los sensores y la cantidad necesaria.

Un sensor de humedad tiene la capacidad de convertir señales físicas en señal eléctrica de corriente o voltaje, las cuales podrán ser ampliadas, manipulada y procesada.

2.2.4 Internet de las cosas (IOT)

Es una tecnología nueva que incorpora objetos físicos que incorporan sensores, software y otras tecnologías con la intención de intercambiar datos por medio de internet para comunicarse con otros dispositivos o sistemas. (Salazar, 2016)

2.2.5 IOT en la agricultura

En esta área se está dando uso de esta tecnología para hacer el seguimiento de las propiedades físicas tales como la temperatura de aire, luminosidad, humedad, ventilación y otros factores que afectan e influyen en el proceso de producción. También se está aplicando para optimizar los procesos de adecuación de terrenos para cultivo, sembrío, control de enfermedades y plagas, fumigación, riego tecnificado y cosecha. La cuarta revolución industrial está generando cambios en la agricultura, es así que se puede desarrollar una agricultura sin deteriorar el medio ambiente y las riquezas naturales, un obstáculo para el desarrollo de esta tecnología en zonas rurales es la falta de conectividad, pero con el transcurrir de los años este inconveniente se ha ido reduciendo y la expansión de la tecnología 5G está llevando internet a lugares más alejados de las ciudades, dando oportunidad e iniciativa para el uso de inteligencia artificial e IoT en zonas rurales. (Pineda, 2022)

2.2.6 IOT en invernaderos

Los invernaderos inteligentes son la aplicación de IoT en la agricultura tradicional originando un espacio adecuado para cultivar, esto puede realizarse mediante la internet para monitorear parámetros en el interior del invernadero con sensores y poder regular según sea el caso mediante los actuadores, el usuario podrá realizar la verificación y enviar ordenes al módulo principal ubicada en el invernadero en tiempo real mediante un dispositivo conectado a internet. (Gomez, 2017)



Figura 2: *IoT en invernaderos.*

Fuente: Elaboración propia.

2.2.7 Sistema solar fotovoltaico

Son sistemas que aprovecha la energía solar para proporcionar energía eléctrica limpia para consumo de aparatos eléctricos en zonas donde es deficiente el suministro de la red eléctrica, una adecuado dimensionamiento garantizará el buen funcionamiento sistema y se tendrá una vida prolongada de los equipos, para ello deben tener la potencia, capacidad que garanticen la durabilidad y el buen funcionamiento del sistema. (Perpiñán, 2023)

2.2.8 Sistema fotovoltaico aislado

Es la generación de corriente eléctrica que proporciona al usuario proveniente del sol, una de sus características es que no está conectada a la red eléctrica y puede instalarse en zonas remotas donde es imposible el acceso a la red eléctrica. Está conformado por: (Torrillas, 2014)

Paneles solares fotovoltaicos, conjunto de celdas solares cuya función es captar la energía solar para convertirla en energía eléctrica, la vida útil promedio de

los paneles solares esta entre 25 años entregando un 80 % de su producción, su vida útil se puede alargar por mucho más tiempo, pero su producción disminuirá gradualmente. Los paneles solares son los elementos de mayor durabilidad en el sistema, el mantenimiento que se debe dar es tener limpio la superficie para que no haya sombras a las células.

Controlador de carga, es la encargada de regular la energía eléctrica de las baterías aprovechando al máximo la potencia fotovoltaica de entrada, existen controladores con leds o display para mostrar el estado de la batería y la correcta conexión de módulos. La durabilidad de los controladores es de 15 años a más dependiendo de la carga y el uso que se le puede dar.

Batería o acumulador, su función es almacenar energía eléctrica proveniente del panel solar para utilizar cuando ya no haya incidencia del sol sobre los paneles, de acuerdo al uso que se da existen dos tipos de baterías estacionarias y monoblock, la vida útil de estos dos tipos esta entre 10 a 15 años.

Inversor de corriente, es un dispositivo encargado de cambiar la corriente directa en corriente alterna y esta debe tener una potencia adecuada para poder alimentar los aparatos eléctricos, su vida útil es de 15 años a más.

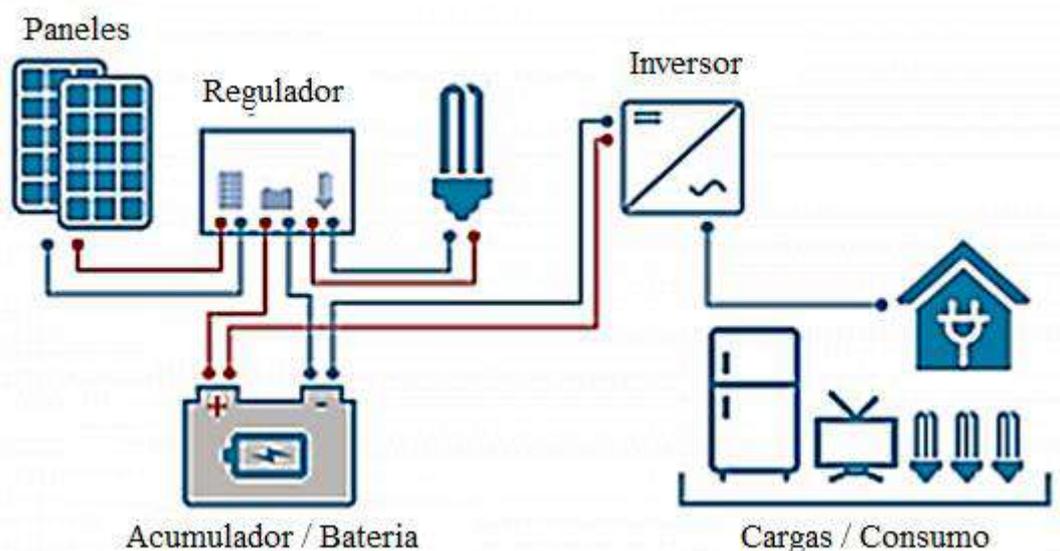


Figura 3: Sistema fotovoltaica aislada.

Fuente: helioesfera.com/instalacion-fotovoltaica-aislada/

2.2.9 Sensor de temperatura

Componentes electrónicos que son utilizados para medir la temperatura del entorno, su aplicación es variada, y podemos encontrar en industrias alimentarias, monitoreo y control de ambientes y equipos médicos, en el sector automotriz, los sensores son utilizados para medir el calor y garantizar el correcto funcionamiento en un cierto rango de temperatura. En las etapas del proceso industrial también se puede utilizar para detectar el límite de la temperatura de funcionamiento para no llegar al sobre calentamiento. (Alzate, 2007)

Los parámetros para evaluar un sensor de temperatura son: la sensibilidad definida como cantidad mínima que el sensor pueda medir, los valores mínimos y máximos que dependen de las condiciones físicas del sensor, el cambio de mínima de temperatura que pueda detectar llamada resolución y tiempo de respuesta.

Termopar o termocupla

El funcionamiento es básicamente dos hilos de diferente material unidos en un extremo, a esta unión se le conoce como junta de medición o unión caliente y el otro extremo separados se conoce como junta fría, cuando se somete a temperatura la junta de medición, en la junta fría existe una diferencial de tensión el cual será captado con un dispositivo electrónico. Los termopares debido a su amplia gama de temperaturas que posee son los más utilizados y su reducido precio, precisión y fiabilidad hace que sea conveniente su uso en la adquisición de datos. A continuación mencionaremos los tipos de termopares. (Rodriguez, 2017)

Tipo K, de material conocida como cromel, que es una aleación de Ni-Cr, también se encuentra en material llamada alumel que es una aleación de Ni-Al, cuyo rango de medida se encuentra entre $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+1372\text{ }^{\circ}\text{C}$, tiene una sensibilidad de $41\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$ y posee una buena resistencia al deterioro por oxidación.

Tipo E, construida con aleación de materiales Cu-Ni, los cuales son utilizados para medir bajas temperaturas debido a su alta sensibilidad, sensibilidad $68\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Tipo J, de material hierro, con un rango de uso desde $-270\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $+1200\text{ }^{\circ}\text{C}$, el principal problema es que se oxida por encima de 500°C y por debajo de 0°C .

Tipo T, cobre, rango de medición $-200\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $260\text{ }^{\circ}\text{C}$, buen comportamiento en atmosferas húmedas, oxidantes y reductoras, sensibilidad $43\text{ }\mu\text{V}/^{\circ}\text{C}$.

Tipo N, de material llamada nicrosil que es una aleación de Ni-Cr-Si, también se tiene el nisil que es una aleación de Ni-Si, su uso es en altas temperaturas y tiene una buena resistente a la oxidación.



Figura 4: Tipos de termopar.

Fuente: instrumentaciondinamica2013.blogspot.com

Sensor rtd

(resistance temperatura detector) detector de temperatura resistivo, está construido por hilos de cobre, níquel o platino, estos materiales tienen un coeficiente de temperatura positivo. (Hauser, 2021)

Pt100, sensor de temperatura más utilizado en la industria cuya resistencia es de 100Ω a una temperatura de $0 \text{ }^\circ\text{C}$ o $32 \text{ }^\circ\text{F}$ y cuando se incrementa la temperatura también se eleva la resistencia, su construcción de hilo de platino embobinado y encapsulado en cerámico o vidrio en forma de sonda. A continuación se puede apreciar la relación de temperatura y resistencia.

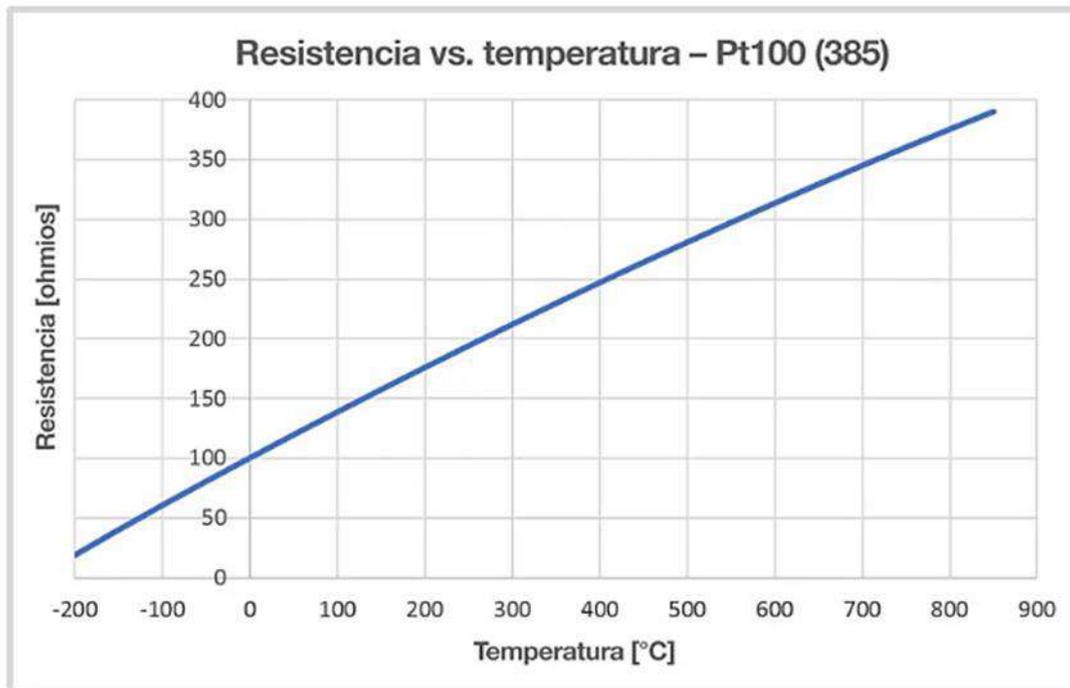


Figura 5: Resistencia vs temperatura del sensor pt100.

Fuente: blog.beamex.com/es/sensor-de-temperatura-pt100

Pt1000, sensor de temperatura cuya resistencia es de 1000 Ω a una temperatura de 0 $^{\circ}\text{C}$, es utilizado por su precisión, sensibilidad y fiabilidad, opera en lugares donde la temperatura no sea mayor a 650 $^{\circ}\text{C}$

Termistores, es un sensor que sirve para detectar la temperatura mediante los cambios de resistencia, el tipo de encapsulado más usados son SMD, perla y disco. Existen dos tipos.

NTC o coeficiente de temperatura negativo, cuya curva es no lineal y su resistencia disminuye cuando se incrementa la temperatura, tiene un tiempo de respuesta $\pm 1\%$ y la precisión está en 0.05 a 20 $^{\circ}\text{C}$.

PTC, termistores cuyo coeficiente de temperatura es positivo, tiene una característica particular que al elevar la temperatura también se incrementa la resistencia, su aplicación es básicamente en el arranque de motores y protección a sobretensiones.

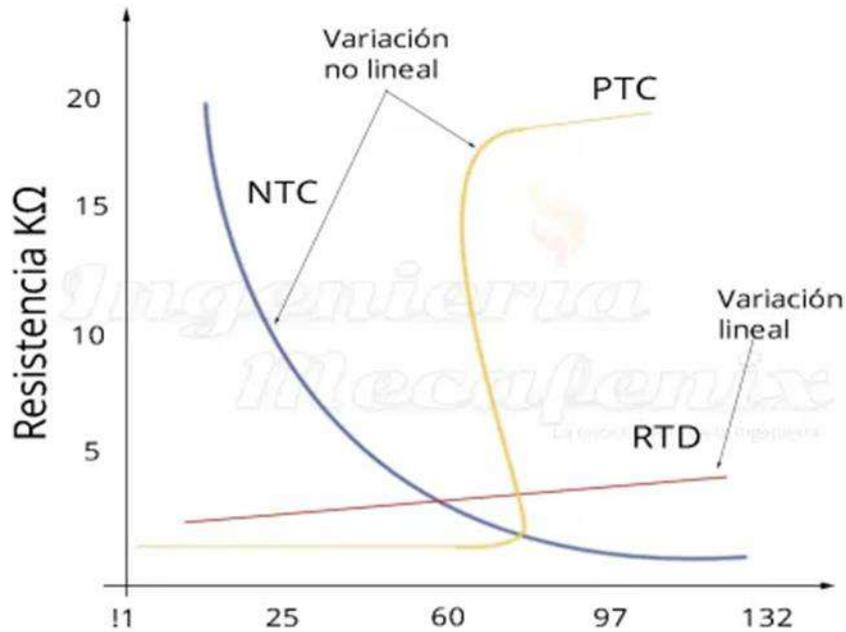


Figura 6: Comportamiento de un termistor.

Fuente: mecafenix, 2018

2.2.10 Sensor de humedad

Es un dispositivo utilizado en espacios interiores como en invernaderos, cuya magnitud medida por el sensor son convertidas en señales eléctricas, estas a su vez serán procesadas y comparadas con un rango de valores el cual definirán el valor de la temperatura. (Metas metro logos asociados, 2008)

Sensor de humedad resistivo, formado por una rejilla de electrodos dentro de un sustrato cerámico aislante, los electrodos son recubiertos con sal que es sensible a la humedad, el vapor de agua no puede ingresar a la resina ya que posee una cubierta protectora, cuando se pasa una corriente por los electrodos se altera la impedancia del sensor y al ser medido se podrá obtener la humedad relativa. En la figura 7 muestra el funcionamiento de este dispositivo.

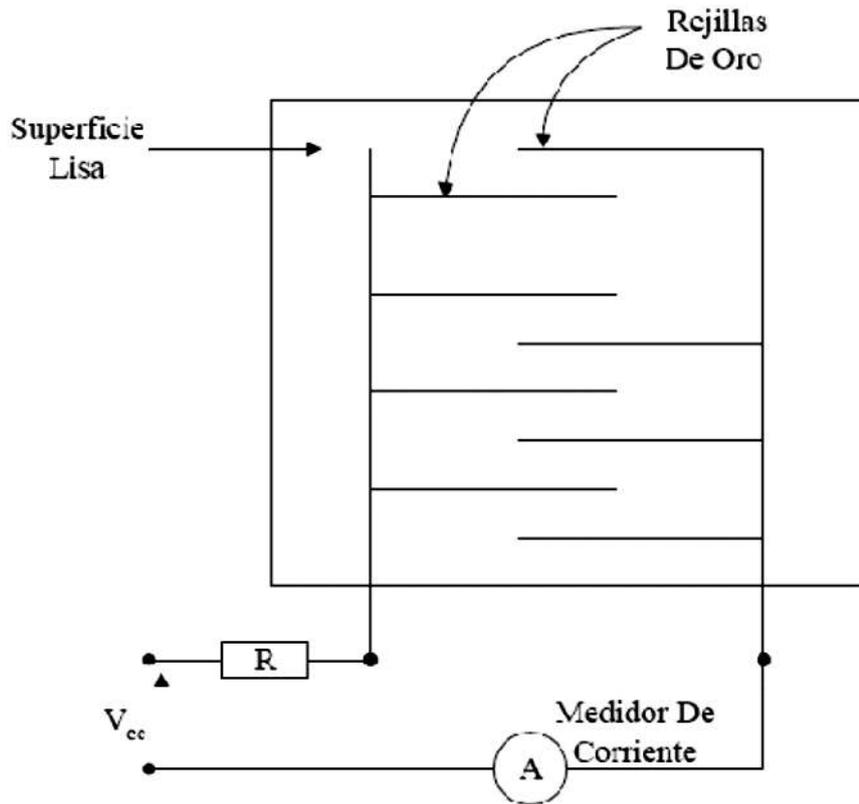


Figura 7: Sensor de humedad resistivo.

Sensor de temperatura y humedad integrada, de fabricación CMOS industrial que está integrado en un chip electrónico, tiene una gran confiabilidad y una alta estabilidad en el tiempo de uso. Este sensor permite medir la temperatura y humedad de medio ambiente, tiene un sensor capacitivo para medir la humedad y un termistor para medir la temperatura.

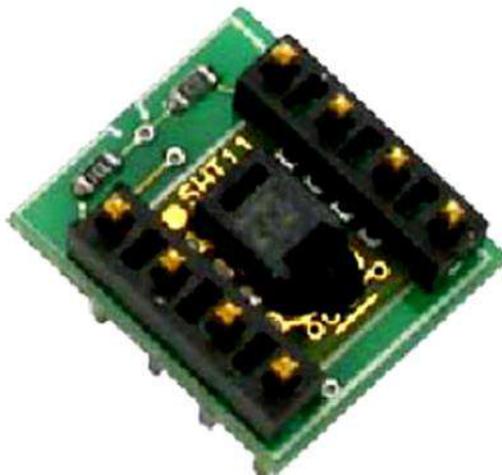


Figura 8: Sensor integrado.

2.2.11 Micro controlador (μ C)

Es un circuito integrado programable que está compuesto por un mecanismo electrónico interno que pueda controlar elementos de entrada y salida, posee un procesador de datos y una memoria interna donde se pueda guardar el programa, memoria flash y RAM. Su uso básicamente es procesar información en la automatización de procesos.



Figura 9: Micro controlador PIC16F84A.

RP 2040

Micro controlador de raspberry pi con dos núcleos a una frecuencia de 133MHz, sus características hacen que sean muy utilizados en sistemas embebidos y placas de desarrollo. Las características principales se presentan a continuación.

Memoria SRAM de 264 kB

Soporte para memorias flash externa de hasta 16 MB

Controlador SRAM de 264 kB

Pine 30, con 4 pines configurables para entrada analógica

Tiene soporte para: 2 controladores I2C, 2 controladores SPI, 16 canales PWM y un controlador USB.

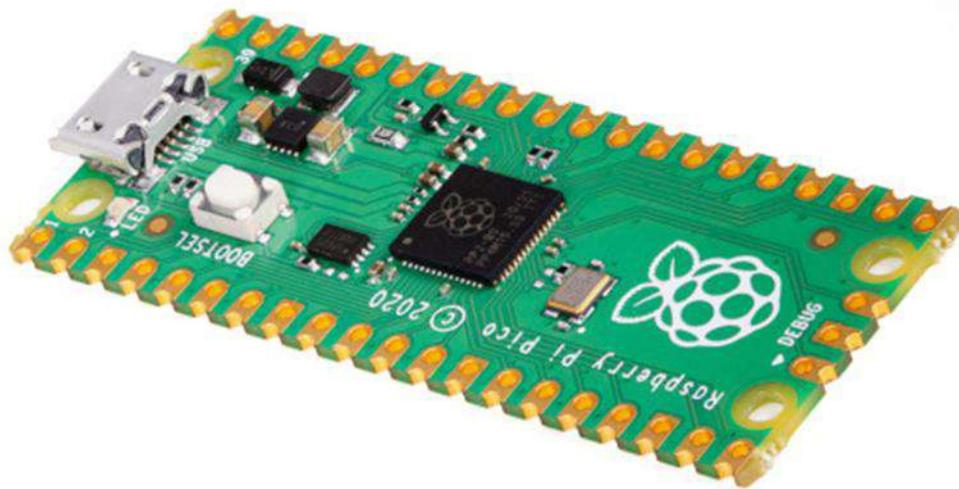


Figura 10: Micro controlador raspberry pi rp2040.

2.2.12 Invernadero

Estructura cerrada, accesible, con un techo translúcida de vidrio o plástico en cuyo interior se crea un microclima que es favorable para el cultivo y producción agropecuario de plantas fuera de su época además de aumentar la productividad en comparación con cultivos al aire libre, los beneficios que presenta tales como: control de factores ambientales como la humedad y temperatura, ahorro de agua mediante sistemas de riego tecnificado y fertilizado, control de enfermedades y plagas.

La radiación solar que atraviesa por el techo traslúcido del invernadero hace que se caliente los cultivos dentro y la radiación infrarroja que emiten los cultivos tienen una longitud de onda mayor de la que ingreso por el techo, por lo tanto estas longitudes de onda no pueden atravesar la cubierta del invernadero provocando un calentamiento en el interior del invernadero.

De acuerdo a las temperaturas en el interior del invernadero se clasifican en: invernaderos fríos, templados y cálidos, de acuerdo a la cubierta podemos mencionar: invernaderos con vidrio, invernaderos con plástico (policarbonato poli metacrilato, polietileno), según la estructura podemos mencionar: de madera, acero, hormigón, aluminio y la mezcla de materiales mencionados. Según la forma de construcción se encuentran: invernaderos tipo parral, curvo y capilla. A continuación se muestra las formas de invernaderos más usados. (López, 2019)

El material de cubierta más utilizado es de plástico por las prestaciones, maniobrabilidad y es adaptable a la forma y tamaño que pueda tener la infraestructura.

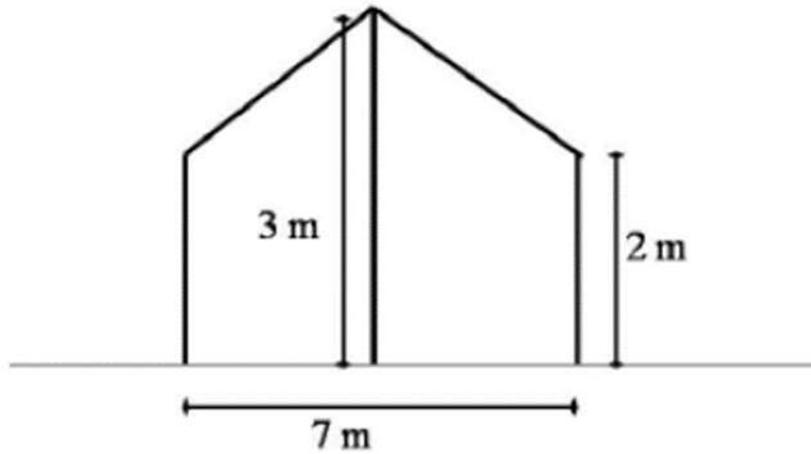


Figura 11: Invernadero tipo capilla.

Fuente: biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/

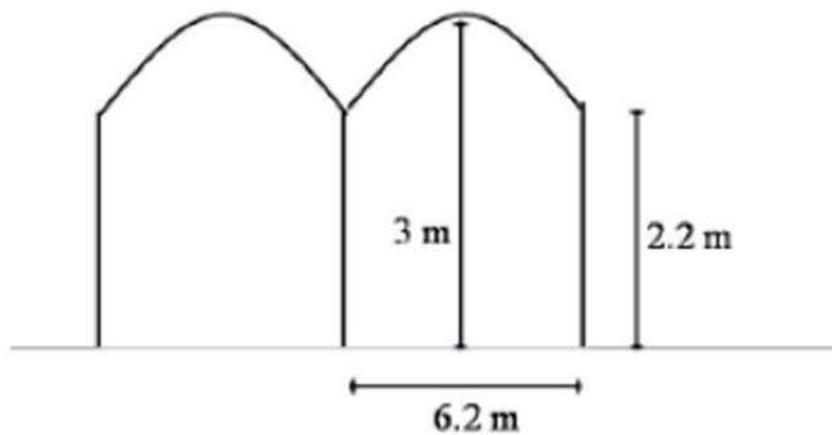


Figura 12: Invernadero tipo túnel

Fuente: biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/

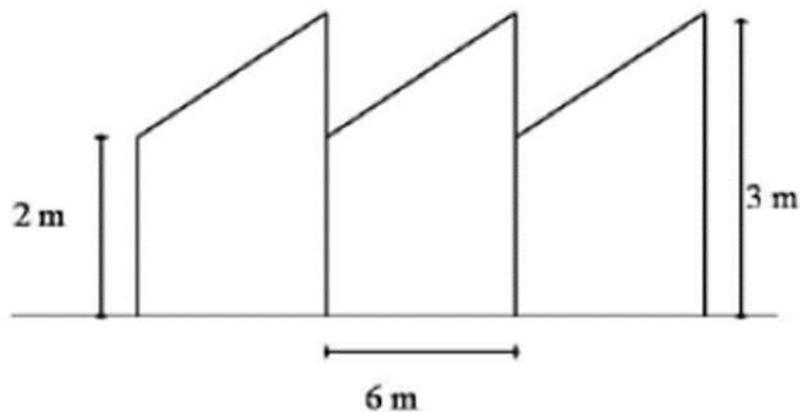


Figura 13: Invernadero tipo diente de sierra.

Fuente: biblioteca.inia.cl/bitstream/handle/

Tipos de plástico para cubierta de invernaderos

Para la cubierta de los invernaderos se utilizan diferentes tipos de plástico en su construcción, esto depende de los requisitos específicos de las plantas a cultivarse en su interior. A continuación, se presentan algunos de los tipos de plástico comúnmente utilizados en invernaderos: (Espí, 2012)

Polietileno de baja densidad (LDPE): (Low density polyethylene) este material es bastante utilizado en la fabricación de plásticos para invernaderos. Es resistente a productos químicos y la radiación UV, es flexible y tiene una buena resistencia a la tensión. Posee un tiempo de vida utilizable de 3 hasta 5 años.

Polietileno de alta densidad (HDPE): (High density polyEthylene) es un material plástico utilizado en cubierta de invernaderos por su resistencia a los rayos UV y a productos químicos, posee una vida útil entre 5 a 10 años.

Policloruro de vinilo (PVC): Es un plástico rígido que se añaden plastificantes para lograr su flexibilidad y usar como film plástico para cubiertas de invernaderos. Tiene una sensibilidad al frío y al depósito de polvo, el único inconveniente que presenta es su decoloración con el pasar de tiempo.

Polycarbonato (PC): Es un material plástico transparente y resistente bastante utilizado para cubiertas de invernaderos de alta gama. Posee una vida útil extremadamente duradero, tiene una buena resistencia a los impactos, a los

productos químicos y rayos UV. Además, facilita una alta transmisión de luz, esto significa que las plantas logren un mejor crecimiento en el interior del invernadero.

Tabla 3

Propiedad de los plásticos usados en los invernaderos

Tipo de plástico	Transporte de luz (%)	Transporte de IR (%)	Transmisión de calor (W/m ² °C)	Densidad (g/cm ³)	Anti-goteo	Anti-polvo
LDPE	90	62 - 65	8 – 9	0.91 – 0.93	NO	SI
HDPE	90	62 - 65	8 – 9	0.96	NO	SI
PVC	90	20 – 30	7 – 8	1.16 – 1.5	SI	NO
PC	75 - 83	0	4 – 4.8	1.2	SI	NO

2.2.13 Rosa (Rosa sp.)

Es un arbusto leñoso que se encuentra dentro de la familia rosácea, pertenece al género rosa, las cuales se distinguen por el color de pétalos, forma y pétalos abiertos. Para un cultivo adecuado las condiciones necesarias son las siguientes:

Temperatura: está en el rango de 17 °C a 25 °C

Temperatura: mínima vegetativa 15°C y máxima vegetativa 35 °C

Humedad relativa: 70 % a 75 %

Radiación solar: factor importante, a mayor radiación mayor producción.

La rosa proviene de China de hace más de 4000 años, propagándose por la India y Grecia, pasando a Italia y España. En 1815 en Francia ya estaba en pleno desarrollo el cultivo de rosas, al pasar los años ya se conocía más de 5000 variedades de rosas, años más tarde fueron traídas a América por los españoles, viéndose en la actualidad el cultivo de rosas como en Colombia, Ecuador, Mexico y Guatemala. (Yong, 2004)

2.2.14 Descripción morfológica de un rosal

El rosal tiene una raíz subterránea, tallo, hojas y flores que pertenecen a la parte aérea. Pertenece al grupo de planta angiosperma que tiene flores, tiene dos etapas de crecimiento una de ellas vegetativa y la otra parte productiva, el crecimiento es constante porque cada año produce nuevos brotes, tejidos y ramas que rejuvenecen la planta de rosal. (Fainstein, 1997)

- **Raíz:** una planta de rosa consta de una raíz fornida y pivotante, puede alcanzar una profundidad entre 1 a 2 metros que sirve de anclaje y soporte para la planta.
- **Tallo:** semileñoso, erecto en ocasiones son rastreros, tiene una textura rugosa y escamosa de cual brotan yemas, espinas hojas y botones florales.
- **Hojas:** son órganos ásperos con bordes en forma de sierra opuestas intercaladas de 3 a 5 folios en el tallo.
- **Flor:** de miles de colores, rosa, blanco, amarillo, rojo y también se puede encontrar con diversas combinaciones de sombras y matices en los pétalos, se ubican en la punta del tallo, y los pétalos de la flor son de acuerdo a la variedad de la rosa.

2.2.15 Condiciones edafoclimaticas

- **Suelo:** el suelo para el cultivo de rosas no difiere de los demás cultivos, un suelo propicio para su desarrollo constan de un 40 % de limo, 40 % de arena y un 20 % de arcilla, toleran suelos ácidos, el pH del suelo debe tener una medida de 6, cuando hay demasiado calcio en el suelo se desarrollan clorosis, los niveles de sales solubles no deben ser elevados teniendo como un valor límite máximo del 1.5 %.
- **Temperatura:** es una condicionante de mayor influencia en la calidad de las flores y la cantidad en producción, la temperatura adecuada para el cultivo de rosas son de 17 °C a 25 °C, cuando la temperatura es menor a 17 °C hay menos brotes, la aparición de retoños en los tallos es lento, la cosecha de flores disminuye esto conlleva a una menor producción anual. En cambio cuando la temperatura es mayor a 25°C aumenta el número de brotes, aumenta la producción anual, pero la calidad disminuye, el tamaño de los botones es pequeño. (Gamboa, 1989)
- **Luz:** las plantas de rosas para el proceso de fotosíntesis necesitan de luz, la intensidad de la irradiación solar óptima es de 3000 Jules/día, la radiación solar es un factor importante que influye en el desarrollo de tallos, yemas y brote de nuevos retoños, a mayor radiación es más pálido el color de la flor, a menor cantidad de luz disminuye los brotes y el crecimiento de los tallos es lento. (Zieslin, 1997)

- **Humedad relativa:** los niveles de humedad relativa debe estar situada entre 60% a 80% en un invernadero de rosales para una buena producción, cuando hay una humedad relativa superior al rango óptimo provoca la aparición de enfermedades, mientras que en ambientes secos aparecen los ácaros. Por otra parte, si durante el día la humedad relativa es baja que varía entre (40 % a 70 %) y por las noches alta entre (90 % a 99 %) estas son las situaciones adecuadas para la aparición de enfermedades como el oídio. Además cuando la temperatura es alta y el ambiente no supera los 60 % de humedad relativa, los tallos se vuelven más delgadas y brotan más pequeños los botones. (Estévez, 2004)



Figura 14: Rosas.

Fuente: elaboración propia

2.2.16 Mildiu vellosa

Nombre común : Mildiu vellosa
Nombre científico : Peronospora sparsa
Clase : Oomicetes

Género : Peronospera

Familia : Sparsa

La temperatura para el proceso de crecimiento está entre 5 °C a 25 °C con una temperatura de germinación óptima de 18 °C, el periodo de incubación es de 8 días, para el proceso de infección sobre tejido vivo esta entre 85 % a 100 % de humedad relativa y en la superficie de la planta huésped la existencia de una película de agua libre, los efectos se presentan en los tallos y hojas dando un color rojizo o pardo oscuro de forma irregular con apariencia de vellosidad. (Alvarez, García, Mora, Gonzáles, & Salgado, 2013)

2.2.17 Botrytis

Nombre científico : Botrytis cinérea

Clase : Deuteromycetes

Género : Botrytis

Familia : Cinerea

Moho gris, se presenta en los brotes y en la flor de la rosas, afecta principalmente los pétalos de la flor, para el proceso de infección y la liberación de esporas la temperatura debe estar entre 18 °C a 23 °C y una humedad relativa entre 85 % a 100 %. (Benito, Arranz, & Eslava, 2000)



Figura 15: Rosas con mildiu y botrytis.

Fuente: elaboración propia

2.2.18 DPV: Déficit de presión de vapor

Se define como la diferencia entre la cantidad de vapor de agua que puede retener la atmósfera y la cantidad de vapor de agua que contiene en ese momento, este indicador tiene una unidad de medida en kPa (kilo pascales), es utilizada para saber el peligro de ataques por las enfermedades o plagas que puedan afectar en los cultivos dentro del invernadero. (Tarqui & Mena, 2017)

- Si el DPV es alto, significa que hay mayor capacidad de retener agua en el aire.
- Si el DPV es bajo, significa que existe mucha retención de agua en el aire.

Si necesitamos calcular podemos realizar mediante la siguiente fórmula y la tabla.

$$DPV = \left(\frac{100 - RH}{100} \right) * SVP$$

Tabla 4*Equivalencias de temperatura - SVP*

Temperature / SVP	Temperature / SVP	Temperature / SVP
1° – 657	14° – 1598	28° – 3779
2° – 706	15° – 1705	29° – 4005
3° – 758	16° – 1818	30° – 4242
4° – 813	17° – 1937	31° – 4492
5° – 872	18° – 2064	32° – 4754
6° – 935	19° – 2197	33° – 5029
7° – 1002	20° – 2338	34° – 5318
8° – 1073	21° – 2486	35° – 5621
9° – 1148	22° – 2643	36° – 5940
10° – 1228	23° – 2809	37° – 6273
11° – 1312	24° – 2983	38° – 6623
12° – 1402	25° – 3167	39° – 6990
13° – 1497	26° – 3361	40° – 7374
	27° – 3565	41° – 7776

Fuente: Revista de Investigación e Innovación Agropecuaria

Para realizar correcciones en los niveles de DPV:

Cuando el nivel del DPV es alto: significa que hay baja humedad y temperatura alta, para bajar este nivel debemos utilizar nebulización para aumentar la humedad, ventilar para reducir la temperatura e incrementar la frecuencia de riego.

Cuando el nivel del DPV es bajo: significa que hay humedad relativa alta y baja temperatura, por tanto para aumentar el DPV debemos aumentar la temperatura utilizando calefacción y reducir la humedad relativa haciendo uso de ventiladores.

2.2.19 Horas solar pico (HSP)

También conocidas como horas efectivas de sol, estos datos se utilizan en el cálculo para la energía que van generar los paneles fotovoltaicos en un día. O mejor dicho la cantidad de horas con exposición al sol durante el día con una irradiancia de 1000 W/m², estas horas solar pico se miden en kWh/m². (Sebastian, 2019)

Hora solar pico: es la presencia de luz solar en un lapso de una hora, cuya medida es 1000W/m².

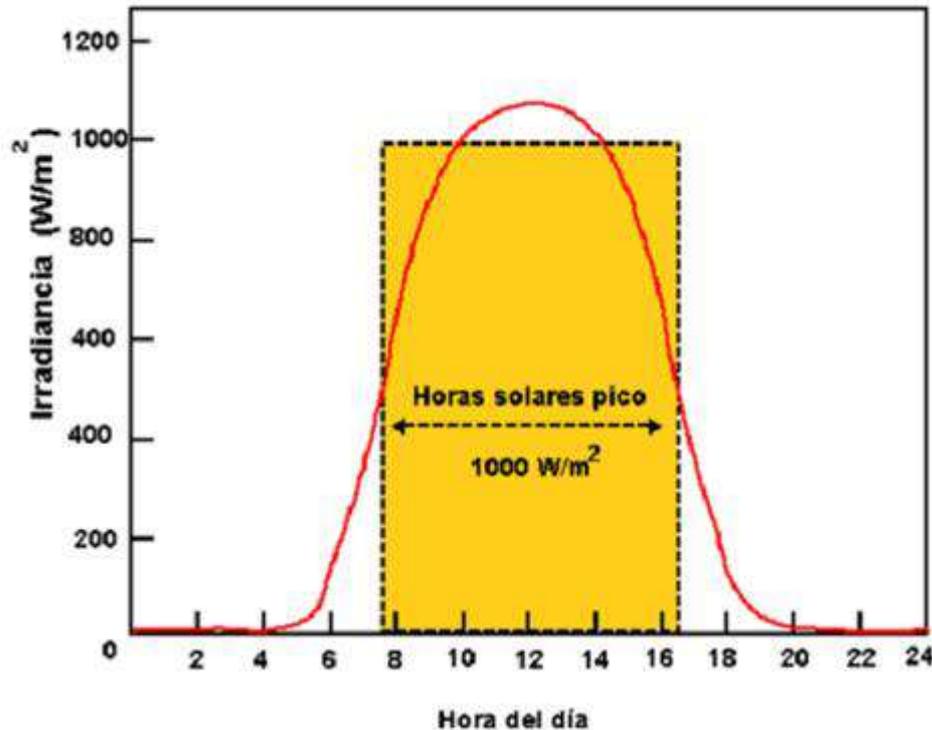


Figura 16: irradiación en un día soleado.

Fuente: www.semanticscholar.org

2.2.20 Mínimos cuadrados

Cundo se tienen un conjunto de puntos en el plano XY $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$, donde se pueden ajustar mediante una línea recta donde la ecuación que lo representa es: (Chapra & Canale, 2006)

$$Y = a_0 + a_1X + e$$

Dicha línea recta se tiene que ajustar de una manera que cada punto de los datos (X, Y) y la curva ajustada tenga un error mínimo. Para realizar dicho ajuste recurrimos al método de mínimos cuadrados. La finalidad de este método es evaluar los errores de ajuste que se realiza al conjunto de datos y de este modo descubrir los parámetros a_0 y a_1 que reduzcan al máximo el error de estimación. Donde se puede observar en la gráfica siguiente:

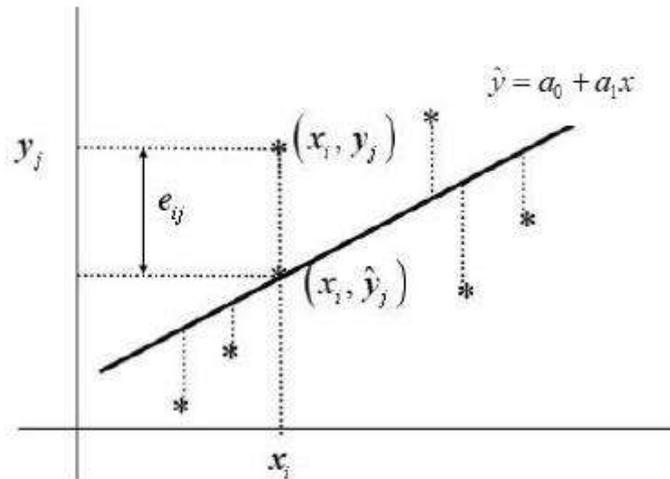


Figura 17: Mínimos cuadrados.

De la ecuación de la recta despejamos el error.

$$e = y - a_0 + a_1x$$

Realizamos la suma de los errores para perfeccionar el ajuste a través de los valores de (x,y) , como se muestra a continuación:

$$\sum_{i=1}^{\infty} e_i = \sum_{i=1}^{\infty} (y_i - a_0 - a_1x_i)$$

Como los errores para cada punto son positivos se toma el valor absoluto.

$$\sum_{i=1}^{\infty} |e_i| = \sum_{i=1}^{\infty} |(y_i - a_0 - a_1x_i)|$$

La ecuación para calcular los mínimos cuadrados es:

$$S_r = \sum_{i=1}^{\infty} e_i^2 = \sum_{i=1}^{\infty} (y_i - a_0 - a_1x)^2$$

2.2.21 Ajuste lineal con mínimos cuadrados

Realizando la derivada de s con respecto a cada parámetro determinamos los coeficientes a_0 y a_1 . (Chapra & Canale, 2006)

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_0} = -2 \sum (y_i - a_0 - a_1x_i)$$

$$\frac{\partial S_r}{\partial a_1} = -2 \sum (y_i - a_0 - a_1x_i)x_i$$

Si queremos que el error sea mínimo tomamos la primera derivada igual a cero y como los límites de las sumatorias van de $i=1$ a n , se tiene las ecuaciones:

$$0 = \sum y_i - \sum a_0 - \sum a_1 x_i$$

$$0 = \sum y_i x_i - \sum a_0 x_i - \sum a_1 x_i^2$$

Estas ecuaciones se pueden escribir de la siguiente manera:

$$S_x = \sum_{i=1}^{\infty} x_i$$

$$S_y = \sum_{i=1}^{\infty} y_i$$

$$S_{xy} = \sum_{i=1}^{\infty} x_i y_i$$

$$S_{xx} = \sum_{i=1}^{\infty} x_i^2$$

Resolviendo las ecuaciones tenemos los parámetros a_0 y a_1 .

$$a_1 = \frac{nS_{xy} - S_x S_y}{nS_{xx} - (S_x)^2}$$

$$a_0 = \frac{nS_{xx} S_y - S_{xy} S_x}{nS_{xx} - (S_x)^2}$$

Coefficiente de determinación (r^2)

Este indicador se emplea para determinar el desempeño de la estimación por el método de los mínimos cuadrados donde: (Chapra & Canale, 2006)

Si $r^2 \equiv 1$, quiere decir que la ecuación obtenida tiene una muy buena correlación.

Si r^2 se aproxima a cero, quiere decir que la función determinada no simboliza la variación de los datos. En este caso se tiene que buscar otra función para mejorar este parámetro.

A continuación se tiene la fórmula:

$$r^2 = \left[\frac{nS_{xy} - S_x S_y}{\sqrt{nS_{xx} - (S_x)^2} \sqrt{nS_{yy} - (S_y)^2}} \right]^2$$

CAPITULO III: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Para el diseño e implementación del sistema de monitoreo partimos de una idea principal que se aprecia en la figura 17, el cual conllevó a desarrollar, organizar y seleccionar componentes de acuerdo a la función de cada bloque.

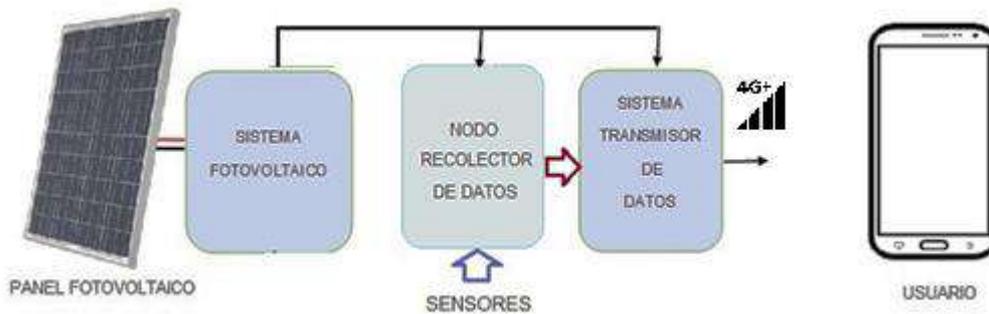


Figura 18: Diagrama esquemático del sistema a implementar.

En diagrama siguiente se tiene el proceso de formulación e implementación de sistema que se propone.



Figura 19: Diagrama del proceso de diseño e implementación.

Siguiendo los pasos indicados en el diagrama del proceso de diseño e implementación, como inicio se realizó la selección de los componentes teniendo en cuenta las características técnicas, costos y compatibilidad, seguidamente se implementó el prototipo unificando los módulos para luego realizar la programación y pruebas de funcionamiento, calibración para que luego se pueda instalar en el invernadero seleccionado para este proyecto. En la figura 20 se tiene el diagrama de diseño propuesto con los elementos y componentes utilizados para la implementación del prototipo.

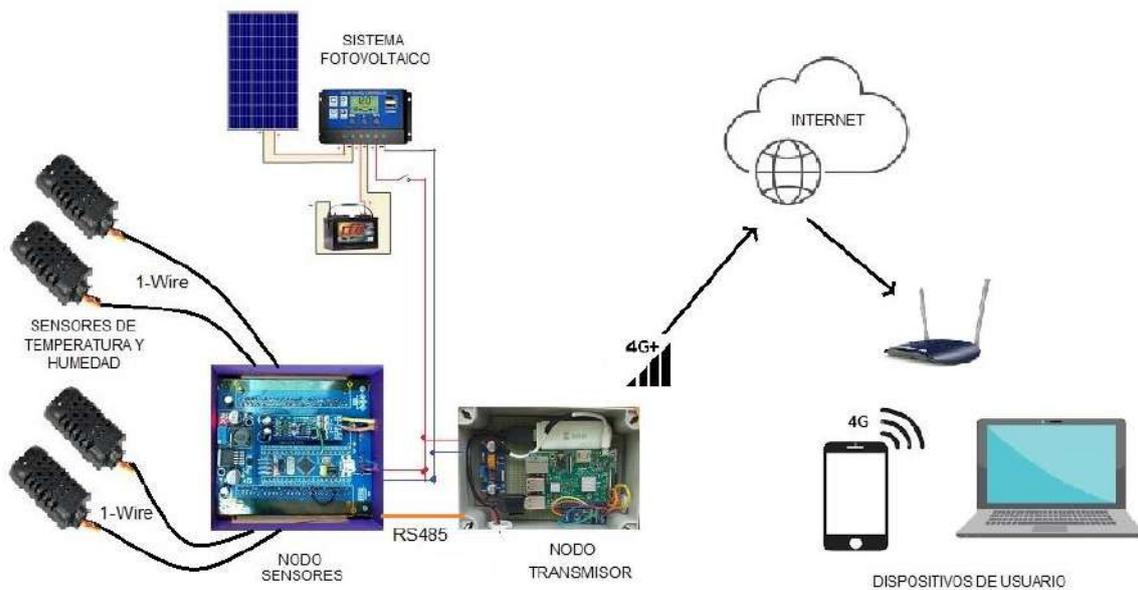


Figura 20: Diagrama del diseño propuesto.

Dimensiones en el invernadero

Para seleccionar los componentes electrónicos necesarios para este proyecto necesitamos conocer las medidas en el invernadero y realizar los cálculos matemáticos correspondientes.

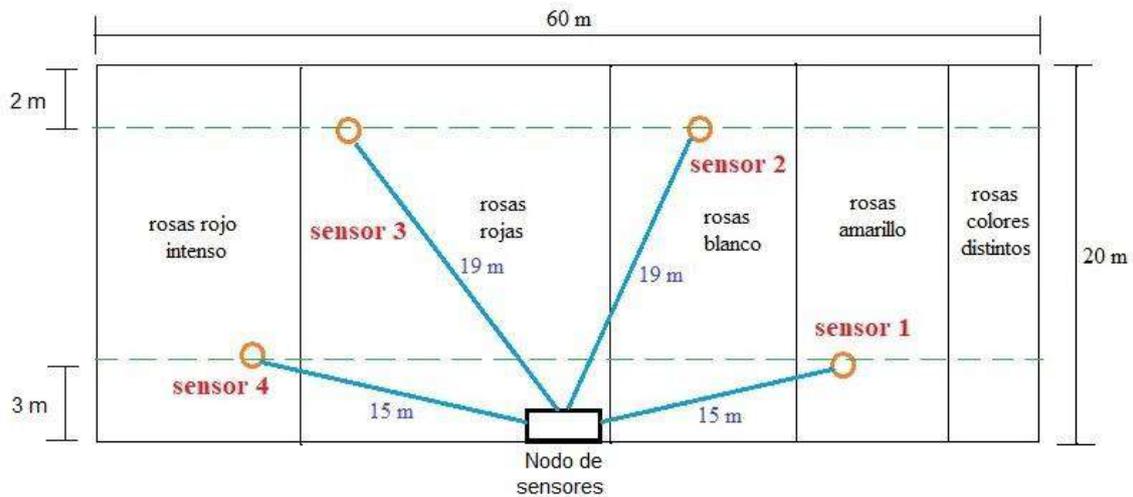


Figura 21: Distancia de los sensores al nodo de sensores.

En la conexión de los sensores hasta la estación de monitoreo se utilizó cables UTP.

Los cables UTP son utilizados en diferentes aplicaciones para lo cual se detallan las especificaciones en la siguiente tabla: (DIXON, 2000)

Tabla 5

Especificaciones técnicas del cable UTP Cat5

Característica	Detalle
Pares de conductor	4
Calibre	24 AWG
Material del conductor	Cobre
Diámetro del conductor	0.482 mm
Resistencia del conductor	186.4 Ohm/Km a 20°C
Temperatura de operación	-20 °C – 80 °C
Voltaje típico de operación	12 – 24 VDC
Corriente máxima recomendada	2.2A por conductor a 25 °C

Este sistema electrónico utiliza tensión y corriente estándar, para este caso consideraremos una fuente de alimentación de 5 V y una corriente de 1.5 A – 2 A

Con estos datos realizamos los cálculos para tener las consideraciones en la selección de componentes, la caída de tensión en 19 metros de cable UTP donde se sitúa el sensor de humedad relativa y temperatura.

En la tabla 4, podemos observar la resistencia de un conductor del cable UTP a 20 °C es 186.4 Ohm/Km, con este dato podemos saber la resistencia el 19 metros de conductor.

$$R_c = 66.79 \frac{\Omega}{Km} \times \frac{1Km}{1000m} = \frac{186.4 \Omega}{1000 m}$$

Luego tendremos la resistencia en 19 metros:

$$R_{19m} = \frac{186.4 \Omega}{1000 m} \times 19 m = 3.36 \Omega$$

Para este proyecto se utilizó una fuente estándar de 5 V a 1 A – 1.5 A, con estos datos calculamos la caída de tensión en 19 metros.

De la fórmula, por división de tensión y considerando que el sensor tenga 4 kΩ como se muestra en la figura tenemos:

$$V_{sensor} = V_{fuente} \times \frac{R_{sensor}}{R_{conductor} + R_{sensor}}$$

$$V_{sensor} = 5V \times \frac{4K\Omega}{2 \times 3.36\Omega + 4K\Omega} = 4.9 V$$

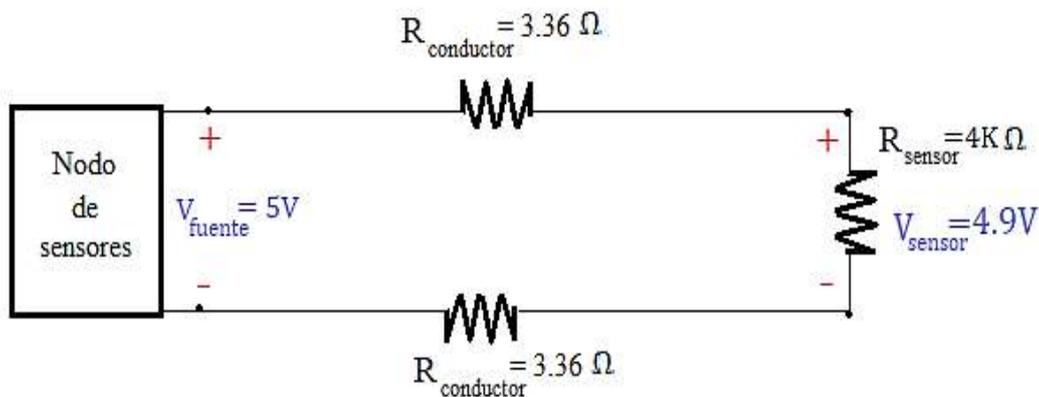


Figura 22: Circuito caída de tensión.

3.1 NODO DE SENSORES

Dentro de este nodo está conformado por un conversor de voltaje DC – DC que permite acondicionar la tensión y corriente para los componentes, una tarjeta de recolección y procesamiento de datos y una tarjeta convertidor TTL a RS485.

3.1.1 Selección de la tarjeta para procesar datos

El tratamiento de la señal que viene de los sensores se realiza mediante un microcontrolador, para el cual se optó por el uso de la tarjeta de desarrollo blue pill con microcontrolador ARM – STM32F103C8T6 con núcleo ARM Cortex-M3 de 32 bits

y que trabaja a una frecuencia de 72 MHz, la compatibilidad con los demás componentes nos asegura un buen funcionamiento en la recolección de datos de temperatura y humedad relativa.

Tabla 6

Cuadro comparativo para el nodo recolector

Nombre	Tarjeta de desarrollo	Arduino nano
Microcontrolador	STM32F103C8T6	ATMega328P
Núcleo	CPU ARM 32 Cortex-M3	Microchip ATmega328P
Modo de operación	SWD	-
Frecuencia de trabajo	72MHz	20 MHz
Memoria flash	64K, 20K RAM	32KB
Potencia	2.0 – 3.6 V	7.0 – 12.0 V
Cristal	4 – 16 MHz	16 MHz
Interfaz	Mini USB	Mini USB
Comunicación	I2C, UART, CAN, USB	I2C, UART, 1SPI



3.1.2 Selección del regulador de voltaje DC – DC

Para el consumo de energía es necesario adecuar la tensión y corriente requeridas en el módulo recolector de datos. Un conversor DC/DC es un circuito que cambia un nivel de tensión a otro nivel de mayor o menor voltaje, se tiene los reguladores o conversores DC/DC: lineales y reguladores conmutados. Los reguladores lineales como el LM7805 y LM317 su uso es bastante sencillo pero no son eficientes energéticamente. En cambio se tiene conversores conmutados donde presentan una buena eficiencia energética que están por encima del 80 %.

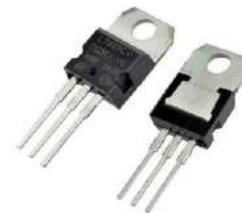
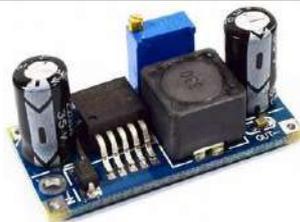
Para este proyecto se seleccionó el circuito LM2596, es un regulador DC/DC reductor (step-down) conmutado, tiene una buena eficiencia al realizar la conversión, bajo voltaje de rizado y una excelente regulación de línea, este módulo simplifica el uso de elementos externos al momento de realizar el diseño de fuentes de alimentación. Como en el diseño se está haciendo uso de una batería de 12 V con regulador podemos obtener una tensión de 5 V, 3.3 V, 1.8 V, con una capacidad de

tener una carga de hasta 3 A. Para un buen funcionamiento la tensión de entrada debe ser 1.5 V mayor que la tensión de salida, además se debe adicionar un disipador si la carga es mayor a 2 A.

Tabla 7

Cuadro comparativo del regulador DC/DC

Nombre	LM2596	LM7805
Tensión de entrada	4.5V a 40V DC	10V a 35V
Tensión de salida	1.23V a 37V DC	5V
Corriente de Salida	máximo 3A, 2.5A	Hasta 1.5A
Potencia de salida:	25W	7.5W
Eficiencia de conversión:	92%	-
Regulación de carga:	$S(I) \leq 0.5\%$.	-
Regulación de voltaje:	$S(u) \leq 0.5\%$.	-
Frecuencia de Trabajo:	150KHz	-
Ripple en la salida:	30mV (máx.) 20M bandwidth	-
Salvaguarda de sobre-temperatura:	SI (apaga la salida)	Si
Protección de corto circuito:	SI (hasta 5A)	si
Protección limitadora de corriente:	SI	-
Protección frente a inversión de polaridad:	NO	-



3.1.3 Convertidor bidireccional UART TTL a RS485

El modulo convertidor bidireccional se encarga de transferir la interfaz TTL del microcontrolador al módulo RS485, además da una protección contra rayos e interferencias, permite una comunicación entre múltiples micro controladores.

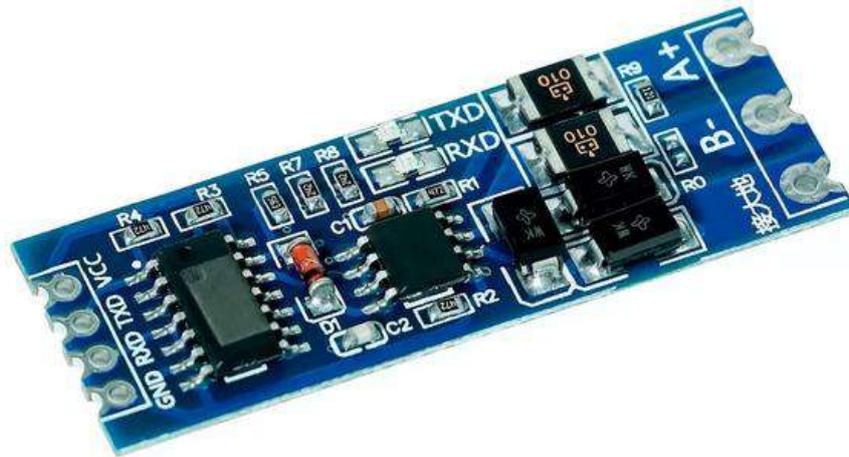


Figura 23: Modulo UART TTL a RS485.

Tabla 8

Identificaciones técnicas del módulo convertidor bidireccional

Tensión de operación	3.3V compatible con 5.0V
Tensión de señal	3.3V y 5.0V compatible
Temperatura de trabajo	-40°C a +85°C
Distancia de transmisión	Hasta 800 m
Método de comunicación	Medio dúplex

3.1.4 Selección de sensores

Debido a las condiciones ambientales presentes dentro del invernadero y por los valores en temperatura como humedad relativa de las enfermedades en las rosas mostrados en las páginas 38 y 39 en donde detalla el rango de valores para la incubación del mildiu y botrytis se utilizó el sensor DHT21 (AM2301), en comparación con el DHT11 y DHT21, este último tiene mejores prestaciones, bajo consumo de energía, envió de datos a larga distancia, calibración automática y una vida útil larga. El DHT21 es un sensor digital integrado que realiza las medidas de temperatura y medidas de humedad relativa, el cual usa un sensor de humedad capacitivo, un sensor de temperatura resistivo (termistor) y para realizar la conversión de analógico al digital utiliza un microcontrolador, presenta una mejor resolución y mayor precisión, la empaquetadura robusta que tiene favorece el uso en exteriores como en el monitoreo ambiental y en la agricultura.

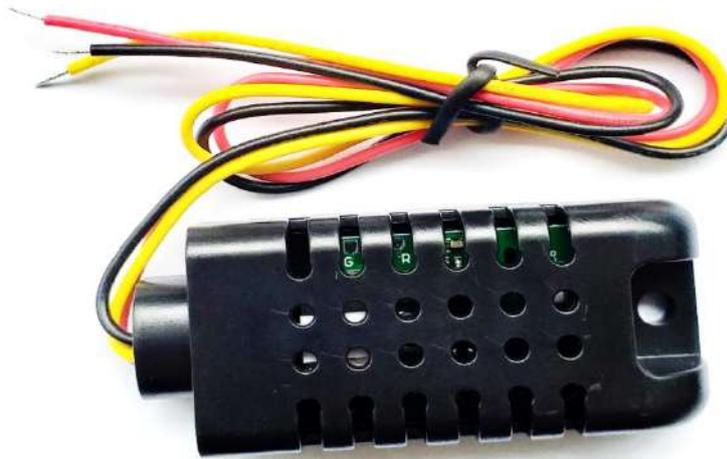


Figura 24: Sensor DHT21.

Tabla 9

Especificaciones técnicas del sensor DHT21

Tensión de Operación	3.5V - 5.5V DC
Consumo corriente	1 mA - 1.5 mA
Nivel de Temperatura	-40 hasta 80 °C
Precisión Temperatura	+/- 0.5 °C
Resolución Temperatura	0.1 °C
Nivel de Humedad Relativa	0 a 100 % RH
Precisión HR	+/- 3 %
Resolución Humedad	0.1 %RH
Tiempo de censado	2s
Interface digital	Single-bus (bidireccional)
Modelo	AM2301

3.2 NODO TRANSMISOR

Este módulo realiza la tarea de almacenar los datos provenientes del nodo de sensores y esta permite el acceso a dichos datos por medio de un modem USB del internet móvil, para luego visualizar mediante una interfaz de usuario las medidas de humedad relativa y temperatura en el interior del invernadero. Se compone este nodo por un conversor de voltaje DC – DC que acondiciona la tensión y corriente para el

consumo de los componentes, convertidor TTL a RS485, tarjeta principal, modem USB 4G LTE.

La distancia desde el invernadero hasta la vivienda es 100 metros aproximadamente, donde no se tiene línea de vista, esto quiere decir que existe arboles entre el invernadero y la vivienda. Pero se tiene señal de telefonía 4G en la zona, esta condición se tomara para la comunicación del sistema electrónico con un dispositivo del usuario.

3.2.1 Selección de componentes para el nodo transmisor

Para la selección de componentes de este nodo se considera la compatibilidad con el nodo recolector de datos, compatibilidad de tensión y corriente de operación ya que este se alimentara del sistema fotovoltaico.

Las medidas entregados por los sensores son guardados en una memoria micro sd para ser consultados mediante una conexión de internet desde un terminal móvil del usuario, de este modo la tarjeta seleccionada ya tiene incorporada un puerto por donde se pueda conectar a internet mediante un modem USB.

Se selecciona el raspberry pi 3 como componente principal del nodo transmisor por las prestaciones favorables que se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 10*Cuadro de cotejo para el nodo transmisor*

Nombre	PIC16F877A	Arduino Uno	Raspberry pi 3
Procesador	PIC16F877A-I/P	ATmega328P	ARMv8 Cortex-A53
Memoria SRAM	368 bits	2 KB	1 GB
Memoria FLAS	8 Kb	32 KB	64 KB
Velocidad de Reloj	20 Mhz	16 Mhz	1.2 Ghz
N° de puertos I2C	1	2	2
N° de puertos SPI	1	1	1
N° de puertos USART	1	1	2
N° de I/O digitales	-	14 (6 PWM)	40 pines
N° de canales analógicos	8	6	NA
N° de I/O	33	24	28
Resolución de ADC	10 bits	10 bits	10 bits
Cuantificación de niveles	1024	1024	1024
Resolución de PWM	10 bits	-	-
Voltajes de operación	2 - 5.5 volt.	5 volt.	5.1 volt. 2.5 A
Buetooth	-	-	Si (BLE)
Wifi	-	-	Si Wireless LAN
Puertos HDMI	-	-	1
Puertos USB	-	1	4 USB 2.0 1 Micro USB



De la tabla 10 se selecciona la tarjeta de desarrollo raspberry pi 3 por la compatibilidad con el nodo de sensores, consumo de energía y por los puertos ya incorporados para conectar un modem USB. Además permitirá cumplir con el objetivo propuesto de un sistema escalable ya que este permite incorporar y conectar otros módulos de monitoreo.

3.3 IMPLEMENTACION DEL SISTEMA DE MONITOREO

3.3.1 Diagrama de bloques del sistema implementado

A continuación se puede apreciar el esquema de funcionamiento del sistema de monitoreo, se ha proporcionado de energía por un sistema fotovoltaico autónomo, consta de dos bloques: nodo de sensores y un módulo transmisor de datos.

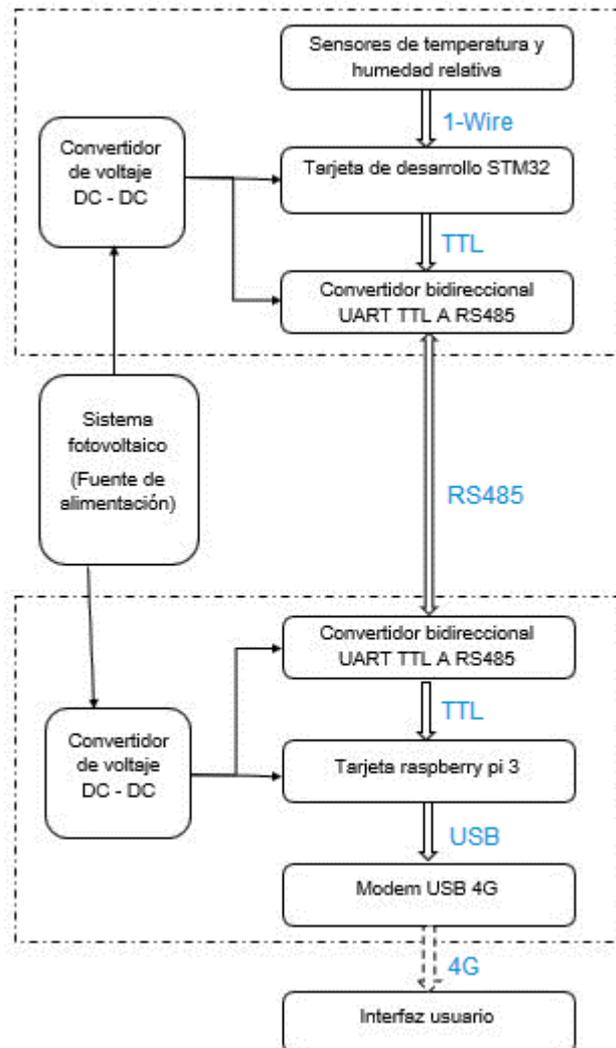


Figura 25: Organigrama en bloques del sistema de monitoreo.

Nodo de sensores. Está conformado por un convertidor de voltaje DC-DC, que adecua y reduce la energía para el consumo de este módulo, también consta de sensores de temperatura y humedad DHT21 integrada los cuales están conectados a la tarjeta de desarrollo STM32 mediante cable UTP cat5e a un zócalo RJ45. Para enviar los datos obtenidos por el nodo de sensores hacia el nodo transmisor se utiliza

un convertidor bidireccional UART TTL a RS485, este convertidor permite incluso transmitir datos hasta 1000 metros mediante un cable de datos de dos hilos.

Fuente de alimentación. Es la encargada de energizar todo el sistema de monitoreo, cuyo dimensionamiento permite brindar energía durante las 24 horas del día sin interrupciones, consta de un panel solar, un controlador de voltaje y una batería como acumulador de energía.

Modulo transmisor. Contiene un convertidor reductor de voltaje DC-DC encargada de adecuar la energía para el consumo de este módulo, un convertidor bidireccional UART TTL a RS485 que recibe los datos provenientes del nodo de sensores, raspberry PI 3 para realizar el proceso de la señal, adecuar, acumular datos y enviar mediante el modem USB 4G al internet.

Interfaz de usuario, consta de la interacción de una persona con el sistema de monitoreo haciendo uso de un dispositivo móvil con acceso a internet.

3.3.2 Implementación del nodo de sensores

El plano esquemático del nodo sensor o bloque de adquisición de datos se aprecia en el grafico 26, diseñado en EasyEDA que es un software de uso libre, el cual admite diseñar circuitos electrónicos de manera fácil e intuitiva. La herramienta EDA (Electronic Design Automation) automatización de diseño electrónico apoyado en la web que faculta diseñar y simular esquemas y placas de circuito impreso. (Torres, 2016)

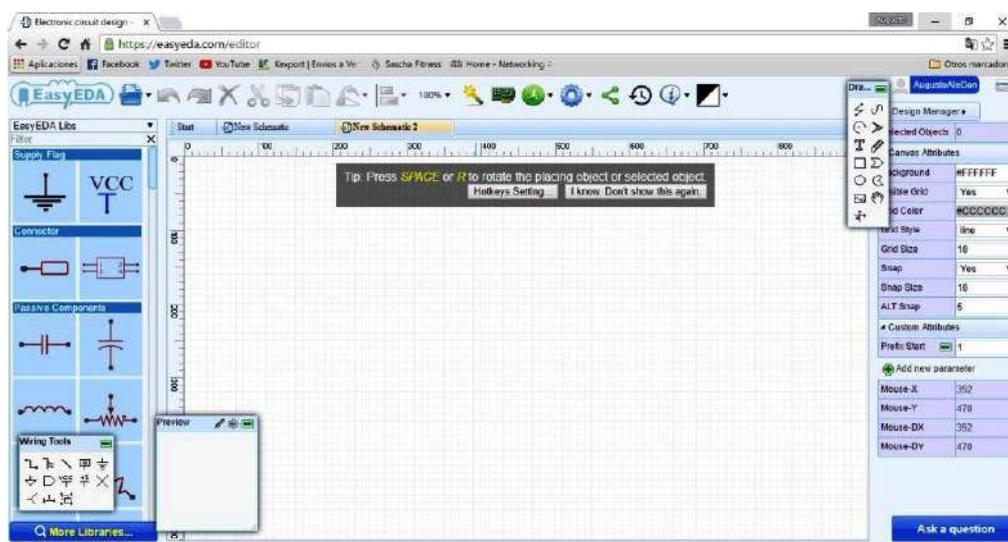
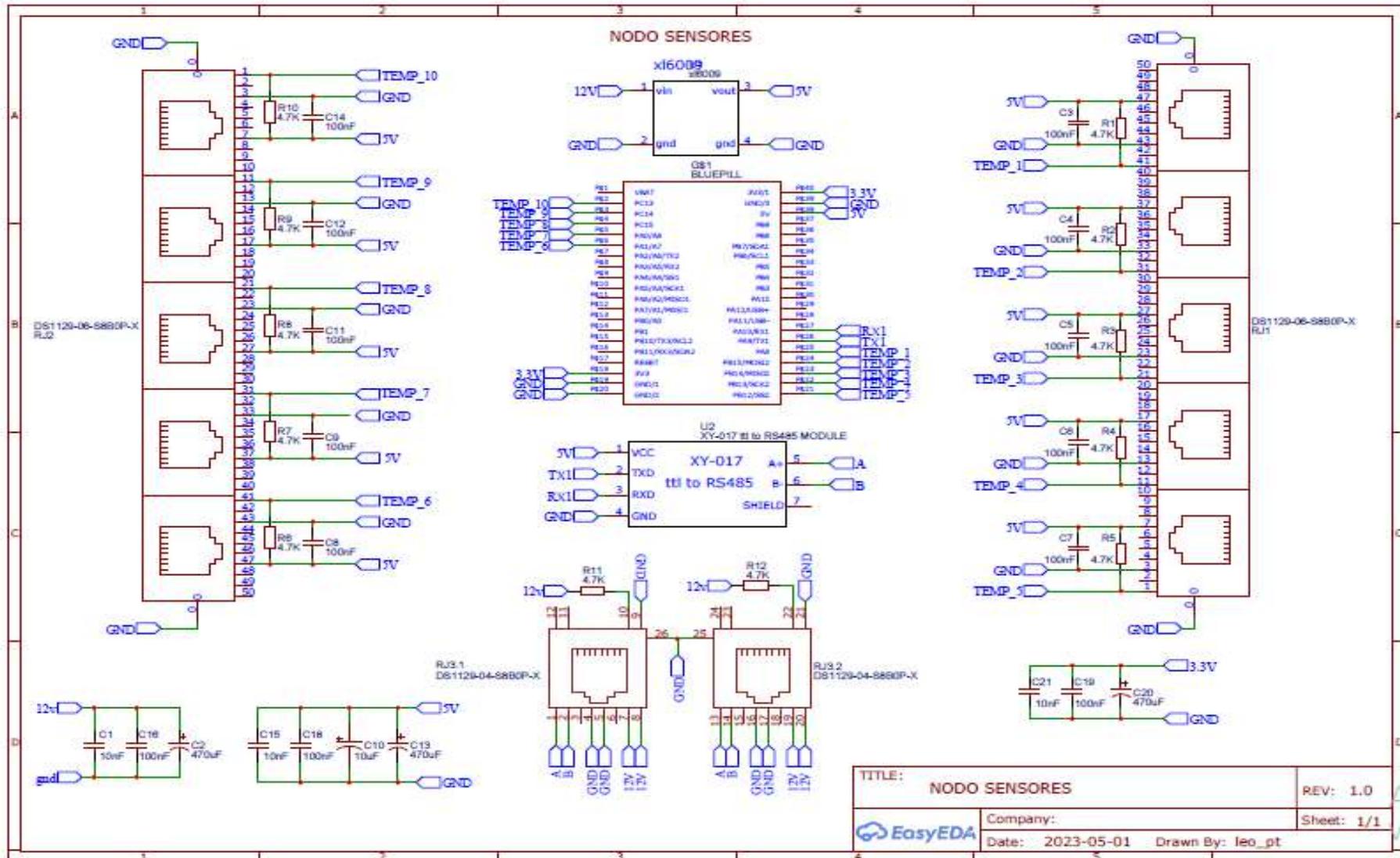


Figura 26: Plataforma EasyEda.



TITLE:	NODO SENSORES	REV: 1.0
Company:	EasyEDA	Sheet: 1/1
Date:	2023-05-01	Drawn By: leo_pt

Figura 27: Diagrama esquemático del nodo de sensores.

Una vez obtenido el plano esquemático, utilizando el mismo software EasyEDA se realiza el diseño del circuito PCB que se imprime haciendo uso de una maquina CNC en una placa nueva de circuito impreso, el cual contendrá las pistas que conectaran cada componente. A continuación se muestra el diseño del PCB y la placa impresa del sistema de adquisición de datos.

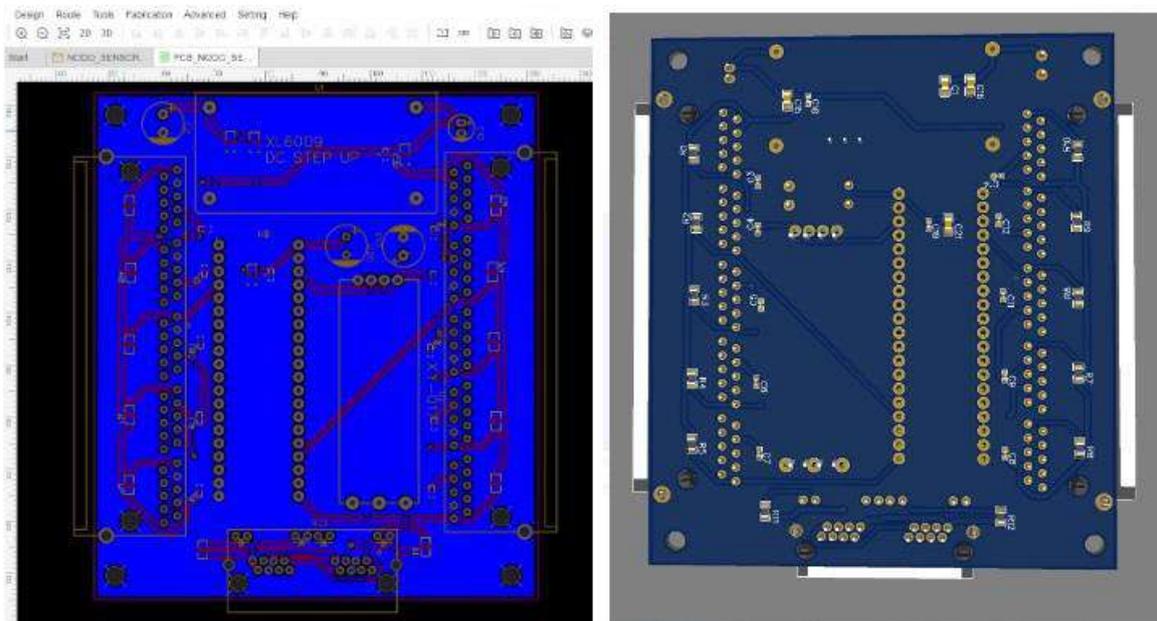


Figura 28: Circuito PCB del nodo sensor.

Maquina CNC donde se realiza la impresión del circuito PCB en una placa virgen de circuito impreso que se muestra a continuación.

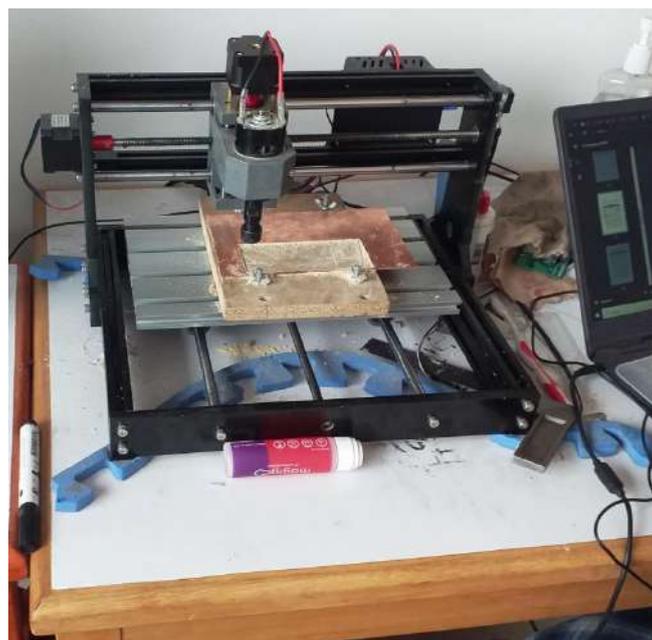


Figura 29: Maquina CNC.

En el mismo programa EasyEDA nos ofrece una vista previa del circuito simulado e implementado de la figura 30.

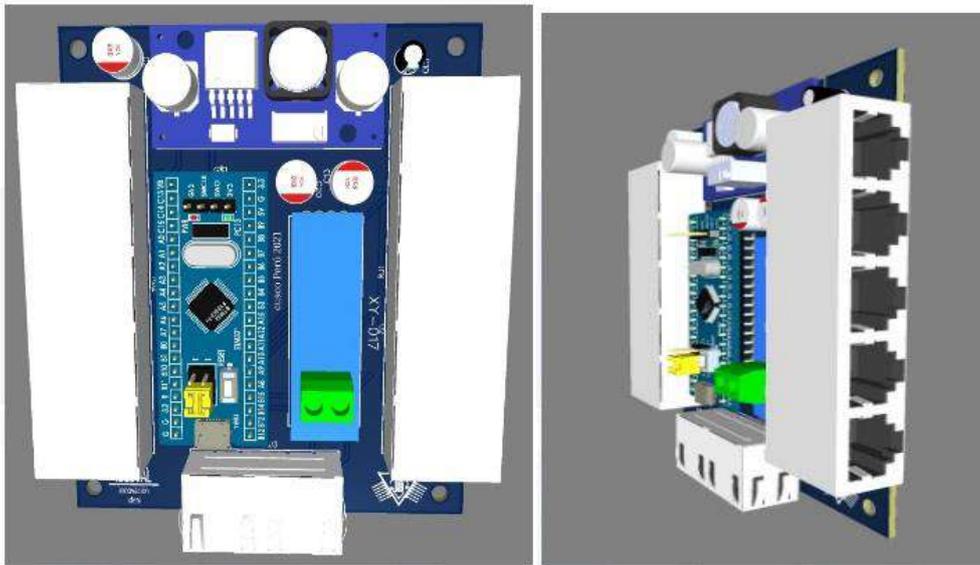


Figura 30: Vista anticipada del sistema implementado.

Continuando con el proceso de implementación, se realiza la unificación de los módulos en una cubierta para la protección de las condiciones ambientales dentro del invernadero.



Figura 31: Unificación de componentes para el nodo de sensores.

La programación del circuito se realiza utilizando el software de arduino y mediante un módulo de interfaz ST-LINK/V2 que establece la comunicación entre la computadora y el microcontrolador STM32.

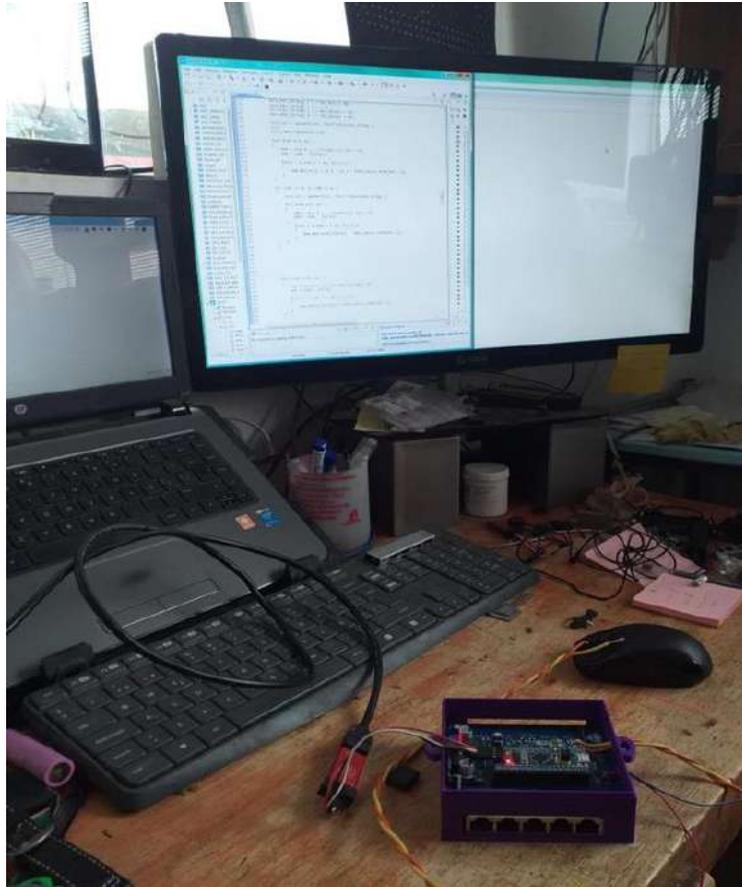


Figura 32: Programación del nodo de sensores.

3.3.3 Implementación del nodo transmisor

Para implementar este nodo se utilizó una tarjeta raspberry pi, el cual permita la recepción de datos del nodo sensor, procesarla y transmitir por el puerto USB a través de un modem 4G al internet.

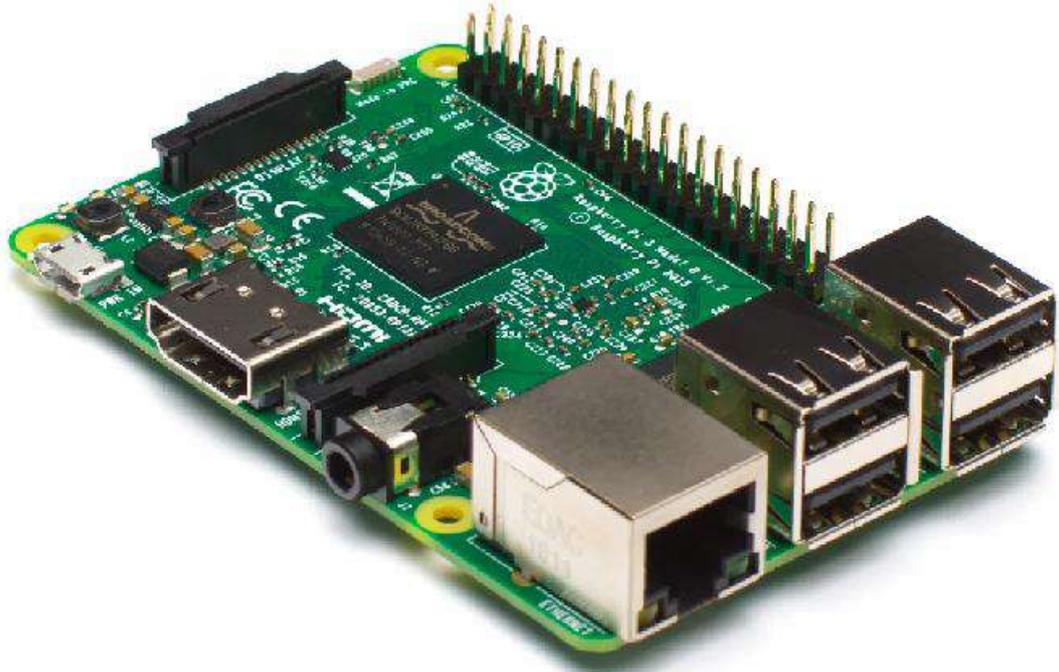


Figura 33: Tarjeta raspberry PI 3.

Esta tarjeta compacta ya tiene muchos módulos incorporados, lo que hacemos es conectar los periféricos necesarios para su funcionamiento, luego colocar en una base firme y una caja protectora para ser programada y realizar las pruebas, como podemos visualizar en la siguiente figura.



Figura 34: Módulo transmisor de datos.

Una vez concluido con la unificación de módulos, se realiza las pruebas de funcionamiento, programación y calibración como se puede visualizar en la siguiente imagen.

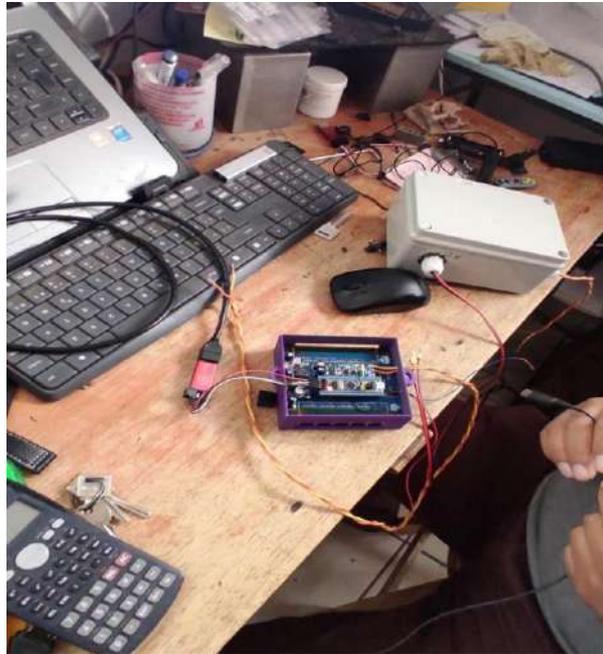


Figura 35: Prueba de funcionalidad.

Al realizar las pruebas también se realiza las mediciones de tensión y corriente de consumo, el cual nos servirá para realizar el dimensionamiento del consumo de energía, que se exhibe en las siguientes imágenes:



Figura 36: Voltaje y corriente del nodo sensor.

Datos del nodo sensor:

$$V = 12.02V \text{ dc}$$

$$I = 0.196 \text{ A}$$



Figura 37: Voltaje y corriente del nodo transmisor.

Datos del nodo transmisor:

$$V = 12.02 \text{ Vdc}$$

$$I = 0.185 \text{ A}$$

3.4 DISEÑO DEL SOFTWARE

El sistema electrónico de monitoreo está compuesto por dos nodos, nodo sensores y nodo transmisor. Para dinamizar los datos tomados por los sensores estos llevan software que realizan la adquisición y procesamiento de datos, almacenamiento de datos y acceso al internet.

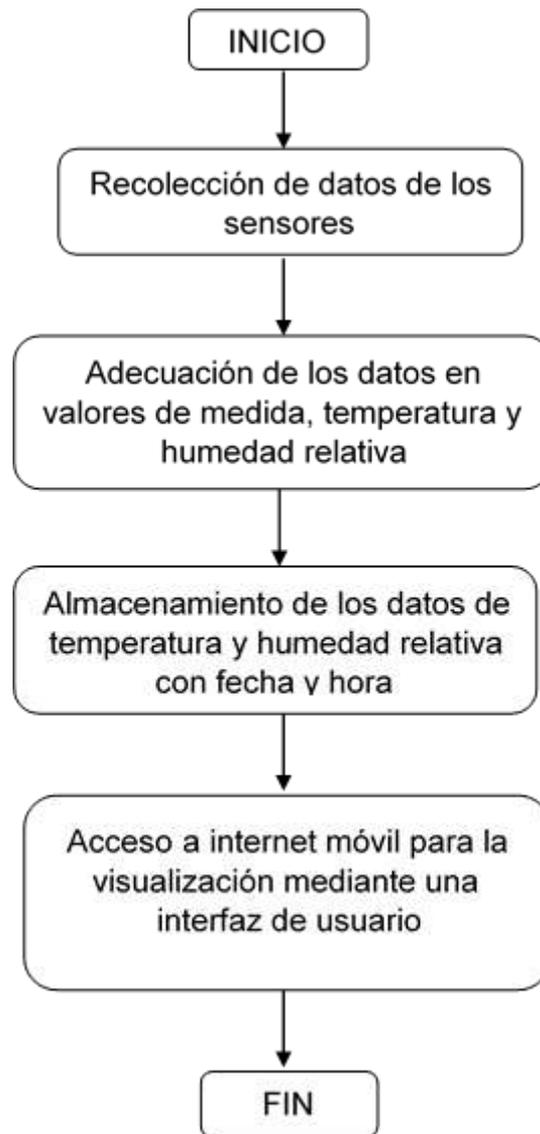


Figura 38: Diagrama del diseño de software.

3.4.1 Diagrama de flujo del nodo de sensores

El software que lleva el nodo de sensores realiza las tareas de lectura de los datos obtenidos por los detectores de temperatura y humedad, procesarlos, realizar el promedio y corrección de offset para ponerlos en cadena de datos y enviarlos al nodo transmisor para su almacenamiento, que se presenta en el siguiente diagrama flujo.

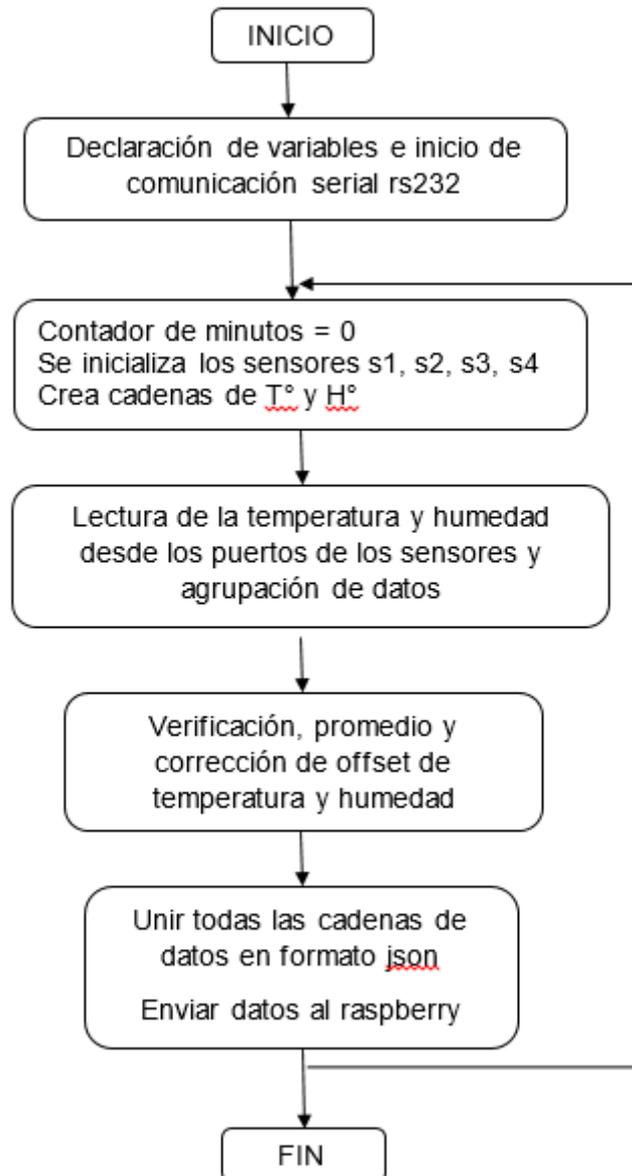


Figura 39: Diagrama de flujo del nodo de sensores.

3.4.2 Diagrama de flujo del nodo transmisor

El software instalado en el nodo transmisor cumple la función de recibir los datos provenientes del nodo de sensores, acondicionamiento, almacenamiento de las medidas en valores numéricos de temperatura y humedad relativa relacionados a la hora y fecha de la medición hecha por los sensores. Además este nodo se encarga de estar conectado al internet mediante un modem USB para que se pueda tener acceso desde un dispositivo del usuario a los datos almacenados en una memoria microSD, el esquema de flujo de este nodo se exhibe a continuación.

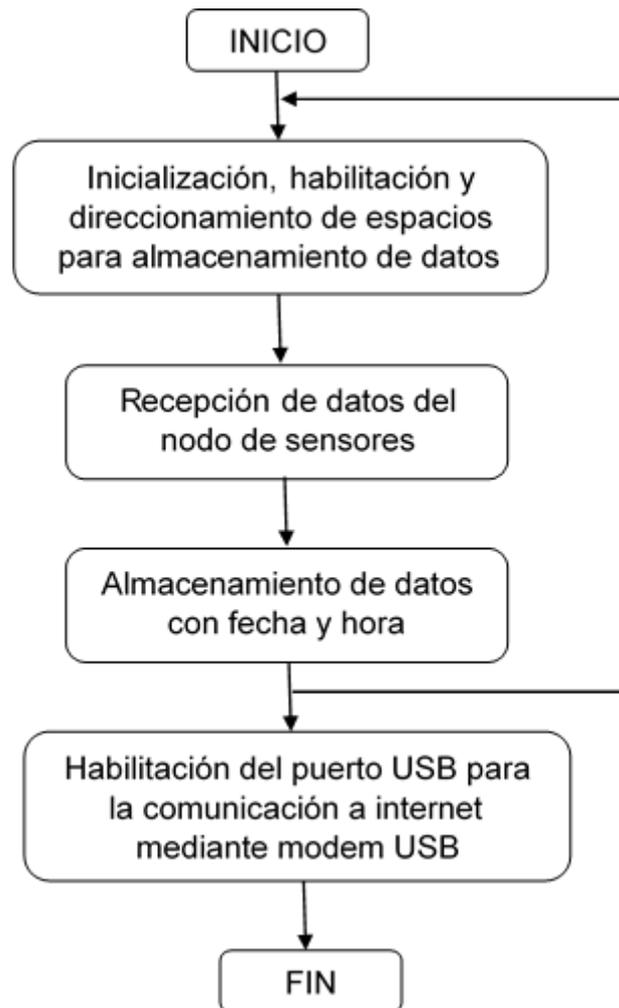


Figura 40: Diagrama de flujo del nodo transmisor.

3.4.3 Implementación de la interfaz de usuario

Este permite la interacción del usuario con el sistema de monitoreo está programado en HTML el cual permite estructurar y desplegar la página web y sus contenidos, también se utiliza el lenguaje de programación JavaScript para tener una página web interactivo, y CSS para el diseño y la exposición de la página web. A continuación se muestra los archivos generados y una parte de código fuente desarrollada.

- AddRoom
- AddSensor
- App
- Clock
- Navigator
- Room
- Rooms
- Sensor
- SystemConfig
- WirelessConfig

Figura 41: Archivos de código de programación.

Los códigos de programación para que se muestren los datos de monitoreo a través de un dispositivo móvil del usuario se muestra a continuación.

```

7 import Room from "../Room";
8 import Sensor from "../Sensor";
9 import model from "../js/model";
10 import Clock from "../Clock";
11 import WirelessConfig from "../WirelessConfig";
12 import SystemConfig from "../SystemConfig";
13
14 const store = createStore(model);
15
16 const App = () => {
17   return (
18     <div className="container is-widescreen">
19       <div className="columns">
20         <StoreProvider store={store}>
21           <Clock />
22           <Navigator />
23           <Switch>
24             <Redirect exact from="/" to="/rooms" />
25             <Route path="/rooms" component={Rooms} />
26             <Route path="/room/:room_id/sensor/:sensor_id" component={Sensor} />
27             <Route path="/room/:room_id" component={Room} />
28             <Route path="/add_room" component={AddRoom} />
29             <Route path="/add_sensor/:room_id" component={AddSensor} />

```

Figura 42: Visualización del código fuente.

La presentación de la interfaz de usuario en el dispositivo móvil se evidencia en la siguiente figura, en ella se puede acceder a la gráfica generada por cada sensor, como también los datos del promedio de temperatura y humedad relativa.



Figura 43: Interfaz de usuario en el dispositivo móvil.

CAPÍTULO IV: DIMENSIONAMIENTO DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO

Para realizar el dimensionamiento de la energía fotovoltaica que alimentara el sistema de monitoreo, debemos medir los datos de tensión y corriente consumida por cada módulo o carga que se va conectar al sistema fotovoltaico.

La siguiente figura evidencia las mediciones realizadas de tensión y corriente que consume cada módulo.

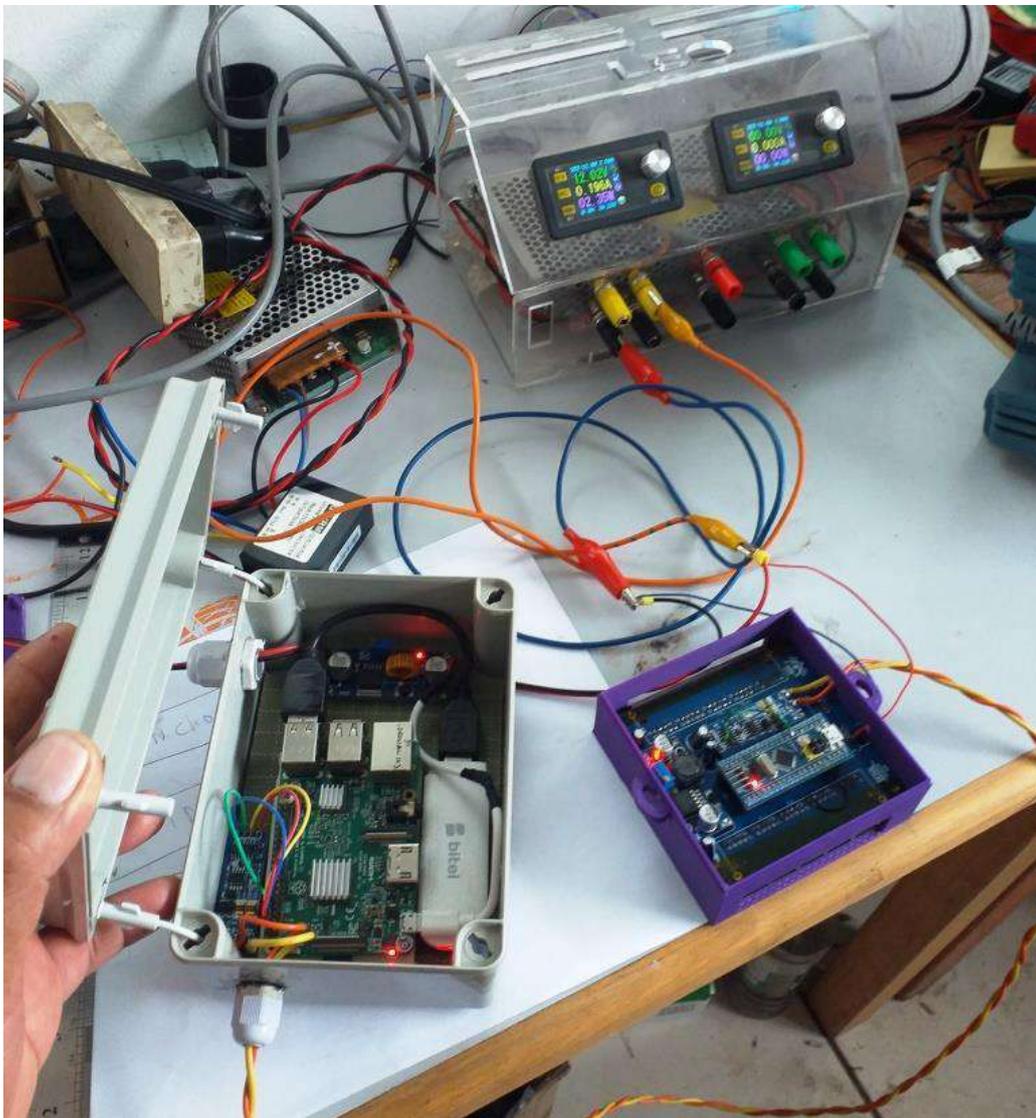


Figura 44: Mediciones de tensión y corriente consumida.

4.1 CÁLCULO DE POTENCIA PARA CADA MODULO

Utilizando la fórmula de potencia realizamos los cálculos:

$$P = V * I$$

Para el módulo recolector de datos

$$V = 12.02 \text{ Vdc}$$

$$I = 0.196 \text{ A}$$

$$P = 12.02 \text{ V} * 0.196 \text{ A} = 2.35 \text{ W}$$

Para el sistema transmisor

$$V = 12.02 \text{ Vdc}$$

$$I = 0.185 \text{ A}$$

$$P = 12.02 \text{ V} * 0.185 \text{ A} = 2.22 \text{ W}$$

4.2 CÁLCULO DE LA CARGA UTILIZADA

En la siguiente tabla se calcula la carga utilizada

Tabla 11

Cálculo de la carga utilizada

APARATO	CANTIDAD	POTENCIA UNIT. (Watts)	POTENCIA TOTAL (Watts)	HORAS DE USO (h)	CARGA UTILIZADA (Wh)
Sistema recolector	1	2.35	2.35	24	56.4
Sistema transmisor	1	2.22	2.22	24	53.28
TOTAL			4.57		109.68

De la tabla tenemos que la carga utilizada nos da un resultado de 109.68 Wh, el cual significa la potencia consumida por el sistema de monitoreo en un día. El cálculo de la demanda utilizamos la fórmula, donde 1.20 es el factor de seguridad de carga para garantizar la energía necesaria.

$$Demanda = carga utilizada * 1.20$$

$$Demanda = 109.68 * 1.20 = 131.6 \text{ Wh}$$

4.3 CÁLCULO DEL NUMERO DE PANELES SOLARES

Se necesita saber cuántos módulos de panel solar serán utilizados para este sistema de monitoreo. A continuación se muestra el mapa donde mencionan el promedio diario de irradiación solar en kWh/m², por SENAMHI (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología del Perú) y DGER-MEM (Dirección General de Electrificación Rural) del MINEM (Ministerio de Energía y Minas), del año 2003. (SENAMHI, 2003)

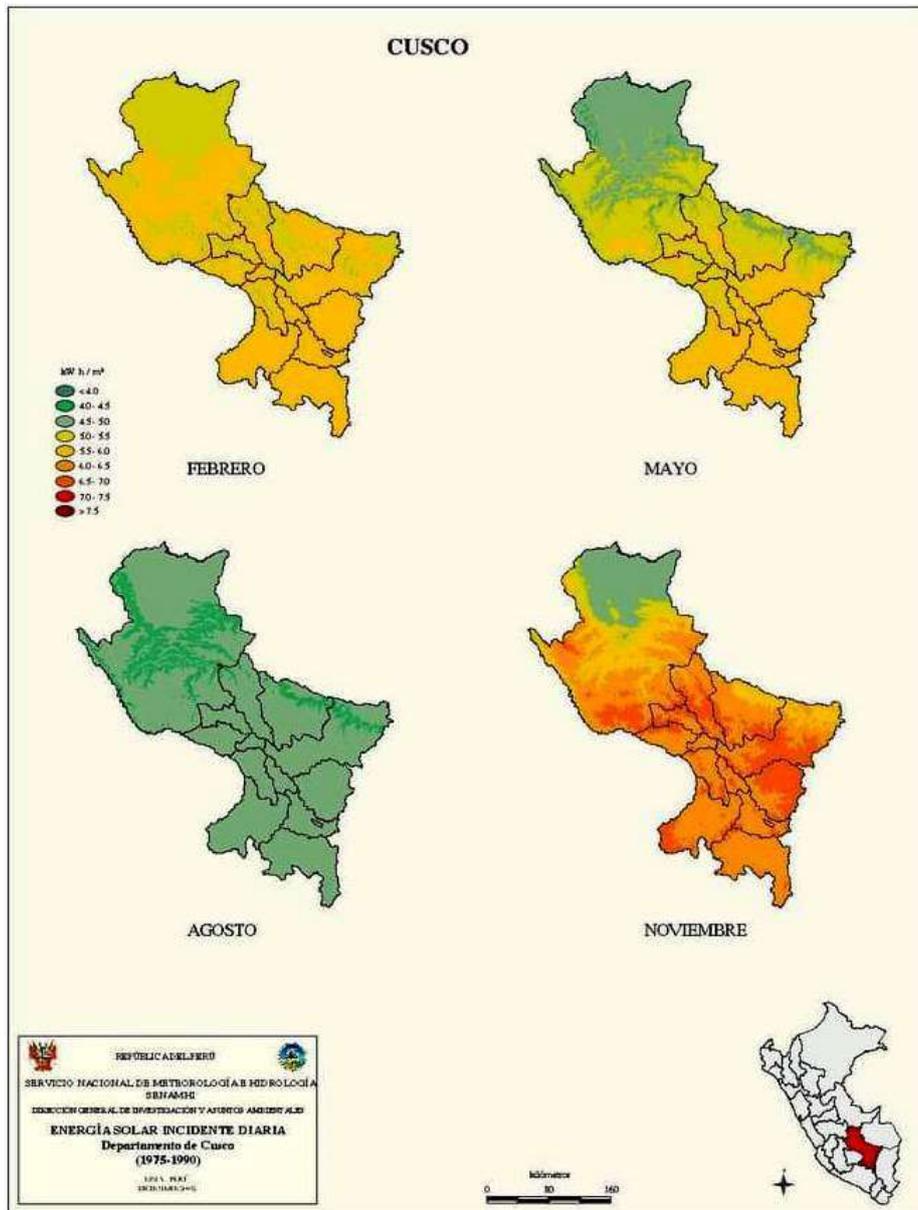


Figura 45: Mapa de irradiación solar del departamento Cusco

Fuente: MINEM

Horas solar pico (HSP). Son las horas de exposición directa al sol sin ninguna interferencia ya sea de árboles, techos, cerros que pueda provocar sombra sobre un metro cuadrado de superficie. Estos datos podemos obtener visitando la página web meteogram.es/sol/pe, donde podemos extraer los datos de hora de salida y puesta del sol para la región de Cusco. (Meteogram, 2023)

Cusco, Perú - Posición del sol en el cielo 2 de mayo de 2023

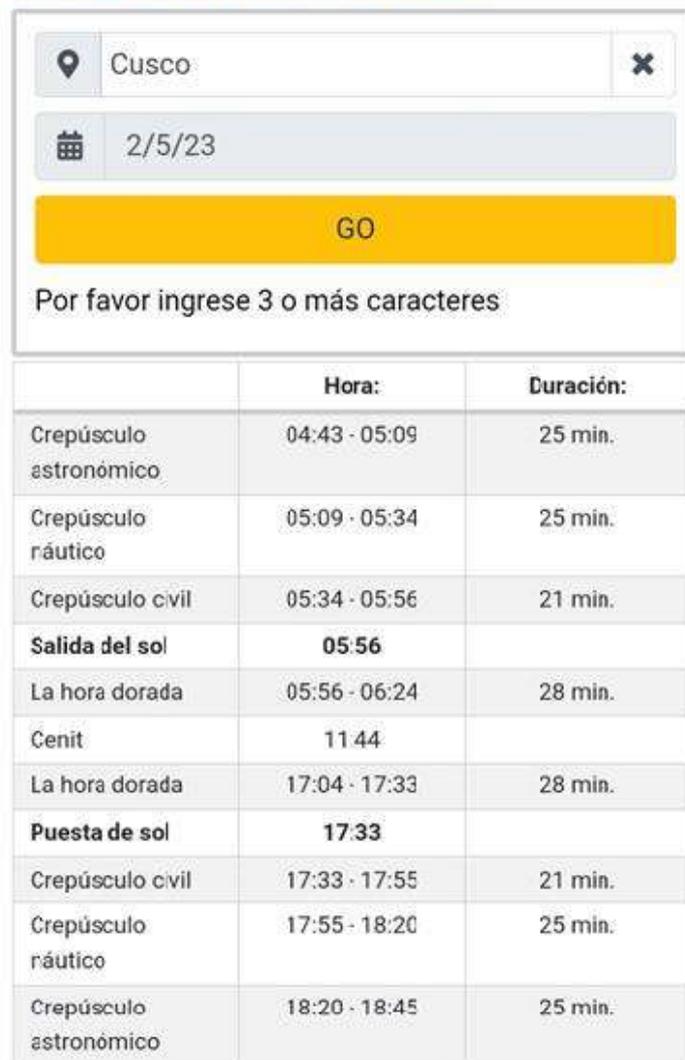


Figura 46: Salida y puesta de sol en el cusco – Perú

Fuente: meteogram

En la región de Cusco las horas solares son de 6:00 am hasta las 4:00 pm, haciendo una incidencia de 11 horas de sol por día. Para nuestro caso consideraremos 7 horas solares mínima, ya que en esta zona hay la presencia de

nubes y tormentas de lluvia intensas en las estaciones de verano, además consideramos las sombras de árboles que pueda influir en la incidencia del sol al panel solar.

Utilizando la formula realizamos los cálculos.

$$Watts\ pico = \frac{Demanda}{horas\ solar\ minima}$$
$$Watts\ pico = \frac{131.6\ Wh}{7\ h} = 18.8\ W$$

El panel comercial podemos encontrar de 15 W

$$Resultado = \frac{18.8\ W}{15\ W} = 1.25$$

Con este resultado se tendrá un módulo panel de 15 W

4.4 CÁLCULO DE BATERÍAS

Se necesita saber el número de baterías para almacenar y que estas brinden energía durante las horas que no existe incidencia de sol sobre el panel solar, además es necesario saber de antemano la capacidad de las baterías que existen en el mercado.

Utilizamos la fórmula siguiente:

$$\frac{Demanda * dias\ de\ autonomia}{voltaje\ del\ sistema * \% \ de\ descarga}$$

El sistema en conjunto requiere 1 día de autonomía

El voltaje del sistema es 12 V DC

Para no dañar las baterías evitaremos su descarga no menor del 60%

$$\frac{131.6\ W * 1\ dia}{12\ V * 0.6} = 18.27\ Ah$$

En el mercado podemos encontrar batería de 18 Ah a 12 V

$$Numero\ de\ baterias = \frac{18.27\ Ah}{18\ Ah} = 1.05$$

Este resultado de 1.05 = 1, indica que el sistema de monitoreo utilizara una batería de 18 Ah a 12 V.

4.5 CÁLCULO PARA EL REGULADOR

El regulador de carga es un dispositivo electrónico, su función principal es regular la circulación de energía proveniente de los paneles solares hacia los acumuladores.

Para elegir el regulador de carga sabemos que el panel solar es de 12 V y 36 células, además tiene una potencia de 15 W.

Luego se realiza la multiplicación de la potencia por el número de paneles:

$$\text{Regulador} = \text{corriente de cortocircuito} * \text{numero de paneles}$$

$$\text{Regulador} = 3.84 \text{ A} * 1 = 3.84 \text{ A}$$

Se utiliza un regulador superior a 8 A, en el mercado encontramos regulador 30 A a 12 V.

Se evidencia en la figura el sistema fotovoltaico para dar energía al sistema de monitoreo. Esta incluye un módulo de panel solar, un regulador de carga y un acumulador de energía o batería.

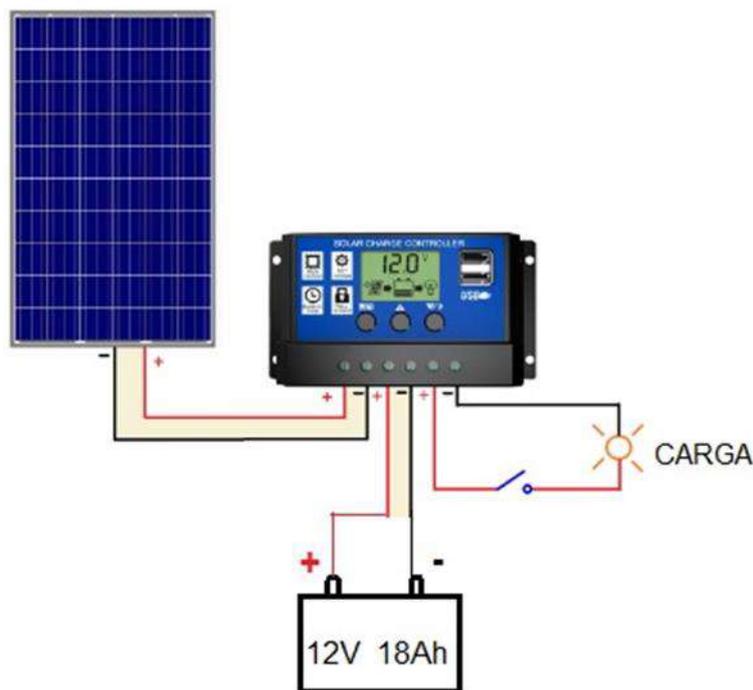


Figura 47: Sistema fotovoltaico.

Fuente: elaboración propia

CAPÍTULO V: PRUEBA Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO

5.1 PRUEBAS Y AJUSTES DEL SISTEMA ELECTRÓNICO

Antes de poner en marcha el sistema electrónico de monitoreo se realizan las pruebas y calibración del sistema unificado, como podemos observar a continuación.

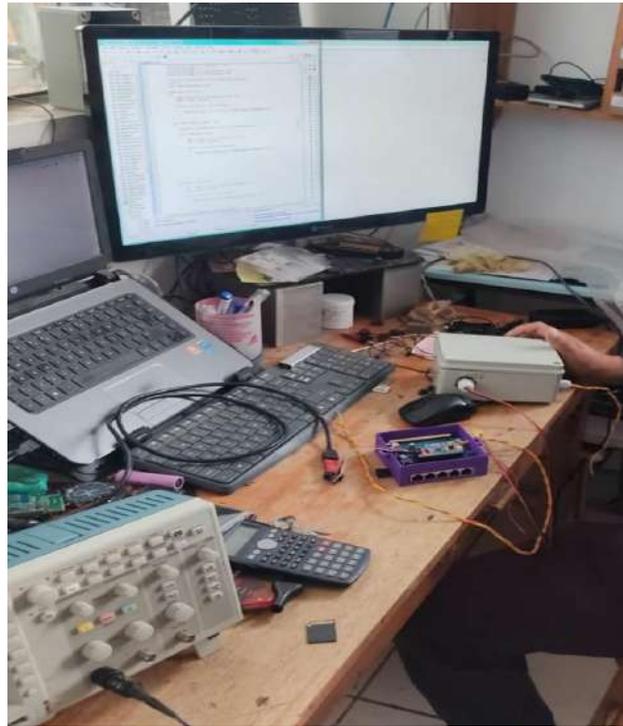


Figura 48: Prueba del sistema electrónico.

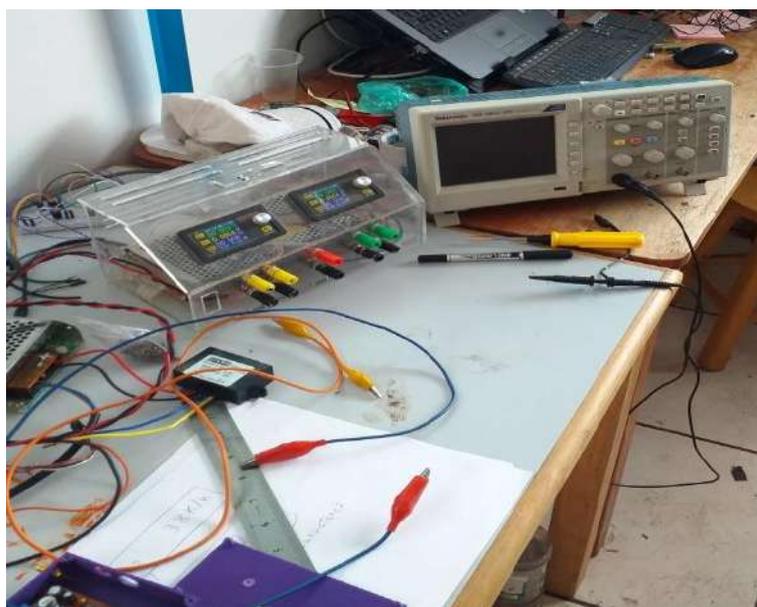


Figura 49: Instrumentos utilizados para ajustes del sistema electrónico.

También se pudo obtener una captura de pantalla durante las pruebas de funcionamiento de la interfaz de usuario, que se evidencia en la siguiente figura.



Figura 50: Pruebas de la interfaz de usuario.

Se utilizó cable UTP para la conexión de los sensores expuestos en la imagen siguiente.



Figura 51: Cable UTP y sensor DHT21.

5.2 VALIDACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO

Para realizar la confirmación de los datos obtenidos por sistema electrónico, se toma los datos registrados por el sistema en un lapso de tiempo y lo comparamos con los datos del termo-higrometro HTC-2 que posee una certificación de fábrica. Los datos registrados por el sistema se evidencian a continuación:



Figura 52: Datos registrados de Temperatura.

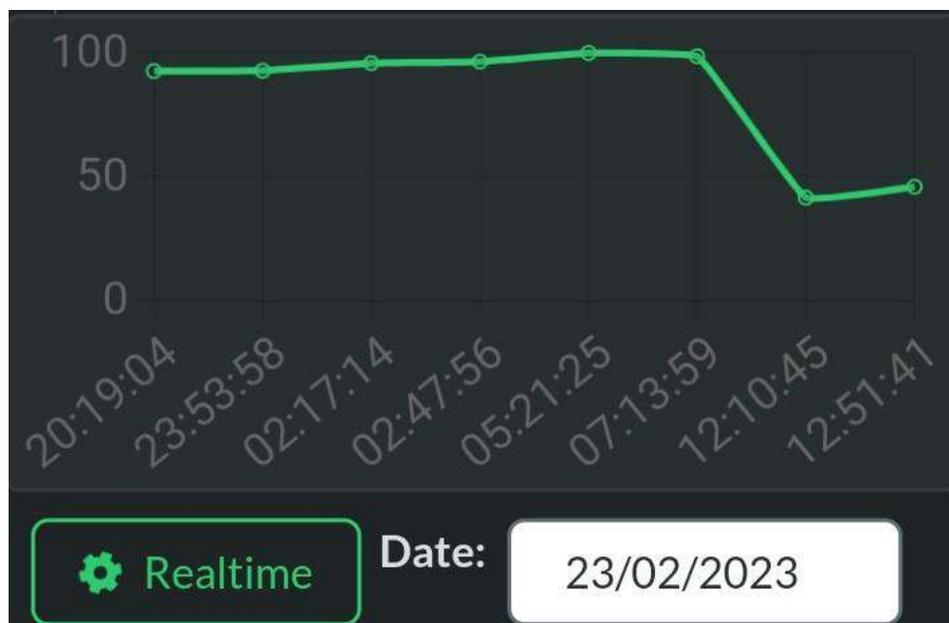


Figura 53: Datos registrados de Humedad relativa.

Los datos en formato excel correspondientes a las figura 52 y figura 53 se muestran en la siguiente tabla 12, estos datos lo descargamos mediante internet y de la interfaz del sistema electrónico implementado.

Tabla 12*Datos registrados por el sistema de monitoreo*

Hora	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
7:06:00	15.4	98.1
8:16:00	15.7	98.2
8:26:00	16.1	98.3
8:36:00	16.9	98.4
8:46:00	17.1	98.5
8:56:00	17.6	98.6
9:06:00	17.9	98.7
9:16:00	18.2	99.1
9:26:00	19.3	99.2
9:36:00	20	99.3
9:46:00	23	99.3
9:56:00	23.1	99.4
10:06:00	23.2	99.4
10:16:00	24.2	99.3
10:26:00	24.5	99.2
10:36:00	26.1	99.2
10:46:00	26.3	99.1
10:56:00	27.1	98.8
11:06:00	25.1	98.8
11:16:00	26	98.7
11:26:00	26.7	98.6
11:36:00	25.2	98.5
11:46:00	26.1	98.5
11:56:00	26.9	98.4
12:06:00	27.4	98.4
12:16:00	28.1	98.3
12:26:00	30.2	80.1
12:36:00	29.7	75.6
12:46:00	32.3	50.7
12:56:00	33.1	39.6
13:06:00	32.5	39.8
13:16:00	31.9	40.1
13:26:00	34.1	41.7
13:36:00	31.3	42.4
13:46:00	32.9	44.8
13:56:00	30.9	45.3
14:06:00	31.2	45.4

Fuente: registro 23-02-2023

Para realizar la comparación utilizamos un termo higrómetro HTC-2, registrando los datos en la misma fecha y con intervalos de 10 minutos en un cuaderno de apuntes, luego se digita esos datos en un ordenador utilizando hojas de cálculo de Excel para realizar el análisis comparativo.



Figura 54: Termo higrómetro HTC-2.

La figura 55 evidencia los medidas registrados en un cuaderno de apuntes y el cual se digita en Excel para realizar el análisis matemático.

Datos Termo higrómetro HTC 2
para proyect. de insolat. 23 02 2022

Fecha	T _{IN} °C	T _{OUT} °C	Mois	H ₁ %	H ₂ %	observaciones
23-02-2022	15.7	16.1	4.56	97		Nublado - nublar
"	15.9	16.6	2.16	96		Superficie de insolat.
"	15.9	12.1	2.34	96		en las horas
"	16.7	17.6	8.26	97		"
"	17.4	18.3	2.56	96		"
"	17.2	15.3	11.56	96		"
"	17.9	19.4	4.26	98		Nublado - nublar
"	18.1	19.6	4.26	98		por la hora de insolat.
"	18.8	20.5	4.26	98		"
"	20.15	21.6	4.26	98		"
"	21.4	22.3	4.26	98		"
"	22.4	23.1	4.26	98		"
"	23.3	24.6	6.26	98		"
"	24.1	25.3	6.26	98		"
"	24.9	26.1	10.26	98		Nublado - nublar
"	25.8	27.2	10.26	98		"
"	26.9	28.5	10.26	98		"
"	28.7	29.4	11.26	98		"
"	28.7	28.7	8.26	97		"
"	28.5	27.4	10.26	98		Nublado - nublar
23-02-21	22.9	23.9	11.26	98		semi nublar
"	23.9	24.8	11.26	98		"
"	22.1	18.1	11.26	97		"
"	22.1	21.1	12.26	97		"
"	19.2	20.9	12.26	92		"
"	20.1	21.1	12.26	92		"
"	19.6	20.6	12.26	91		Dispersión con sol
"	21.4	22.3	12.26	92		caliente
"	22.4	23.3	12.26	92		caliente
"	23.3	24.6	13.26	92		"
"	24.1	25.3	13.26	92		"
"	24.9	26.1	13.26	92		"
"	25.8	27.2	13.26	92		"
"	26.9	28.5	13.26	92		"
"	28.7	29.4	13.26	92		"
23-02-22	20.2	21.1	17.26	91		"
"	20.2	21.1	17.26	91		"
23-02-23	22.1	23.3	18.26	94		caliente
"	21.2	21.3	18.26	94		caliente
"	20.1	20.8	18.26	93		"
"	20.9	22.1	18.26	93		"

Figura 55: Datos registrados en el cuaderno de apuntes.

Tabla 13*Datos registrados por termo higrómetro*

<i>Hora</i>	<i>Temp. In (°C)</i>	<i>Temp. Out (°C)</i>	<i>Humedad relativa (%)</i>
7:06:00	15.2	16.1	97
8:16:00	15.4	16.6	97
8:26:00	15.9	17.1	96
8:36:00	16.7	17.8	97
8:46:00	16.9	17.6	96
8:56:00	17.4	17.9	97
9:06:00	17.5	18.3	97
9:16:00	17.9	18.6	98
9:26:00	18.9	19.8	98
9:36:00	19.8	20.5	98
9:46:00	22.5	23.6	98
9:56:00	22.7	23.7	98
10:06:00	22.9	24.1	98
10:16:00	23.7	24.6	97
10:26:00	24.1	25.3	97
10:36:00	25.9	26.7	97
10:46:00	26.2	27.2	98
10:56:00	26.9	27.5	96
11:06:00	25.3	26.1	97
11:16:00	26.1	26.7	97
11:26:00	26.5	27.4	98
11:36:00	24.9	25.3	97
11:46:00	25.9	26.7	98
11:56:00	27.1	28.3	97
12:06:00	27.3	29.1	97
12:16:00	28.2	29.9	97
12:26:00	30.1	31.1	80
12:36:00	29.6	30.6	77
12:46:00	32.4	33.7	52
12:56:00	33.4	34.8	40
13:06:00	33.1	34.9	38
13:16:00	32.2	34.1	39
13:26:00	33.7	35.2	40
13:36:00	30.7	31.4	41
13:46:00	33.1	32.3	44
13:56:00	31.2	33.1	44
14:06:00	30.7	32.5	45

Fuente: Temo higrómetro, 23-02-2023.

5.2.1 Validación del sensor de temperatura

Comparando datos de temperatura medidas con el instrumento patrón HTC-2 de la tabla 13 y la temperatura medida con el sistema de adquisición de datos expuesto en la tabla 12 resulta la curva de la figura 51, utilizando las funciones de grafico de la hoja de cálculos excel.

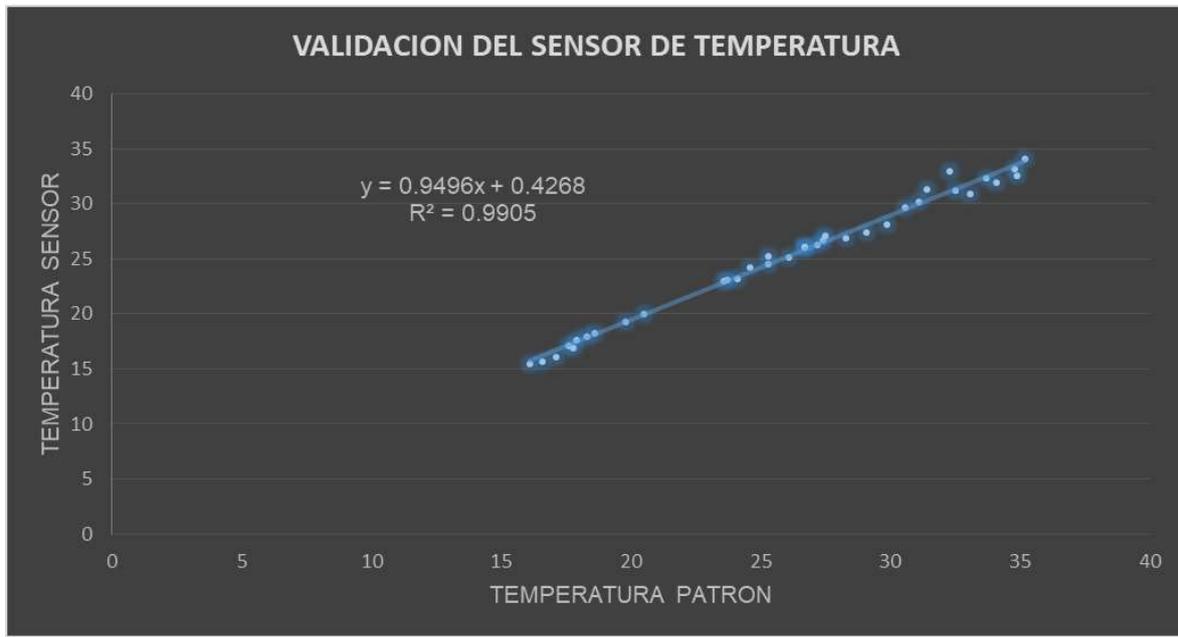


Figura 56: Temperatura HTC-2 patrón vs sistema implementado.

Realizando el ajuste lineal por mínimos cuadrados mencionado en el marco teórico en la página 42 y 43 se tiene la ecuación lineal:

$$Y = a_1x \pm a_0 + e$$

También tenemos la ecuación de la gráfica en Excel de la figura 51.

$$Y = 0.9496X + 0.4268$$

Comparando ambas ecuaciones término a término se obtiene el valor de “a” y “b”, donde: “a1” es la inclinación de la recta y “a0” es la intersección de la recta con el eje Y, considerando que el error sea mínimo (cero), se tiene:

$$a_1 = \frac{nS_{xy} - S_xS_y}{nS_{xx} - (S_x)^2} = 0.9496$$

$$a_0 = \frac{nS_{xx}S_y - S_{xy}S_x}{nS_{xx} - (S_x)^2} = 0.4268$$

Con los resultados de “a” que se aproximan a uno, y los valores de “b” que se aproximan a cero se puede decir: que los datos tomados por los sensores de sistema de monitoreo son casi iguales a los datos medidos por el instrumento patrón. Esa similitud podemos corroborar calculando el coeficiente de determinación r^2 de la página 44.

$$r^2 = \left[\frac{nS_{xy} - S_x S_y}{\sqrt{nS_{xx} - (S_x)^2} \sqrt{nS_{yy} - (S_y)^2}} \right]^2 = 0.9905$$

El coeficiente de determinación para este caso se encuentra entre $0.96 < R < 1$, esto representa a una correlación positiva, donde la ecuación calculada demuestra la variabilidad de los datos.

5.2.2 Validación del sensor de humedad

Realizando la comparación de las medidas obtenidos de los sensores de humedad del sistema implementado con los datos obtenidos por el instrumento patrón HTC-2, utilizando las funciones para graficar de excel se tiene una recta que se evidencia a continuación.

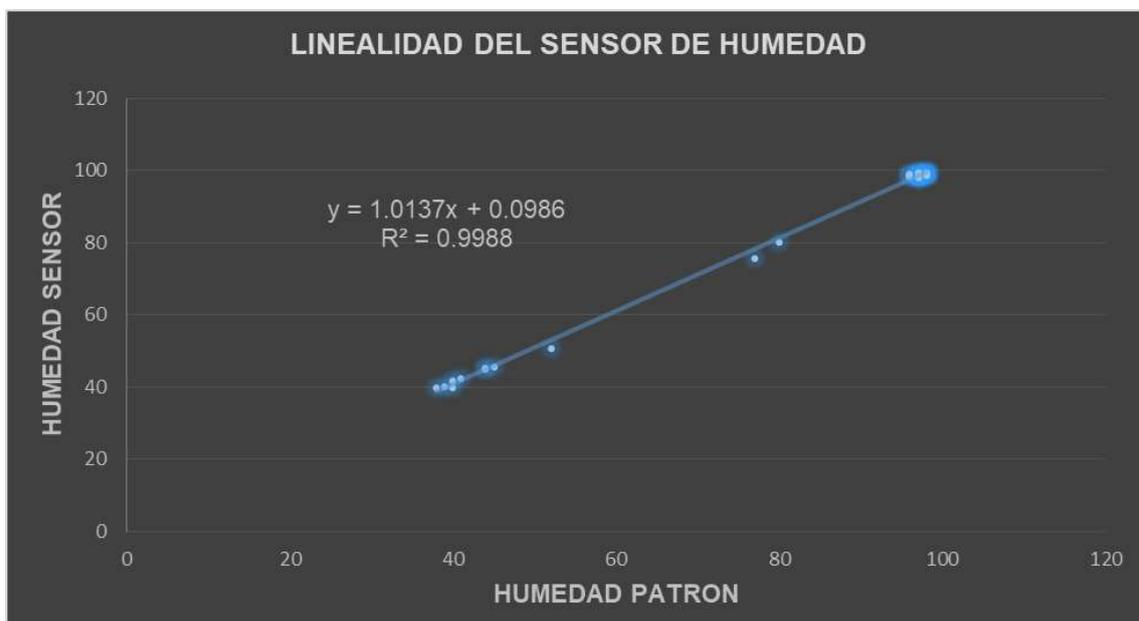


Figura 57: Humedad HTC-2 patrón vs sistema implementado.

Realizando la estimación del modelo de regresión mencionada en el marco teórico de las páginas 42 y 43, buscaremos una recta de la forma:

$$Y = a_1x \pm a_0 + e$$

También podemos observar en la gráfica obtenida de Excel la ecuación:

$$Y = 1.0137X + 0.0986$$

Para utilizar el método de mínimos cuadrados consideramos el error mínimo ($e=0$), luego comparamos las ecuaciones cada termino y obtenemos los valores de los parámetros a_0 y a_1 .

$$a_1 = \frac{nS_{xy} - S_x S_y}{nS_{xx} - (S_x)^2} = 1.0137$$

$$a_0 = \frac{nS_{xx}S_y - S_{xy}S_x}{nS_{xx} - (S_x)^2} = 0.0986$$

Con los resultados de “ a_1 ” que se aproxima a uno y el valor de “ a_0 ” que se acerca a cero, entonces los valores medidos por los sensores son casi iguales a los datos tomados por el instrumento patrón. Para medir la dependencia lineal que hay entre las dos variables calculamos el coeficiente de correlación.

$$r^2 = \left[\frac{nS_{xy} - S_x S_y}{\sqrt{nS_{xx} - (S_x)^2} \sqrt{nS_{yy} - (S_y)^2}} \right]^2 = 0.9988$$

Como R esta entre $0.96 < r^2 < 1$, nos señala que existe una relación directa entre ambas variables. Además su valor próximo a 1 nos dice que tiene una dependencia lineal muy fuerte.

5.3 INSTALACIÓN DEL SISTEMA ELECTRÓNICO DE MONITOREO EN EL INVERNADERO DE ROSAS

Una vez culminadas con las pruebas, el sistema de monitoreo se instala en el invernadero en una estación central y distribuido los sensores dentro del invernadero, la figura 60 se permite observar el proceso de instalación del sistema electrónico de monitoreo, y esta funciona las 24 horas del día.



Figura 58: Montaje del sistema de monitoreo en el invernadero.

5.3.1 Distribución de sensores en el invernadero

La distribución de los sensores dentro del invernadero se realiza considerando los registros manuales y visuales de anteriores sucesos por donde se inicia las afecciones del mildiu y botrytis, los apuntes indican que estas enfermedades se inician en las rosas de color blanco, tomando como prioridad se instaló un sensor. La altura donde va el sensor con respecto al suelo es de 1.50 metros aproximadamente siendo esta una altura del tallo para corte de las rosas. Podemos apreciar en la siguiente imagen.

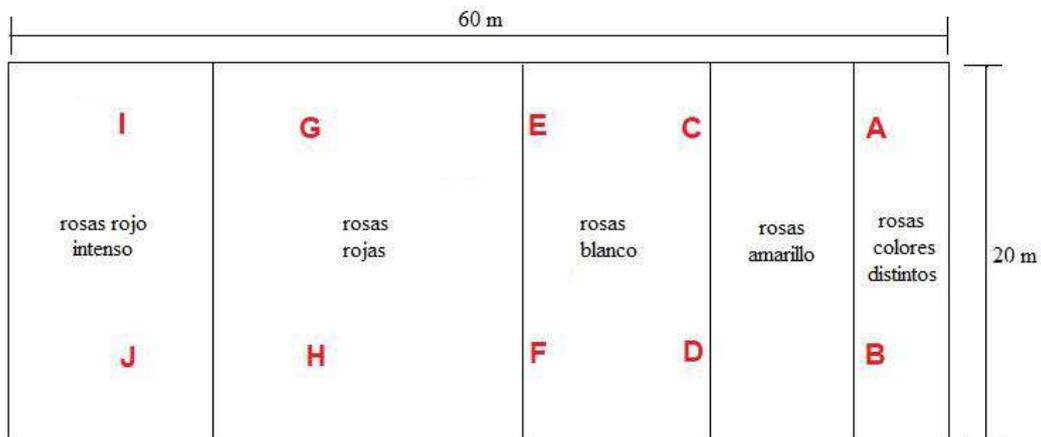


Figura 59: Puntos de muestra de temperatura y humedad relativa.

La figura anterior expone los puntos donde se realizó las medidas en el invernadero con el termo higrómetro HTC-2 en un día soleado, se tiene las medidas de temperatura en grados centígrados y la humedad relativa en porcentajes detallado en la siguiente tabla.

Tabla 14

Temperatura y humedad medidas dentro del invernadero

Fecha	Hora	Punto	Temperatura a 1.5 metros del suelo (°C)	Temperatura a 0.3 metros del suelo (°C)	Humedad (%)
1/08/2021	3:08 pm	A	31.90	28.2	43
1/08/2021	3:09 pm	B	31.60	28.1	42
1/08/2021	3:10 pm	C	32.10	28.3	43
1/08/2021	3:11 pm	D	32.30	27.6	40
1/08/2021	3:12 pm	E	32.00	27.8	43
1/08/2021	3:13 pm	F	32.10	27.9	40
1/08/2021	3:14 pm	G	32.30	27.8	42
1/08/2021	3:15 pm	H	32.00	27.7	42
1/08/2021	3:16 pm	I	31.90	29.9	42
1/08/2021	3:17 pm	J	31.80	27.6	41

De la tabla, se puede observar que las medidas a 1.5 metros del suelo no tiene una considerable variación en temperatura y humedad relativa. Las enfermedades de mildiu y botrytis que es el motivo de esta investigación tienen un rango de condiciones que oscilan entre 20 °C a 25 °C de temperatura y de 90 % a 98 % de humedad relativa.

Los sensores fueron ubicados a una altura donde se realiza el corte de cosecha de la flor de rosas para venta, a 1.5 metros del suelo donde las enfermedades afectan en los botones de flor, tallo y hojas. Como se prueba en la figura siguiente.

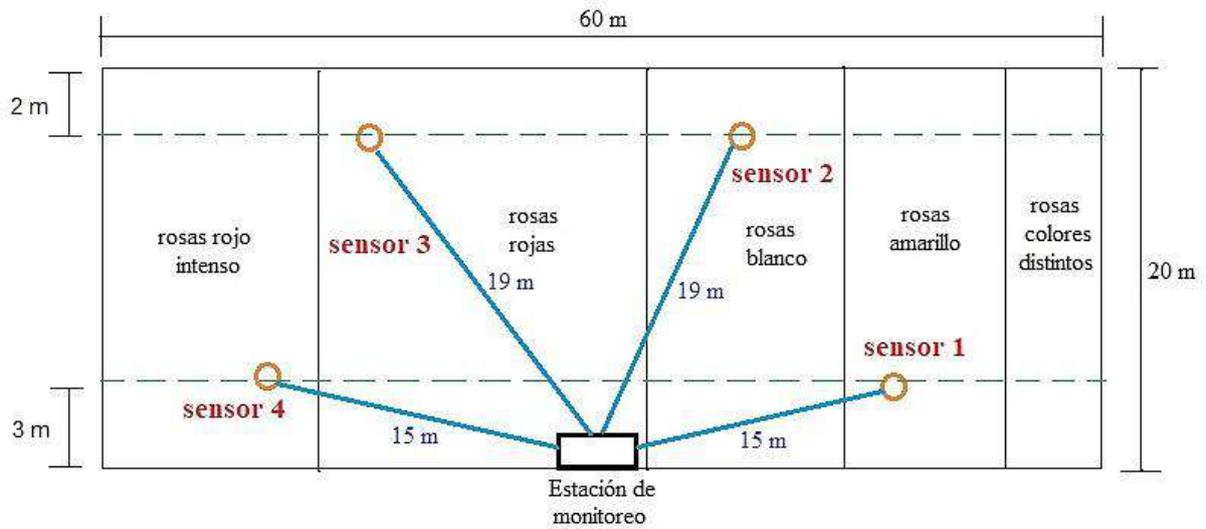


Figura 60: Localización de los sensores en el invernadero.

Seguidamente se muestra en la imagen los sensores ubicados a la altura de corte de la flor para su comercialización.



Figura 61: Posición de los sensores en el rosal.

5.3.2 Sucesos registrados por el sistema electrónico

Los efectos visuales de mildiu y botrytis registrados se muestran a continuación en las siguientes imágenes.



Figura 62: Efectos visuales ocasionados por botrytis.



Figura 63: Efectos visuales ocasionados por mildiu vellosa.

5.3.3 Hechos registrados utilizando el sistema

El sistema electrónico monitorea todo el tiempo, y seleccionamos un hecho del archivo generado en Excel, estos archivos que se generan nos permite revisar los sucesos anteriores y analizarlas con más detenimiento.

Tabla 15

Sucesos registrados por el sistema electrónico

FECHA	HORA	T1	H1	T2	H2	T3	H3	T. Prom	H. Prom
23/05/2023	12:17:32 a. m.	17.9	99.4	18.1	94.4	17.7	95.8	17.90	96.53
23/05/2023	12:27:47 a. m.	17.9	99.8	18.2	93.4	17.8	96.2	17.97	96.47
23/05/2023	12:30:03 a. m.	17.9	99.9	18.2	93.4	17.8	96.3	17.97	96.53
23/05/2023	12:48:14 a. m.	17.8	99.9	18.1	95.2	17.6	96.2	17.83	97.10
23/05/2023	12:58:29 a. m.	18	99.9	18.2	93.9	17.9	96.4	18.03	96.73
23/05/2023	1:08:43 a. m.	17.8	99.9	18.2	94.1	17.8	96.4	17.93	96.80
23/05/2023	1:18:57 a. m.	18	99.9	18.3	94.1	17.9	96.5	18.07	96.83
23/05/2023	1:29:11 a. m.	17.7	99.9	17.9	95.8	17.6	96.6	17.73	97.43
23/05/2023	1:39:27 a. m.	17.6	99.9	18.9	95.7	17.4	97.1	17.97	97.57
23/05/2023	1:49:39 a. m.	17.5	99.9	17.7	96.1	17.3	96.8	17.50	97.60
23/05/2023	1:59:53 a. m.	17.4	99.9	17.7	96.1	17.1	97.1	17.40	97.70
23/05/2023	2:10:07 a. m.	17.3	99.9	17.6	96.4	17.3	97.4	17.40	97.90
23/05/2023	2:20:23 a. m.	17.2	99.9	17.4	96.8	17.9	97.6	17.50	98.10
23/05/2023	2:30:35 a. m.	17.3	99.9	17.3	96.7	17.9	97.6	17.50	98.07
23/05/2023	2:40:49 a. m.	17.2	99.9	17.4	96.8	16.9	98.1	17.17	98.27
23/05/2023	2:51:02 a. m.	17.1	99.9	17.4	96.6	17.9	97.7	17.47	98.07
23/05/2023	3:01:18 a. m.	17.4	99.9	17.6	97.2	17.2	98.2	17.40	98.43
23/05/2023	3:11:30 a. m.	17.3	99.9	17.3	96.7	17.1	97.8	17.23	98.13
23/05/2023	3:21:45 a. m.	17.2	99.9	17.5	96.5	17.1	97.9	17.27	98.10
23/05/2023	3:31:59 a. m.	17.2	99.9	17.5	97.2	17	98.5	17.23	98.53
23/05/2023	3:42:13 a. m.	17.2	99.9	17.4	97.5	17.1	98.2	17.23	98.53
23/05/2023	3:52:27 a. m.	17.2	99.9	17.4	97.6	17	98.4	17.20	98.63
23/05/2023	4:02:41 a. m.	17.1	99.9	17.4	97.5	17	98.2	17.17	98.53
23/05/2023	4:12:55 a. m.	17.1	99.9	17.3	97.7	16.9	98.7	17.10	98.77
23/05/2023	4:23:09 a. m.	17	99.9	17.2	97.1	16.9	98.6	17.03	98.53
23/05/2023	4:33:23 a. m.	17.2	99.9	17.4	97.8	17	98.6	17.20	98.77
23/05/2023	4:43:38 a. m.	17.1	99.9	17.3	95.4	17	96.7	17.13	97.33
23/05/2023	4:53:50 a. m.	17	99.3	17.2	94	16.9	95.2	17.03	96.17
23/05/2023	5:04:07 a. m.	16.9	99.3	17.2	94.4	16.8	95.3	16.97	96.33
23/05/2023	5:14:18 a. m.	16.9	97.6	17.2	92.7	16.8	93.9	16.97	94.73
23/05/2023	5:24:32 a. m.	16.9	96.3	17.1	91.7	16.8	92.7	16.93	93.57
23/05/2023	5:34:48 a. m.	17	97.4	17.1	92.4	16.8	93.7	16.97	94.50
23/05/2023	5:45:01 a. m.	16.7	97.7	16.9	93.1	16.6	93.8	16.73	94.87
23/05/2023	5:55:14 a. m.	16.7	99.2	16.8	94.1	16.5	95.7	16.67	96.33
23/05/2023	6:05:29 a. m.	16.4	99.9	16.5	95.3	16.2	96	16.37	97.07
23/05/2023	6:15:43 a. m.	16.3	99.9	16.6	95.2	16.2	96.7	16.37	97.27
23/05/2023	6:25:57 a. m.	16.2	99.9	16.4	96.8	16.1	97.6	16.23	98.10
23/05/2023	6:36:14 a. m.	16.1	99.9	16.4	97.2	16	98.3	16.17	98.47
23/05/2023	6:46:25 a. m.	16	99.9	16.4	96.6	15.6	97.9	16.00	98.13
23/05/2023	6:56:38 a. m.	15.9	99.9	16.1	97.9	15.6	98.7	15.87	98.83
23/05/2023	7:06:52 a. m.	15.7	99.9	15.9	98.3	15.5	99	15.70	99.07
23/05/2023	7:17:07 a. m.	15.5	99.9	15.8	97.9	15.3	99.9	15.53	99.23
23/05/2023	7:27:20 a. m.	15.5	99.9	15.7	98.3	15.3	99.9	15.50	99.37
23/05/2023	7:37:36 a. m.	15.5	99.9	15.8	98.1	15.4	99.9	15.57	99.30
23/05/2023	7:47:49 a. m.	15.7	99.9	15.9	98.1	15.6	98.8	15.73	98.93
23/05/2023	7:58:03 a. m.	15.7	99.9	16	96.5	15.5	97.4	15.73	97.93
23/05/2023	8:08:16 a. m.	15.8	99.9	16.1	96.8	15.7	97.6	15.87	98.10
23/05/2023	8:18:30 a. m.	15.9	99.9	16.1	97.3	15.8	98.3	15.93	98.50
23/05/2023	8:28:45 a. m.	15.8	99.9	16.1	96.1	15.8	97	15.90	97.67
23/05/2023	8:38:58 a. m.	15.9	98.9	16.2	94.1	15.9	94.9	16.00	95.97
23/05/2023	8:49:14 a. m.	16	99.1	16.1	94.3	15.9	95.2	16.00	96.20
23/05/2023	8:59:27 a. m.	15.7	99.9	15.8	96.3	15.6	96.8	15.70	97.67
23/05/2023	9:09:41 a. m.	15.7	99.9	15.9	96.3	15.5	96.7	15.70	97.63
23/05/2023	9:19:56 a. m.	15.5	99.9	15.8	97.3	15.5	98	15.60	98.40
23/05/2023	9:30:09 a. m.	15.3	99.9	15.5	98.1	15.2	99.9	15.33	99.30
23/05/2023	9:40:23 a. m.	15.1	99.9	15.4	99.3	15	99.9	15.17	99.70

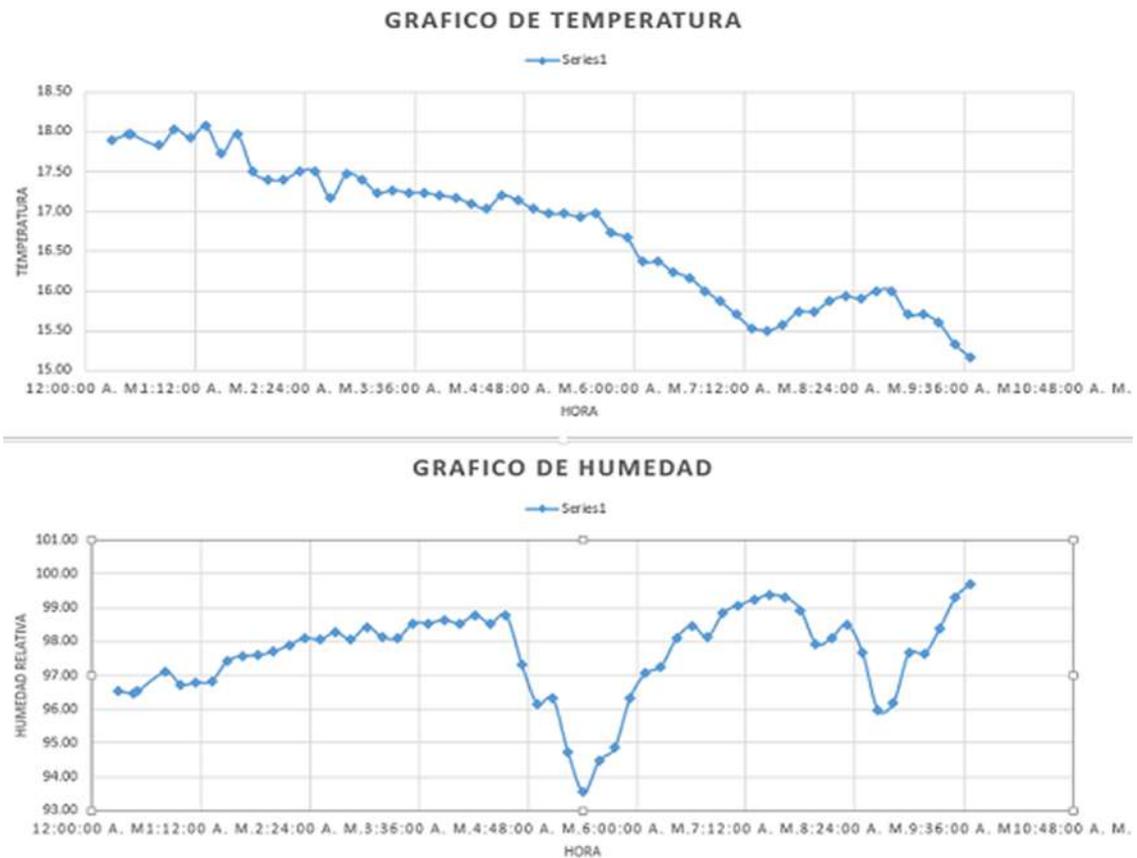


Figura 64: Grafica del suceso registrado por el sistema electrónico.

5.3.4 Acciones realizados para el control de enfermedades

Control cultural:

Poda y cosecha oportuna para evitar que se produzca sombra entre ramas.



Figura 65: Poda y cosecha oportuna.

Limpieza del cultivo, eliminación de hojas viejas, eliminar y deshacerse de restos del cultivo como hojas caídas, hojas con moho, tallos secos, flores contaminados.



Figura 66: Eliminación de hojas y flores afectados por las enfermedades.

Control químico:

Inhibidores, también conocida como fungicidas: triazoles aminos, hidroxianilidas y triocarbamato.

Rotación de fungicidas.



Figura 67: Control químico de enfermedades.

5.3.5 Acciones sugeridas para el control de enfermedades

Control biológico:

Consiste en la aplicación de microorganismos y extractos orgánicos que colonizan los tejidos vegetales agotando los nutrientes y de este modo se dificulta que las esporas tengan un impacto severo en las rosas.

Control electromecánico:

Consta de un equipo electrónico de control con microcontrolador programable, además de actuadores como humidificadores, calefactores y ventiladores.

Uso de dron y la inteligencia artificial para detectar mediante procesamiento de imágenes las enfermedades y eliminarlos con radiación UV u ondas electromagnéticas generadas artificialmente.

5.4 ANÁLISIS DE DATOS OBTENIDOS

Para la evaluación de datos, seleccionamos aquellos datos registrados por el sistema en un día particular. Donde el sistema de monitoreo este en pleno funcionamiento a más de un mes de su instalación en el invernadero con cultivo de rosas.

En las figuras siguientes evidencian las gráficas de comportamiento de la temperatura y humedad relativa durante el día y la noche.



Figura 68: Curva del comportamiento de la temperatura.



Figura 69: Curva de comportamiento de la humedad relativa.

De las gráficas de comportamiento de la temperatura y humedad relativa accedemos a los datos generados en formato excel, seleccionando el rango donde posiblemente se encuentra la temperatura y humedad favorable para la incubación del mildiu y botrytis.

Fecha	Hora	Temperatura (°C)					Humedad relativa (%)				
		T1	T2	T3	T4	T prom.	H1	H2	H3	H4	H prom.
3/04/2023	1:08:09 a. m.	18.6	18.9	18.8	18.9	18.8	96.3	96.4	96.4	96.4	96.4
3/04/2023	1:18:23 a. m.	18.8	18.9	18.6	18.9	18.8	96.4	96.5	96.5	96.4	96.5
3/04/2023	1:28:37 a. m.	18.8	18.7	18.6	18.7	18.7	96.6	96.7	96.6	96.7	96.7
3/04/2023	1:38:51 a. m.	18.8	18.7	18.7	18.6	18.7	96.9	97	96.8	96.9	96.9
3/04/2023	1:49:05 a. m.	18.7	18.5	18.7	18.5	18.6	97.1	97.1	97	97.2	97.1
3/04/2023	1:59:19 a. m.	18.4	18.3	18.3	18.2	18.3	97.1	97.2	97.1	97.2	97.2
3/04/2023	2:09:33 a. m.	18.2	18.1	18.1	18	18.1	97.3	97.4	97.2	97.3	97.3
3/04/2023	2:19:47 a. m.	18.3	18.3	18.2	18	18.2	97.5	97.6	97.4	97.5	97.5
3/04/2023	2:30:01 a. m.	18.2	18.1	18.1	18	18.1	97.7	97.8	97.6	97.8	97.7
3/04/2023	2:40:15 a. m.	18	17.9	17.8	17.9	17.9	98.1	98	98.2	98.3	98.2
3/04/2023	2:50:29 a. m.	17.9	17.8	17.9	17.6	17.8	98.4	98.5	98.5	98.6	98.5
3/04/2023	3:00:43 a. m.	17.9	17.9	18.2	18	18.0	98.7	99.2	99.3	99.4	99.2
3/04/2023	3:10:57 a. m.	18	17.9	18.2	17.9	18.0	98.8	99.1	99	99.1	99.0
3/04/2023	3:21:11 a. m.	18.2	17.9	18	17.9	18.0	98.6	98.9	98.8	99	98.8
3/04/2023	3:31:25 a. m.	17.9	18	18.2	17.9	18.0	98.5	98.7	98.7	98.8	98.7
3/04/2023	3:41:39 a. m.	17.6	17.7	17.8	17.7	17.7	98.3	98.4	98.5	98.6	98.5
3/04/2023	3:51:53 a. m.	17.5	17.5	17.7	17.7	17.6	98.4	98.3	98.4	98.4	98.4
3/04/2023	4:02:07 a. m.	17.6	17.7	17.8	17.7	17.7	98.1	98.2	98.1	98.3	98.2
3/04/2023	4:12:21 a. m.	17.6	17.8	17.9	17.9	17.8	97.9	98	97.9	98.1	98.0
3/04/2023	4:22:35 a. m.	17.6	17.9	17.9	17.8	17.8	97.6	97.7	97.5	97.8	97.7
3/04/2023	4:32:49 a. m.	17.5	17.6	17.7	17.6	17.6	97.3	97.4	97.3	97.5	97.4
3/04/2023	4:43:03 a. m.	17.6	17.7	17.6	17.5	17.6	97.2	97.2	97.1	97.3	97.2
3/04/2023	4:53:17 a. m.	17.4	17.5	17.6	17.5	17.5	97.1	96.9	97	97.1	97.0
3/04/2023	5:03:31 a. m.	17.3	17.4	17.4	17.5	17.4	96.8	96.7	96.9	96.9	96.8
3/04/2023	5:13:45 a. m.	17.4	17.5	17.5	17.6	17.5	96.6	96.5	96.7	96.6	96.6
3/04/2023	5:23:59 a. m.	17.4	17.6	17.5	17.5	17.5	96.3	96.2	96.3	96.4	96.3
3/04/2023	5:34:13 a. m.	17.5	17.5	17.6	17.4	17.5	96.3	96.1	96.2	96.1	96.2
3/04/2023	5:44:27 a. m.	17.3	17.3	17.4	17.2	17.3	95.6	95.7	95.8	95.7	95.7
3/04/2023	5:54:41 a. m.	17.4	17.3	17.3	17.2	17.3	94.7	94.5	94.6	94.5	94.6

Figura 70: Extracto del archivo en formato excel.

De la tabla podemos observar:

Desde la 1:08 de la madrugada hasta las 3:10 de la madrugada hay una disminución en la temperatura pero existe un incremento en la humedad relativa de 96 % a 99 %, pero no se cumple las condiciones de incubación del mildiu y botrytis por que la temperatura es inferior al rango de entre 20 °C a 25 °C.

Desde las 3:40 de la mañana hasta las 5:50 de la mañana existe un ligero incremento de la temperatura, pero hay una disminución notoria de la humedad relativa.

5.4.1 Análisis de datos por mes

Analizamos los datos registrados por el sistema electrónico, en los cuales pudo ocurrir un evento que pueda favorecer la incubación del mildiu y botrytis.

Fecha hora	T1	H1	Tprom	Hprom
23/07/2023 7:05	13	34	13	34
23/07/2023 7:15	13	33.9	13	33.9
23/07/2023 7:25	13.2	34.1	13.2	34.1
23/07/2023 7:36	13.3	34.2	13.3	34.2
23/07/2023 7:46	13.6	33.9	13.6	33.9
23/07/2023 7:56	13.8	33.5	13.8	33.5
23/07/2023 8:06	14.1	33.4	14.1	33.4
23/07/2023 8:17	14.3	33.3	14.3	33.3
23/07/2023 13:44	26.5	8.2	26.5	8.2
23/07/2023 13:54	25.7	6.9	25.7	6.9
23/07/2023 14:05	25.6	6.4	25.6	6.4
23/07/2023 14:15	25.4	7.7	25.4	7.7
23/07/2023 14:25	25.2	6.3	25.2	6.3
23/07/2023 14:35	25	6.8	25	6.8
23/07/2023 14:45	24.5	6.6	24.5	6.6
26/07/2023 19:39	20.2	42.4	20.2	42.4
26/07/2023 19:49	20.7	41.1	20.7	41.1
26/07/2023 19:59	21.1	41	21.1	41
26/07/2023 20:10	20.7	38.6	20.7	38.6
26/07/2023 20:20	19.4	41.5	19.4	41.5
26/07/2023 20:30	19.8	40.4	19.8	40.4
26/07/2023 20:40	20	39.5	20	39.5
27/07/2023 23:37	16.8	81.5	16.6	82.75
27/07/2023 23:47	16.4	82.1	16.3	82.72
27/07/2023 23:57	16.3	83	16.23	83.57
28/07/2023 0:07	16	84.4	15.88	84.47
28/07/2023 0:17	15.9	84.9	15.83	84.23
28/07/2023 0:28	15.8	86.9	15.7	85.65
28/07/2023 0:38	15.7	87.9	15.47	87.05
28/07/2023 0:48	15.7	88	15.52	86.8
28/07/2023 0:58	15.4	89.7	15.3	88.12
28/07/2023 1:09	15.2	89.7	15.05	87.98
28/07/2023 1:19	15	88.8	14.88	87.47
28/07/2023 1:29	14.6	92.9	14.45	89.98
28/07/2023 1:39	14.2	94.7	14.13	90.8
30/07/2023 3:48	12.5	96.4	12.5	92.35
30/07/2023 3:58	12.4	99.9	12.38	94.93
30/07/2023 4:08	12.3	99.9	12.28	95.32
30/07/2023 4:19	12.3	99.9	12.23	95.78
30/07/2023 4:29	12.3	99.9	12.32	95.23
30/07/2023 4:39	12.4	99.9	12.4	95.1
30/07/2023 4:49	12.3	99.9	12.23	95.8

Figura 71: Extracto del archivo del mes de julio.

En este mes las condiciones de temperatura y humedad no llegan a cumplirse las condiciones para que inicie el proceso de infección, el 23 de julio alrededor de las 2:00 pm la temperaturas llega a 25 °C pero la humedad esta en 6 %. A media noche entre 27 y 28 de julio la humedad relativa sube a 88 % y la temperatura varía entre 15 °C a 16 °C, a medio día del 30 de julio marca 95 % de Hr y 12 °C.

Fecha hora	T1	H1	T2	H2	T3	H3	T4	H4	Tprom	Hprom
1/08/2023 0:09	17.4	87.7	17.4	82	17	87	17	84.7	17.2	85.35
1/08/2023 0:19	17.3	86.2	17.3	80.9	16.8	85.9	16.8	83.6	17.05	84.15
1/08/2023 0:29	17.3	87.7	17.4	81.9	16.9	87	16.8	84.9	17.1	85.37
1/08/2023 0:39	17.4	86.5	17.5	81.5	17.1	86.6	17	84.8	17.25	84.85
3/08/2023 12:00	19.6	87.5	18.9	84.7	19.9	85.3	19.5	84.4	19.48	85.47
3/08/2023 12:11	20.4	83.5	19.5	83	20.7	83.3	20.1	82.4	20.18	83.05
3/08/2023 12:21	21.1	80.6	19.9	81.6	21.6	79.8	21.2	78.3	20.95	80.07
3/08/2023 12:31	22.3	73.6	21.2	77.5	23.1	76.2	22.4	76.9	22.25	76.05
3/08/2023 12:41	22.4	74.5	21.1	77.4	22.9	76.2	22.3	75.7	22.17	75.95
3/08/2023 12:52	22.6	73.7	21.2	77.8	23.1	76.7	22.3	76.7	22.3	76.22
7/08/2023 8:37	13.2	99.9	13.3	98.4	13.1	99.9	12.9	99.8	13.13	99.5
7/08/2023 8:47	13.2	99.9	13.3	99.7	13.1	99.9	13	99.9	13.15	99.85
7/08/2023 8:58	13.2	99.9	13.3	99.5	13.1	99.9	13	99.9	13.15	99.8
7/08/2023 10:40	13.2	99.9	13.3	99.9	13	99.9	12.9	99.9	13.1	99.9
7/08/2023 10:50	13.3	99.9	13.3	99.9	13.2	99.9	13	99.9	13.2	99.9
7/08/2023 11:00	13.6	99.9	13.7	99.9	13.6	99.9	13.5	99.9	13.6	99.9
7/08/2023 12:32	15.4	99.9	15.1	96.5	15.6	96.7	15.2	96.2	15.32	97.32
7/08/2023 12:43	15.9	99.9	15.7	94.7	16.1	95.8	15.7	94.3	15.85	96.18
7/08/2023 12:53	17.3	99.9	16.4	91.7	17.5	92.1	17	90.8	17.05	93.62
17/08/2023 0:55	17.8	92.1	17.9	84.6	17.3	89.6	17.2	86.9	17.55	88.3
17/08/2023 1:05	17.7	93.8	17.7	85.3	17.2	90.4	17.1	87.3	17.43	89.2
17/08/2023 5:11	17	99.9	16.9	91.6	16.5	96.2	16.4	93	16.7	95.18
17/08/2023 5:21	16.9	99.9	16.9	90.6	16.6	95.2	16.4	92.5	16.7	94.55
26/08/2023 0:19	18.9	86.7	19	80.9	18.6	85.3	18.5	83.2	18.75	84.03
26/08/2023 0:30	18.7	90	18.8	82.4	18.4	87.2	18.2	85.3	18.53	86.22
26/08/2023 0:40	18.5	90.7	18.6	82.8	18.2	87.3	18.1	86.5	18.35	86.82
26/08/2023 14:39	20.5	90	19.8	85.8	21.2	83.3	20.7	83.8	20.55	85.73
26/08/2023 14:49	20.4	91.5	19.6	87.1	20.9	84.9	20.4	85.2	20.33	87.18
26/08/2023 15:00	21.8	82.5	20.5	83.9	22.4	80.4	21.5	80.6	21.55	81.85
26/08/2023 15:10	21.7	82.5	20.7	83.3	22.4	80.3	21.5	80.8	21.58	81.73
26/08/2023 15:20	20.5	88.4	19.6	86.5	20.9	85.3	20.3	85.1	20.33	86.33
26/08/2023 15:30	20.2	93.3	19.2	89	20.7	87.3	20.2	86.7	20.08	89.07
29/08/2023 16:40	34.8	29	32.6	41.1	34.5	41.6	33.2	46.2	33.77	39.47
29/08/2023 16:51	34.4	30	33	41.2	34.6	41.6	34.3	46.7	34.08	39.88
29/08/2023 17:01	33.8	27	32.3	38.5	33.7	40	32.5	43.4	33.08	37.22
31/08/2023 17:17	31.1	50.5	28.6	63	32.3	53.7	31	61.8	30.75	57.25
31/08/2023 17:27	32.7	39.9	30.6	51.5	34.5	46.5	34.1	51.6	32.97	47.38
31/08/2023 17:37	32.3	40.9	29.3	54.6	33.1	48.5	30.9	56.8	31.4	50.2
31/08/2023 17:47	33.1	34.9	29.7	48.9	34.2	44.5	32.2	49.7	32.3	44.5
31/08/2023 17:58	34	35	30.8	49.4	34.9	44	32.2	51.6	32.98	45
31/08/2023 22:14	18.8	95.2	19.1	83.5	18.6	88.7	18.3	87.6	18.7	88.75
31/08/2023 22:24	18.5	99.1	19	84.5	18.2	90.6	18	90.6	18.42	91.2
31/08/2023 22:34	18	99.9	18.8	85.6	17.5	95.3	17.5	93.4	17.95	93.55
31/08/2023 22:44	17.5	99.9	18.4	85.1	17.1	94.6	16.9	92.8	17.48	93.1
31/08/2023 22:54	17.5	99.9	17.8	88.3	17.1	94.5	16.8	93.4	17.3	94.03
31/08/2023 23:05	17.1	99.9	17.4	89.9	16.8	95.9	16.6	94.5	16.98	95.05
31/08/2023 23:15	17	99.9	17.3	90	16.7	95.8	16.4	93.9	16.85	94.9

Figura 72: Datos del mes de agosto.

En este mes también se mantuvo con una temperatura y humedad variante pero no llega a la condición de inicio de infección en las rosas, el día 3 al mediodía hubo una condición de temperatura pero la humedad esta baja.

Fecha hora	T1	H1	T2	H2	T3	H3	T4	H4	T. prom	H. prom
1/09/2023 0:06	16.3	100	16.5	92.8	16	98	16	96	16.17	96.7
1/09/2023 0:16	16.3	100	16.5	93.1	16	98	16	96	16.17	96.8
1/09/2023 0:57	16.5	100	16.6	93.4	16.2	99	16	96	16.33	97.12
1/09/2023 1:07	16.4	100	16.5	94	16.1	99	16	97	16.23	97.5
1/09/2023 1:18	16.4	100	16.5	95	16.1	100	16	97	16.23	98.05
1/09/2023 1:28	16.3	100	16.6	94.5	16.1	100	16	97	16.23	97.85
1/09/2023 4:12	15.9	100	15.9	96.7	15.5	100	15	99	15.67	98.75
1/09/2023 4:22	15.7	100	15.8	96.6	15.3	100	15	100	15.5	99.02
1/09/2023 4:32	15.5	100	15.5	97.1	15.1	100	15	100	15.27	99.2
1/09/2023 4:42	15.2	100	15.3	98.4	14.9	100	15	100	15.05	99.53
1/09/2023 11:01	13	100	13.1	99.2	12.9	100	13	100	12.95	99.72
1/09/2023 11:11	13.2	100	13.2	99.2	13.2	100	13	100	13.15	99.72
1/09/2023 11:21	13	100	13.1	99.2	12.9	100	13	100	12.95	99.65
1/09/2023 11:32	15.5	100	14.6	95.7	16.4	93	16	91	15.7	94.7
1/09/2023 11:42	18	97	16.5	90.8	19	85	19	83	18.12	88.9
4/09/2023 5:12	14.6	100	14.7	95.6	14.5	100	14	97	14.5	98.07
4/09/2023 5:22	14.7	100	14.8	95.9	14.5	100	14	97	14.57	98.23
4/09/2023 5:32	14.6	100	14.8	95.9	14.5	100	14	97	14.58	98.28
4/09/2023 11:51	17.9	89	17.4	85.5	17.2	89	18	86	17.6	87.15
4/09/2023 12:01	20.8	75	19.3	77.8	19.1	81	21	74	20.07	76.98
4/09/2023 12:11	21.8	75	20.5	78.4	20.2	82	23	74	21.25	77.18
5/09/2023 13:36	27.6	51	25.7	62.2	25.6	64	29	59	26.98	59.28
5/09/2023 13:46	29.1	49	26.4	61	27.3	60	29	61	27.85	57.55
5/09/2023 13:56	30.2	47	27.5	58.9	28.2	59	30	57	29.08	55.5
17/09/2023 12:49	27.7	49	22.8	65.6	24.4	64	26	63	25.15	60.35
17/09/2023 12:59	27.3	51	23.7	64.4	24.6	64	28	59	25.87	59.55
17/09/2023 13:09	26.8	53	24	65.1	24.7	66	28	60	25.87	60.78
17/09/2023 13:19	28.2	49	25	62.5	26.1	62	29	59	26.95	58.2
18/09/2023 2:27	17.8	100	17.7	98.5	17.8	100	17	100	17.62	99.53
18/09/2023 2:38	17.8	100	17.6	98.5	17.8	100	17	100	17.6	99.55
18/09/2023 2:48	17.8	100	17.5	99.2	17.7	100	17	100	17.52	99.72
18/09/2023 11:09	16	100	15.9	99.9	15.8	100	16	100	15.85	99.9
18/09/2023 11:19	16.3	100	16	99.9	16.1	100	16	100	16.1	99.9
18/09/2023 11:30	17.2	100	16.8	99.9	17	100	17	99	16.98	99.73
18/09/2023 11:40	18.9	100	17.9	97.8	18.6	97	19	95	18.5	97.2
24/09/2023 3:05	17.8	100	17.5	99.3	17.6	100	17	100	17.5	99.75
24/09/2023 3:15	17.6	100	17.5	99.4	17.5	100	17	100	17.42	99.78
24/09/2023 3:26	17.6	100	17.5	99.6	17.5	100	17	100	17.42	99.82
24/09/2023 11:27	17.6	100	17.2	99.9	17.5	100	17	100	17.35	99.9
24/09/2023 11:37	18	100	17.6	99.9	17.9	100	18	100	17.8	99.85
24/09/2023 11:47	18.2	100	17.7	99.6	18.1	100	18	99	17.98	99.57
24/09/2023 11:57	18.8	100	18	97.9	18.6	97	18	96	18.42	97.6
24/09/2023 12:08	19.3	100	18.3	96.2	19.2	96	19	95	18.87	96.68
30/09/2023 20:57	28.7	53	28.7	58.4	28.9	57	28	64	28.62	57.95
30/09/2023 21:07	28.1	55	28.2	58.2	28.5	57	28	65	28.08	58.97
30/09/2023 21:17	27.4	57	27.2	61.4	27.7	60	27	67	27.25	61.35
30/09/2023 22:18	23.5	73	23.6	74	23.5	76	23	78	23.35	75.2
30/09/2023 22:29	22.9	77	22.8	75.8	22.8	78	22	80	22.7	77.87
30/09/2023 23:20	21.8	94	21.7	84.6	21.9	85	21	87	21.62	87.7
30/09/2023 23:30	21.6	95	21.6	84.5	21.8	86	21	87	21.5	87.9
30/09/2023 23:40	21.4	95	21.3	84.9	21.3	87	21	88	21.2	88.72

Figura 73: Datos de mes de setiembre.

Este mes se registró dos sucesos importantes:

Primero: cambios bruscos de clima propio de ceja de selva que pudo registrar el sistema electrónico de monitoreo, este cambio de clima afecta en el interior del invernadero pero no llega a producirse las condiciones de infección con enfermedades en las rosas.

Segundo: fumigación contra plagas como las arañas y pulgones que se registró el 18 a la 11:00 am.

Fecha hora	T1	H1	T2	H2	T3	H3	T4	H4	T. prom	H. prom
1/10/2023 0:01	21.1	95.1	21.2	84.2	21.1	86.3	20.5	88.1	20.98	88.42
1/10/2023 0:11	20.8	99.4	20.9	85.7	20.8	89.7	20.4	90	20.72	91.2
1/10/2023 0:21	20.8	99.9	20.6	89.3	20.7	91.5	20.1	91.9	20.55	93.15
1/10/2023 1:12	20.2	99.9	20.2	89.6	20.1	92.1	19.6	91.8	20.02	93.35
1/10/2023 1:23	20	99.9	19.9	90.8	19.9	93.1	19.5	92.8	19.83	94.15
1/10/2023 1:33	19.9	99.9	19.8	91.3	19.8	93.6	19.4	93.2	19.72	94.5
1/10/2023 3:05	20	99.9	19.9	92.8	19.7	95.1	19.5	94.4	19.78	95.55
1/10/2023 3:15	20	99.9	19.9	93.1	19.7	95.5	19.4	94.5	19.75	95.75
1/10/2023 3:25	20	99.9	19.9	92.5	19.7	95	19.5	93.8	19.78	95.3
1/10/2023 15:01	23.3	83.8	22.5	83.9	23.4	82.9	22.9	82.9	23.02	83.37
1/10/2023 15:11	23	89.5	22.4	85.7	23.1	85.8	22.8	85.2	22.83	86.55
1/10/2023 17:55	25	89.3	24	86.1	25.2	81.8	24.6	85.4	24.7	85.65
1/10/2023 18:05	25.5	81.6	23.5	83.9	25.4	77.7	24.6	83.3	24.75	81.62
1/10/2023 18:16	26.3	75.9	24.2	82.2	26.2	76.5	25.7	80.4	25.6	78.75
1/10/2023 18:26	30.3	66	28.3	74.5	31.5	64.6	29.7	74.8	29.95	69.98
1/10/2023 21:30	21.1	99.9	20.8	90.5	21.1	90.2	20.5	91.3	20.87	92.97
1/10/2023 21:40	21.2	99.9	21	90.5	21.3	91.9	20.7	93	21.05	93.82
1/10/2023 21:51	20.7	99.9	20.6	91.8	20.9	92.8	20.1	93.9	20.58	94.6
1/10/2023 22:01	20.1	99.9	19.9	94	20.1	95.2	19.5	95.1	19.9	96.05
1/10/2023 22:11	19.8	99.9	19.5	94.1	19.7	95.7	19.2	95.5	19.55	96.3
13/10/2023 20:53	21.8	78.7	21.9	74.9	22.3	76.2	21.4	77.6	21.85	76.85
13/10/2023 21:03	20.7	89.6	20.7	82.2	21.1	82	20	84.6	20.62	84.6
13/10/2023 21:14	19.6	93	20	82.9	20.1	84.9	19	86.8	19.67	86.9
13/10/2023 21:24	19.2	99.9	19.8	85.2	19.8	86.8	18.7	89	19.37	90.23
13/10/2023 21:34	18.8	99.9	19.4	87.1	19.4	89	18.3	90.8	18.97	91.7
13/10/2023 21:44	18.7	99.9	19.1	87.1	19.1	89.7	18.3	90.9	18.8	91.9
13/10/2023 21:55	18.4	99.9	18.7	87.9	18.6	89.5	18	92.2	18.42	92.37
14/10/2023 12:45	27.2	61.4	23.7	75.6	25.5	69.7	27.3	70.8	25.92	69.37
14/10/2023 12:55	27	67.9	23.9	78.8	25.6	75.1	27	73.3	25.87	73.78
14/10/2023 14:37	29.3	51.8	25.9	65.6	28.3	59.5	29.7	59.8	28.3	59.17
14/10/2023 14:48	27.3	56.4	25.2	69.5	27.2	61.7	26.3	70.1	26.5	64.43
14/10/2023 16:20	22.2	84.4	21.7	81.4	22.9	81.4	21.7	82.9	22.12	82.53
14/10/2023 16:30	23.1	81.2	22.5	79.2	23.7	75.6	22.8	81	23.03	79.25
14/10/2023 16:40	23.4	83.4	23.2	82.2	24.1	78.5	23.1	82.3	23.45	81.6
25/10/2023 14:18	38.2	38.3	32.1	55	37.7	46.2	35.3	53.5	35.83	48.25
25/10/2023 14:28	37.6	38.4	32.5	52.6	36.5	47.1	37.5	49.7	36.03	46.95
25/10/2023 14:39	34.4	44.2	30.8	58.1	33.8	50.5	34.7	53.9	33.42	51.68
25/10/2023 14:49	31.4	50.6	29.1	62.1	31.2	56.2	31.9	58.9	30.9	56.95
25/10/2023 14:59	28.9	56.8	27.2	66.8	29.2	59.7	28.4	67.7	28.43	62.75
25/10/2023 15:09	28.2	60.3	26.7	69.1	28.6	63.4	27.8	70.5	27.83	65.82
25/10/2023 15:19	30.8	51.9	28.1	64	31.2	55.8	29.9	62.8	30	58.63
28/10/2023 21:06	22.5	88.1	22.3	82.2	23	82.2	21.9	84.3	22.43	84.2
28/10/2023 21:16	22.4	91.7	22.6	84.4	22.9	84.8	21.8	86.6	22.42	86.88
28/10/2023 21:26	22.9	92.5	22.9	84.8	23.3	85.2	22.2	87.2	22.83	87.43
28/10/2023 21:37	22.3	91.5	22.3	84.2	22.7	84.8	21.7	87.1	22.25	86.9
28/10/2023 21:47	21.8	94.3	21.6	86.5	22.1	86.4	21.2	88.1	21.67	88.83
28/10/2023 21:57	21.3	99.3	21.4	87.6	21.5	88.6	20.6	91.3	21.2	91.7
28/10/2023 22:07	21	99.9	20.7	90.4	21.1	90	20.2	92.5	20.75	93.2
28/10/2023 22:17	20.4	99.9	20.3	91.8	20.4	93.1	19.8	93.4	20.22	94.55
28/10/2023 22:28	20.1	99.9	20	91.5	20.1	93.5	19.4	93.8	19.9	94.68
28/10/2023 22:38	19.7	99.9	19.7	92.4	19.9	94	19	94.5	19.58	95.2

Figura 74: Datos del mes de octubre.

Este mes se registró incremento de la humedad relativa por encima de 90 %, pero la temperatura también llega entre 22 °C a los 36 °C, llegándose a formar la condición necesaria para que inicie la infección. A continuación se muestra con más detalle las medidas donde se produjo las situaciones de temperatura y humedad necesaria para que inicie el proceso de infección con mildiu y botrytis en las rosas.

Fecha - hora	T1	H1	T2	H2	T3	H3	T4	H4	T. prom	H. prom
18/10/2023 10:02	16	99.9	15.9	99	15.8	99.9	15.5	99.9	15.8	99.67
18/10/2023 10:13	16.3	99.9	16.1	99.9	16.1	99.9	15.9	99.9	16.1	99.9
18/10/2023 10:23	16.7	99.9	16.4	99.8	16.4	99.9	16.2	99.9	16.42	99.87
18/10/2023 10:33	16.4	99.9	16.4	97.9	16.4	99.9	16.1	98.8	16.32	99.12
18/10/2023 10:43	16.6	99.9	16.5	98	16.5	99.9	16.3	98.8	16.47	99.15
18/10/2023 10:54	17	99.9	16.8	96.5	16.7	99	16.7	97.3	16.8	98.18
18/10/2023 11:04	17.7	99.9	17.4	96.3	17.3	98.7	17.5	96.6	17.47	97.88
18/10/2023 11:14	18.2	99.9	18	94.2	18.2	95.3	18	94.4	18.1	95.95
18/10/2023 11:24	18.5	99.9	18.2	93.4	18.5	95.1	18.2	93.5	18.35	95.47
18/10/2023 11:35	19.4	99.9	19	93.1	19.3	95.2	19.2	92.5	19.23	95.18
18/10/2023 11:45	20.6	97.6	20.1	88.1	20.5	88.9	20.7	87.7	20.48	90.57
18/10/2023 11:55	22	89.2	21	84.9	21.7	85	21.8	84.3	21.62	85.85
18/10/2023 12:05	22.3	85.9	21.1	82.6	22	83.9	22.1	81.7	21.87	83.52
18/10/2023 12:16	22.9	79.4	21.6	80.2	22.4	79.7	23	79	22.48	79.57
18/10/2023 12:26	24	72.4	22.4	77.8	23.4	76.5	24.6	75.1	23.6	75.45
18/10/2023 12:36	25.6	67	23.1	75.4	24.8	71.5	25.6	72.4	24.77	71.57
18/10/2023 12:46	26.1	67.4	23.9	75.4	25.2	72.1	26.5	71.1	25.42	71.5
18/10/2023 12:56	26.3	67	23.7	76.4	25.5	71.6	25.9	73.5	25.35	72.12
18/10/2023 13:07	25.8	68.1	23.7	76.7	25.3	72.7	26.1	73.3	25.23	72.7
18/10/2023 13:17	25.7	72.8	24	79.5	25.7	75	25.1	78	25.12	76.32
18/10/2023 13:27	25.3	66.5	23.8	74.1	25.4	69.9	25.1	73.6	24.9	71.03
18/10/2023 13:37	25.4	68.9	24	76.1	25.6	71.8	24.9	75.7	24.98	73.12
18/10/2023 13:48	25.5	68.8	23.8	75.7	25.4	71.7	25.5	74.1	25.05	72.57
18/10/2023 13:58	26.2	68.5	24.6	75.3	26.3	70.9	26.3	73.6	25.85	72.08
18/10/2023 14:08	29.1	57.4	26	67.8	28.8	62.1	28.4	66.5	28.07	63.45
18/10/2023 14:18	31.3	54.3	28.3	66	30.6	58.7	32.1	61.8	30.57	60.2
18/10/2023 14:29	28.9	57	27	67.7	28.8	62.9	29.5	64.3	28.55	62.98
18/10/2023 14:39	31.3	52.3	28.4	64.9	31	57	32.7	60.1	30.85	58.57

Figura 75: Datos del día 18 del mes de octubre.

En esta fecha en particular el dispositivo electrónico de monitoreo registró los datos donde el comportamiento de la temperatura y humedad aparentan alcanzar a las condiciones favorables para que el mildiu y botrytis puedan germinar. Como se puede apreciar en la figura 75, a partir de las 11:24 am en adelante la temperatura supera 18 °C pero la humedad relativa se registra mayor a 95 % descendiendo a menor de 85 % a partir de las 12 del mediodía. Este suceso solo dura media hora no llegándose a considerar como una alarma de una posible infección en las rosas del invernadero.

Fecha - hora	T1	H1	T2	H2	T3	H3	T4	H4	T. prom	H. prom
24/10/2023 21:45	22.1	82.7	22.1	78.2	22.1	80.5	21.4	81.4	21.93	80.7
24/10/2023 21:56	21.4	86.2	21.5	79.5	21.6	82	20.8	84	21.33	82.93
24/10/2023 22:06	21.2	87.3	21.2	80.1	21.2	83	20.5	84	21.03	83.6
24/10/2023 22:16	20.5	91.8	20.5	83.5	20.6	86.3	19.9	86.7	20.37	87.07
24/10/2023 22:26	20.3	96.1	20.4	85.5	20.3	87.5	19.7	88.2	20.17	89.32
24/10/2023 22:37	19.8	99.9	19.9	86.8	19.9	89	19.2	89.7	19.7	91.35
24/10/2023 22:47	19.8	99.9	20.1	86.5	20	88.7	19.3	89.5	19.8	91.15
24/10/2023 22:57	20	99.9	20.2	86.9	20.1	88.7	19.5	89.4	19.95	91.22
24/10/2023 23:07	20.2	99.9	20.2	87.1	20.2	89.1	19.7	89.5	20.08	91.4
24/10/2023 23:18	20.3	99.9	20.2	87.3	20.3	89.3	19.8	89	20.15	91.37
24/10/2023 23:28	20.2	99.9	20.2	87.2	20.2	89.7	19.7	89.3	20.08	91.52
24/10/2023 23:38	20.1	98.8	20.1	86.5	20	88.9	19.7	88.6	19.98	90.7
24/10/2023 23:48	20.1	99.9	20.1	87.6	20	90	19.6	89.7	19.95	91.8
24/10/2023 23:58	20.3	99.9	20.1	88.7	20.2	90.5	19.8	90.6	20.1	92.43
25/10/2023 0:09	20.1	99.9	20	88.3	19.9	90.6	19.6	90.1	19.9	92.23
25/10/2023 0:19	20.1	99.9	20	88.3	19.9	91.2	19.5	90.6	19.87	92.5
25/10/2023 0:29	20.1	99.9	19.9	89.9	20	92	19.5	91.7	19.87	93.37
25/10/2023 0:39	19.9	99.9	19.7	89.9	19.6	92.4	19.3	91.5	19.62	93.43
25/10/2023 0:50	19.8	99.9	19.7	91.4	19.6	93.8	19.2	93.1	19.58	94.55
25/10/2023 1:00	19.7	99.9	19.6	90.4	19.6	92.5	19.2	91.9	19.53	93.67
25/10/2023 1:10	19.7	99.9	19.5	90.8	19.5	92.9	19.2	92.3	19.48	93.98
25/10/2023 1:20	19.6	99.9	19.6	90.7	19.4	93.6	19.1	92.3	19.42	94.12
25/10/2023 1:31	19.7	99.9	19.6	91.8	19.5	93.8	19.2	93	19.5	94.62
25/10/2023 1:41	19.6	99.9	19.5	91.6	19.4	94.4	19.1	93.3	19.4	94.8
25/10/2023 1:51	19.6	99.9	19.5	91.3	19.3	93.8	19.1	92.8	19.37	94.45
25/10/2023 2:01	19.6	99.9	19.4	91.7	19.4	94.2	19.1	93.2	19.37	94.75
25/10/2023 2:12	19.6	99.9	19.5	91.9	19.5	94	19.2	93.2	19.45	94.75
25/10/2023 2:22	19.7	99.9	19.4	91.9	19.5	94.1	19.1	93.3	19.42	94.8
25/10/2023 2:32	19.6	99.9	19.4	92.7	19.3	94.8	19.1	93.8	19.35	95.3
25/10/2023 2:42	19.6	99.9	19.4	92.2	19.4	94.9	19.1	93.6	19.37	95.15
25/10/2023 2:52	19.6	99.9	19.4	91.5	19.5	93.7	19.1	93.1	19.4	94.55
25/10/2023 3:03	19.6	99.9	19.4	91.8	19.4	93.7	19	93	19.35	94.6
25/10/2023 3:13	19.4	99.9	19.2	92.5	19.4	94.3	18.8	93.9	19.2	95.15
25/10/2023 3:23	19.4	99.9	19.2	92.8	19.2	94.4	18.9	93.7	19.17	95.2
25/10/2023 3:33	19.3	99.9	19.1	92.8	19.2	95	18.8	93.9	19.1	95.4
25/10/2023 3:44	19.2	99.9	18.9	93.7	19	95.9	18.6	94.8	18.92	96.07
25/10/2023 3:54	19.1	99.9	18.9	94.2	19	96.2	18.7	95.2	18.92	96.37
25/10/2023 4:04	19.1	99.9	19	93.6	18.9	95.8	18.6	95.1	18.9	96.1
25/10/2023 4:14	18.9	99.9	18.8	92.9	18.9	94.5	18.4	94.1	18.75	95.35
25/10/2023 4:25	18.9	99.9	18.8	93.7	18.7	95.3	18.4	94.7	18.7	95.9
25/10/2023 4:35	18.9	99.9	18.7	93.9	18.8	95.8	18.3	94.9	18.67	96.12
25/10/2023 4:45	18.8	99.9	18.6	94.1	18.7	95.9	18.4	95.1	18.62	96.25
25/10/2023 4:55	18.7	99.9	18.6	93.1	18.6	94.9	18.3	94.3	18.55	95.55
25/10/2023 5:05	18.7	99.9	18.5	94.3	18.6	96	18.2	95.1	18.5	96.33
25/10/2023 5:16	18.6	99.9	18.4	94.1	18.5	95.8	18.2	95.1	18.42	96.22
25/10/2023 5:26	18.6	99.9	18.4	95	18.5	96.4	18.1	97.2	18.4	97.12
25/10/2023 5:36	18.6	99.9	18.4	94.8	18.5	96.3	18.2	95.8	18.42	96.7
25/10/2023 5:46	18.5	99.9	18.2	95	18.4	96.3	17.9	97	18.25	97.05
25/10/2023 5:57	18.4	99.9	18.3	95.3	18.4	96.7	17.9	97.4	18.25	97.33
25/10/2023 6:07	18.3	99.9	18.1	96.7	18.3	96.8	17.8	97.8	18.12	97.8

Figura 76: Datos del día 24 y 25.

En la figura 76 podemos ver los datos obtenidos por el sistema electrónico en el invernadero de rosas, en las cuales las condiciones para la infección con mildiu y botrytis se dieron. A partir de las 22:06 horas de día 24 hasta las 5:16 horas del día

25 la temperatura fue mayor a 18 °C y la humedad relativa mayor a 85 %, esta condición duro más de 4 horas.

Esta condición genero una alerta donde se realizó una fumigación ya no preventiva más bien de control para el mildiu y botrytis, donde se pudo notar una reducción considerable de la afección en las plántulas de rosas.

Fecha - hora	T1	H1	T2	H2	T3	H3	T4	H4	T. prom	H. prom
28/10/2023 19:54	24.2	75.4	24.4	75.5	24.8	73.9	23.4	79	24.2	75.95
28/10/2023 20:04	22.9	84.3	22.9	81.1	23.3	82.1	22.2	83.5	22.83	82.75
28/10/2023 20:15	22.5	87.1	22.4	82.5	22.9	82.8	21.8	84.5	22.4	84.23
28/10/2023 20:25	22.2	87.5	22.3	82.4	22.6	83.2	21.6	84.6	22.17	84.42
28/10/2023 20:35	22.1	90.7	22	84.6	22.4	85.2	21.6	85.9	22.02	86.6
28/10/2023 20:45	22.3	88.5	22.1	82.8	22.5	83.4	21.8	84.5	22.17	84.8
28/10/2023 20:56	22.6	89.7	22.7	83.2	23.1	83.2	22.1	85.4	22.62	85.37
28/10/2023 21:06	22.5	88.1	22.3	82.2	23	82.2	21.9	84.3	22.43	84.2
28/10/2023 21:16	22.4	91.7	22.6	84.4	22.9	84.8	21.8	86.6	22.42	86.88
28/10/2023 21:26	22.9	92.5	22.9	84.8	23.3	85.2	22.2	87.2	22.83	87.43
28/10/2023 21:37	22.3	91.5	22.3	84.2	22.7	84.8	21.7	87.1	22.25	86.9
28/10/2023 21:47	21.8	94.3	21.6	86.5	22.1	86.4	21.2	88.1	21.67	88.83
28/10/2023 21:57	21.3	99.3	21.4	87.6	21.5	88.6	20.6	91.3	21.2	91.7
28/10/2023 22:07	21	99.9	20.7	90.4	21.1	90	20.2	92.5	20.75	93.2
28/10/2023 22:17	20.4	99.9	20.3	91.8	20.4	93.1	19.8	93.4	20.22	94.55
28/10/2023 22:28	20.1	99.9	20	91.5	20.1	93.5	19.4	93.8	19.9	94.68
28/10/2023 22:38	19.7	99.9	19.7	92.4	19.9	94	19	94.5	19.58	95.2
28/10/2023 22:48	19.4	99.9	19.4	92.5	19.4	94.5	18.8	94.4	19.25	95.32
28/10/2023 22:58	19.2	99.9	19.2	93	19.3	94.5	18.7	94.7	19.1	95.52
28/10/2023 23:09	19.4	99.9	19.4	93	19.6	94.4	18.9	94.9	19.33	95.55
28/10/2023 23:19	19.4	99.9	19.4	92.8	19.5	94.6	18.9	94.3	19.3	95.4
28/10/2023 23:29	19.4	99.9	19.3	93.4	19.5	95	18.9	94.9	19.27	95.8
28/10/2023 23:39	19.4	99.9	19.3	93.7	19.4	95.3	18.9	95.2	19.25	96.03
28/10/2023 23:50	19.4	99.9	19.4	93.9	19.3	95.7	18.9	95.2	19.25	96.18
29/10/2023 0:00	19.5	99.9	19.5	93.6	19.6	95.3	19	95.3	19.4	96.02
29/10/2023 0:10	19.4	99.9	19.2	92.8	19.3	94.4	18.8	94.4	19.17	95.37
29/10/2023 0:20	19.1	99.9	19.2	94.5	19.1	96.6	18.7	95.9	19.03	96.72
29/10/2023 0:31	19.1	99.9	18.8	95	19.1	95.8	18.5	96.4	18.87	96.78
29/10/2023 0:41	18.9	99.9	18.9	94.8	18.9	96.6	18.3	96.5	18.75	96.95
29/10/2023 0:51	18.7	99.9	18.7	95.1	18.7	97	18.2	96.9	18.58	97.22
29/10/2023 1:01	18.7	99.9	18.6	95.7	18.7	97.3	18.1	98.4	18.53	97.83
29/10/2023 1:11	18.7	99.9	18.8	96.2	18.8	97.4	18.2	98	18.62	97.87
29/10/2023 1:22	18.6	99.9	18.6	95.8	18.7	97.2	18.1	99.1	18.5	98
29/10/2023 1:32	18.6	99.9	18.6	96.1	18.5	97.9	18.1	98.7	18.45	98.15
29/10/2023 1:42	18.5	99.9	18.4	96.4	18.5	97.5	18	99.1	18.35	98.22
29/10/2023 1:52	18.5	99.9	18.4	95.7	18.4	97.5	18	98.5	18.33	97.9
29/10/2023 2:03	18.4	99.9	18.4	96.8	18.4	98.1	18.1	99.1	18.32	98.48
29/10/2023 2:13	18.5	99.9	18.4	96.1	18.5	97.8	18	98.9	18.35	98.17
29/10/2023 2:23	18.6	99.9	18.4	96.9	18.4	98.9	18	99.3	18.35	98.75
29/10/2023 2:33	18.5	99.9	18.4	96.8	18.4	98.9	18.1	99.4	18.35	98.75
29/10/2023 2:44	18.3	99.9	18.3	96.6	18.3	98.9	18	99.5	18.22	98.72
29/10/2023 2:54	18.3	99.9	18.3	97	18.2	99.1	18	99.3	18.2	98.82
29/10/2023 3:04	18.4	99.9	18.4	97.1	18.3	99	18	99.7	18.27	98.93
29/10/2023 3:14	18.4	99.9	18.3	97.4	18.3	99	17.9	99.7	18.22	99
29/10/2023 3:24	18.2	99.9	18.1	98.2	18.2	98.5	17.8	99.2	18.08	98.95

Figura 77: Datos de día 28 y 29.

En la figura 77 nos muestra el registro de datos en donde se puede apreciar que desde las 20:25 horas del día 28 hasta 1:32 horas del día 29 la temperatura está por encima de 18 °C y la humedad relativa se mantiene mayor a 85 %, este suceso ocurre cuando ya se aplicó la fumigación de control del mildiu y botrytis después de la primera alerta.



Figura 78: Mertect envase y etiqueta.

Después de tener la alerta el día 26 se realizó el control químico mediante la fumigación con mertect 500 SC de acuerdo con las indicaciones en su etiqueta que se muestra en la figura 78 y teniendo precaución con las instrucciones de uso y manejo de este agroquímico.

Este producto químico mertect, en sus indicaciones menciona la fumigación a inicios y como preventivo para el control de mildiu y botrytis en la planta huésped.

Seguidamente se expone las imágenes después de la alarma y la aplicación de productos químicos para el control de mildiu y botrytis.



Figura 79: Hojas de las rosas después de la fumigación con mertect.



Figura 80: Vista 8 días después de la alerta.



Figura 81: Vista 10 días después de la alerta.



Figura 82: Vista 18 días después de la alerta.

En la figura 82 muestra la afección con botrytis 18 días después de detectar una condición de temperatura y humedad, a pesar de la fumigación se puede apreciar visualmente los efectos del botrytis en algunos pétalos de rosas, pero no hay presencia de mildiu en las hojas por encima del punto de corte.

CAPÍTULO VI: COSTO Y PRESUPUESTO REFERENCIAL

6.1 COSTO Y PRESUPUESTO

PRESUPUESTO DE MATERIALES				
Detalle	Descripción	Cantidad	P. Unitario (S/.)	Sub. Total (s/.)
Componente electrónico	Tarjeta raspberry PI 3	1	350	350
	Sensor de temperatura y humedad DHT21	4	40	160
	Adaptador UAR TTL a RS485	2	80	160
	Convertidor de voltaje DC-DC LM2596	2	46	92
	Placa Blue Pill STM32	1	74	74
	Flex zócalo para rj45 x 5	2	65	130
	Conectores RJ45	4	1.8	7.2
	Modulo interfaz ST-LINK V2	1	80	80
	Cable adaptador USB Otg	1	50	50
	Cable USB 2.0 Macho-Hembra	1	45	45
	Modem 4G USB	1	70	70
	Tarjeta SIM Bitel 4G LTE	1	30	30
	Cable Cat5e Dixon (metros)	65	1.6	104
	Cables de conexión (metros)	5	2	10
Sistema fotovoltaico	Panel solar 12V 200W	1	300	300
	Controlador de carga 12V 60A	1	325	325
	Batería XF18-12 12V 18Ah Gel	1	285	285
	Borneras para baterías	2	20	40
	Terminal conector para cables	8	2	16
	Cable vulcanizado bipolar 14AWG (metros)	10	8	80
	Tornillo de fijación 1"	30	0.8	24
	Cinta aislante 3M	1	10	10
	Gabinete metálico 415 x 265 x 210mm	1	50	50
Instrumento de medición	Termo Higrómetro HTC-2	1	120	120
	Probador de cable de red RJ45	1	120	120
	Multímetro digital profesional UT89x	1	350	350
Material de escritorio	Laptop HP CORE I7	1	2800	2800
	Celular de gama media	1	950	950
	Micro SD 32Gb	1	80	80
	Memoria USB 3.0 32Gb	1	120	120
	Papel A4 (500 unids.)	2	35	70
	Cuaderno cuadriculado A4 100 hojas	1	20	20
	Lapiceros rojo y azul	2	5	10
Herramienta de trabajo	Caja para herramientas 20Kg	1	150	150
	Alicate crimpadora de red RJ45	1	55	55
	Alicate de corte 5"	1	15	15
	Alicate de punta 6"	1	18	18
	Desarmador estrella 3/16 de 4"	1	8	8
	Desarmador plano 3/16 de 4"	1	8	8
	Kit cautín 70W + pasta + estaño	1	120	120
Trabajo encargado	Impresión de documentos	1	200	200
	Diseño e impresión de la placa PCB	1	250	250
	Implementación del circuito	1	120	120
	Programación de los circuitos	2	200	400
	Diseño e impresión 3D caja de protección	2	150	300
TOTAL =				S/. 8,776.20

PRESUPUESTO DE ESTRUCTURA				
Detalle	Descripción	Cantidad	P. Unitario (S/.)	Sub. Total (S/.)
Material	Madera 100"x6"x3" (alt.xanch.x prof.)	2	65	130
	Tabla 60"x12"x1" (alt.xanch.x prof.)	1	47	47
	Cintas madera 120"x1"x1" (alt.xanch.x prof.)	2	26	52
	Calamina 0.22mm	1	47	47
	tornillo de fijación 1.5"	20	1.4	28
	tornillo de fijación 2"	15	1.8	27
Mano de obra	2 Personas incluye sus herramientas (martillo, serrucho, fluxómetro, taladro atornillador) (días)	6	90	540
			TOTAL =	S/. 871.00

PRESUPUESTO DE VIÁTICOS Y ESTADÍA				
Detalle	Descripción	Cantidad	P. Unit. (S/.)	Sub. Total (s/.)
Exploratorio	viaje de reconocimiento	3	80	240
	Estadía (días)	3	50	150
Instalación en el invernadero	Viaje para la instalación del sistema	1	80	80
	Estadía (días)	4	50	200
ajustes y descarga de datos	Viaje para realizar ajustes y recolección de datos	3	90	270
	Estadía (días)	3	60	180
			TOTAL =	S/. 1,120.00

RESUMEN DE PRESUPUESTO	
Detalle	Costo (s/.)
Presupuesto en materiales	S/. 8,776.20
Presupuesto de estructura	S/. 871.00
Presupuesto de viáticos y estadía	S/. 1,120.00
PRESUPUESTO TOTAL =	S/. 10,767.20

Este proyecto se realizó para un invernadero con cultivo de rosas que tiene un área de 1200 metros cuadrados con un ancho de 20 metros y 60 metros de largo, los costos mencionados en las tablas son referenciales.

A continuación detallamos las pérdidas ocasionadas por las enfermedades de mildiu vellosa y botrytis cinera.

Cosecha semanal de 70 paquetes, cada paquete contiene 24 rosas.

Cosecha mensual de 280 paquetes

Cosecha cuando hay presencia de enfermedades 30 paquetes por semana.

Cosecha mensual de 120 paquetes.

Duración de la presencia de enfermedades: diciembre, enero, febrero y marzo, un total de 4 meses.

Perdida por mes 240 paquetes

Perdida por temporada (en 4 meses) 960 paquetes

Los costos por paquete de rosas oscilan entre 10 y 17 soles en los meses de octubre a marzo.

Realizando los cálculos:

$$\text{perdidas} = 960 \text{ paquetes} * 10 \text{ soles} = 9600 \text{ soles}$$

Estas pérdidas ocasionadas por las enfermedades son a pesar de realizar los controles culturales, control preventivo y control para detener el proceso de infección. Cuando no se realiza ninguna acción preventiva ni de control, estas ocasionan estragos en las plantas y se tiene una cosecha de cero paquetes para venta solo se realiza el recojo de ramos infectados para compostaje.

Costos de recuperación se consideró desde que el sistema de monitoreo se instaló, referente a los meses de febrero, marzo y abril, donde la enfermedad seguía presente. Y desde el mes de mayo hay un cambio climático de temporada de lluvia a temporada de sequía, la enfermedad ya se tiene controlada y el sistema de monitoreo se mantiene funcionando.

En febrero se cosecho 35 paquetes por semana, teniendo 140 en el mes

En marzo se cosecho 54 paquetes semanales, teniendo 216 paquetes en el mes

En abril se cosecho 65 paquetes por semana, teniendo 260 paquetes en el mes.

La recuperación fue progresiva, nos permitió detectar la condición favorable para la germinación del moho gris y del peronospora sparsa.

6.2 ANÁLISIS VAN Y TIR

Para realizar el análisis, tenemos los datos del flujo de caja del año 2022, luego de una post pandemia donde el capital adquisitivo de las personas estaba muy baja, además las flores no formaba parte de artículos de primera necesidad. Los gastos superan los ingresos en los primeros meses causados por las enfermedades de las rosas y las ventas de las mismas, como podemos apreciar en la siguiente tabla.

FUJO DE CAJA 2022														
Meses	2021	enero	febreo	marzo	abril	mayo	junio	julio	agosto	setiembre	octubre	noviembre	diciembre	Total (\$/.)
ingresos														
1. Ingresos		1100.00	1155.00	1212.75	1273.39	1337.06	1403.91	1474.11	1547.81	1625.20	1706.46	1791.78	1881.37	17508.84
2. Ventas	3000.00	1900.00	1300.00	1500.00	2700.00	4000.00	3200.00	3300.00	3800.00	4100.00	3100.00	2900.00	4300.00	39100.00
Total de ingresos		3000.00	2455.00	2712.75	3973.39	5337.06	4603.91	4774.11	5347.81	5725.20	4806.46	4691.78	6181.37	53608.84
Egresos														
1. Compras		1100.00	1155.00	1212.75	1273.39	1337.06	1403.91	1474.11	1547.81	1625.20	1706.46	1791.78	1881.37	17508.84
2. pasajes		200.00	150.00	170.00	300.00	360.00	300.00	320.00	340.00	380.00	300.00	280.00	500.00	3600.00
3. salario		2100.00	2200.00	2200.00	2200.00	2200.00	2200.00	2200.00	2200.00	2200.00	2200.00	2200.00	2200.00	26300.00
4. Gasolina		40.00	35.00	30.00	40.00	40.00	30.00	35.00	35.00	35.00	30.00	35.00	50.00	435.00
Total egresos		3440.00	3540.00	3612.75	3813.39	3937.06	3933.91	4029.11	4122.81	4240.20	4236.46	4306.78	4631.37	47843.84
Excedente o deficit		-440.00	-1085.00	-900.00	160.00	1400.00	670.00	745.00	1225.00	1485.00	570.00	385.00	1550.00	5765.00
Saldo acumulado		-440.00	-1525.00	-2425.00	-2265.00	-865.00	-195.00	550.00	1775.00	3260.00	3830.00	4215.00	5765.00	

Luego de ver la posibilidad de contar con un sistema electrónico de monitoreo remoto, realizamos la fluidez en caja proyectado hasta el año 2026.

FLUJO DE CAJA PROYECTADO						
Años	2022	2023	2024	2025	2026	Total
ingresos						
1. Ingresos	17508.84	18734.46	20045.87	21449.08	24451.95	102190.20
2. Ventas	39100.00	39882.00	42274.92	47347.91	55870.53	224475.36
Total de ingresos	53608.84	58616.46	62320.79	68796.99	80322.49	323665.56
Egresos						
1. Compras	17508.84	18734.46	20045.87	22451.37	26941.65	105682.19
2. pasajes	3600.00	4320.00	5616.00	7300.80	10221.12	31057.92
3. salario	26300.00	27089.00	28443.45	29865.62	31358.90	143056.98
4. Gasolina	435.00	522.00	783.00	1174.50	1761.75	4676.25
Total egresos	47843.84	50665.46	54888.32	60792.30	70283.42	284473.34
Excedente o deficit	5765.00	7951.00	7432.47	8004.69	10039.06	39192.23
Saldo acumulado	5765.00	13716.00	21148.47	29153.16	39192.23	

Luego tenemos algunos datos.

Datos	Valores
Numero de periodos	5
Tipo de periodo	Anual
Tasa de descuento	10%

Para mejor entendimiento del flujo de caja proyectada recolectamos los datos necesarios para realizar los cálculos en la tabla siguiente:

FLUJO DE CAJA						
PERIODO						
AÑO	2022	2023	2024	2025	2026	
detalle	0	1	2	3	4	5
FLUJO NETO EFECTIVO PROYECTADO (FNE)	-10767.02	5765	7951	7432.47	8004.79	1039.06

Tenemos la fórmula para el cálculo de valor neto actual (VAN)

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+k)^j}$$

$$VAN = -I_0 + \frac{F_1}{(1+k)} + \frac{F_2}{(1+k)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+k)^n}$$

En la siguiente tabla realizamos los cálculos previos

Nro	FNE	(1+i)^A	FNE/[(1+i)^A]
0	-10767.02		-10767.02
1	5765	1.10	5240.91
2	7951	1.21	6571.07
3	7432.47	1.33	5584.12
4	8004.79	1.46	5467.38
5	1039.06	1.61	645.17
			12741.64

Reemplazando en la formula tenemos el VAN

$$VAN = 12741.64$$

Luego se realiza el cálculo de la tasa de rentabilidad TIR (tasa interna de retorno)

$$VAN = -I_0 + \sum_{j=1}^n \frac{F_j}{(1+TIR)^j} = 0$$

$$VAN = -I_0 + \frac{F_1}{(1+TIR)} + \frac{F_2}{(1+TIR)^2} + \dots + \frac{F_n}{(1+TIR)^n} = 0$$

Nos da un valor de:

$$TIR\% = 53\%$$

Con este valor de 53 % podemos decir que es superior a la tasa de descuento, en consecuencia el proyecto es viable, además se realizó su pronta ejecución.

CONCLUSIONES

- Se diseñó un sistema electrónico de supervisión automático para detectar las condiciones ambientales de las enfermedades en el cultivo de rosas en invernadero del distrito de Huayopata - La Convención. Funcionando de manera ininterrumpida desde el montaje del sistema electrónico en el invernadero hasta la presentación de la tesis, teniendo un total de 10 meses de funcionamiento y aún continúa registrando datos en el mismo invernadero.
- Se diseñó el sistema electrónico de monitoreo para la temperatura y humedad, contando con la elección de los sensores a utilizarse en el proyecto. empleándose los sensores DHT21 que posee un sensor resistivo para temperatura y un sensor capacitivo para la humedad. Registrando en sus medidas como temperaturas mínimas de 15 °C y un máximo de 35 °C, humedad relativa de 60 % y un máximo de 99.9 %.
- Se implementó el sistema electrónico automático para el monitoreo remoto, registrando las medidas en grados centígrados de temperatura y en porcentajes de humedad. Los registros se realizan las 24 horas del día y se almacenan en una tarjeta sd durante 30 días, estos datos se puede acceder de manera remota y descargar en formato Excel para su análisis. En la página 86 expone las medidas obtenidos durante un mes.
- Se estructuró e implementó un sistema de panel solar para la alimentación del sistema de monitoreo en conjunto. Implementándose un sistema fotovoltaico autónomo, el cual es independiente del suministro de energía domiciliaria, de este modo se garantiza la alimentación al sistema las 24 horas del día. Los resultados del diseño para el sistema de monitoreo que consume 109.68 W por día nos da el uso de un módulo panel solar de 15 W, una batería o acumulador de energía de 12 V a 18 Ah y un regulador de carga de 30 A a 12 V.
- Se diseñó el software que permitió integrar y gestionar el sistemas electrónico de monitoreo automático y el aplicativo para el usuario, el software en el nodo de sensores es el responsable de recibir las señales provenientes de los sensores, los acondiciona y envía al módulo transmisor, este se encarga de registrar los datos y realizar la comunicación mediante la tecnología 4G de internet aun dispositivo del usuario. La alerta detectada entre 18 °C a 25 °C de temperatura y mayor a 85 % de humedad relativa a las 22:06 horas del día 24

hasta las 5:16 horas del día 25 del mes de octubre permitió la fumigación temprana con mertect para contener las enfermedades de mildiu y botrytis, lográndose la contención de estas enfermedades.

- Se realizó las pruebas y validación al prototipo del sistema de monitoreo en el invernadero con el aplicativo para su uso, así mismo la validación se realizó a través de un termo higrómetro cuya certificación es de fábrica y cuyas medias fueron contrastados con los datos registrados por SENAMI. La interfaz usuario muestra la temperatura y humedad relativa en forma numérica, también se puede ver la gráfica registrada durante el día.
- Se realizó el montaje del sistema electrónico de monitoreo en el invernadero, para cumplir este objetivo se tuvo que construir una infraestructura donde se soporta el sistema electrónico de monitoreo y el sistema fotovoltaico haciendo que esta sea accesible para su mantenimiento y este protegido de agroquímicos usados en la fumigación.
- El sistema de monitoreo electrónico se mantuvo en funcionamiento desde su instalación y durante la toma de datos de la investigación, detectando sucesos que permitieron realizar las acciones de control del mildiu y botrytis como consecuencia se redujo las pérdidas en la cosecha de rosas. Así mismo se está evaluando la existencia de una vinculación con otras afecciones con datos obtenidos por el sistema de monitoreo electrónico que atacan el cultivo de rosas como son: oidio, arañas y pulgones.
- El sistema electrónico dio la alerta de las condiciones para la germinación de las enfermedades registrándose dicha ocurrencia a las 8:00 pm de la noche hasta las 5:00 am del día siguiente, lo que no se podría realizar mediciones manualmente dentro del invernadero a esas horas por la distancia a las instalaciones de la vivienda principal.

RECOMENDACIONES Y SUGERENCIAS

- Se recomienda tener en cuenta cuando se realicen investigaciones similares en lugares alejados que dependan de la tecnología 4G, las tormentas eléctricas y las precipitaciones intensas hace que este servicio sea interrumpidas por horas y hasta por días, influyendo de manera considerable en la comunicación del sistema de monitoreo con la interfaz usuario.
- Se recomienda realizar el dimensionamiento del sistema fotovoltaico considerando los obstáculos como árboles, construcciones que obstaculizan el impacto de la luz sobre el panel solar, esto con la finalidad de que las baterías se carguen por completo para tener una alimentación durante la noche hasta que al día siguiente con la luz del vuelva a cargarse. Así mismo es recomendable utilizar baterías con gel por su buen rendimiento y no requiere de mantenimiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, P., García, R., Mora, M., Gonzáles, J., & Salgado, M. (2013). Estado actual de peronospora sparsa, causante del Mildiu Velloso en Rosa. *Revista mexicana de fitopatología*, 31 (2), 113-125.
- Alzate, E. e. (2007). *Medición de temperatura: sensores termoeléctricos [Universidad Tecnológica de Pereira]*. Colombia.
- Ayala, M. (2008). *Diversidad genética de Peronospora sparsa (peronosporaceae) en cultivos de rosa de Colombia*. Medellín - Colombia: Laboratorio de estudios moleculares.
- Barroso, A. (2015). *Control y monitorización de un invernadero a través de una aplicación móvil*. Madrid: universidad politecnica de madrid.
- Benito, E., Arranz, M., & Eslava, A. (2000). *Factores de patogeneidad de botrytis cinérea [Área de genética. Departamento de microbiología y genética. Universidad de Salamanca]*. España.
- Chapra, S., & Canale, R. (2006). *Metodos numéricos para ingenieros (Vol. V)*. Mexico: McGrawHill.
- Condori, R. T. (2022). *Estudio de la eficiencia actual de los paneles fotovoltaicos instalados en el proyecto fitel 2 en el ámbito rural de la región cusco [Tesis de grado. Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco]*. Cusco - Perú: Repositorio escuela profesional de Ingenieria Electronica.
- DIXON. (2000). *Especificaciones técnicas cable utp CAT 5*. Obtenido de <http://www.kroton.com.pe>
- Espi, E. (2012). Materiales de cubierta para invernaderos. *Centro de tecnología Repsol*, págs. 2-3.
- Estévez, J. (2004). *Evaluación de los efectos y comportamientos fisiológicos de dos variedades de rosas "Rosa floribunda old fasion variedad Charlotte y Rosa floribunda hybrid tea variedad Vendela" bajo condiciones ambientales controladas en la finca "terrafrut" del sector G*. Ibarra - Ecuador.
- Fainstein, R. (1997). *Manual para el cultivo de rosas en Latinoamérica [Quito]*. Ecuador.
- Falconi, C. E. (2023). *introduccion de bacillus subtilis en el manejo integrado del moho gris (botrytis cinerea) en el cultivo de rosa*. Sangolqui _ Ecuador: ESPE.
- Gamboa, L. (1989). *El cultivo de la rosa de corte [Escuela de Fitotecnia Programa de comunicación agrícola. San José]*. Costa Rica: Editorial Universitaria.
- Gomez, J. e. (2017). *Sistema de internet de las cosas (iot) para el monitoreo de cultivos protegidos [Universidad de Cordoba]*. Monteria - Córdoba: repositorio institucional.

- Guillen, I. (2021). *Modelo de implementación para el monitoreo y control de condiciones ambientales basados con tecnologías de arduino y raspberry [Tesis de maestro. Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa]*. Arequipa - Perú: repositorio institucional.
- Hauser, E. &. (2021). *Elemento sensor de termo resistencia, elemento de inserción con aislamiento minera [Información técnica]*. Obtenido de <https://bdihprodassetcentralapiassetcentralrestsrv.cfapps.eu10.hana.ondemand.com/files>
- López, D. (2019). *Construcción de un invernadero y la implementación de diferentes técnicas de control para la humedad y temperatura [Trabajo fin de master. Escuela Técnica Superior de Ingeniería y Diseño Industrial]*. Madrid.
- Mamani, M. V. (2017). *Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola*. Chile: Revista chilena de ingeniería.
- Metas metro logos asociados. (2008). *Sensores de humedad tipos y aplicaciones. Artículos e información técnica*.
- Meteogram. (2023). *Hora de salida y puesta de sol*. Obtenido de <https://meteogram.es/sol/peru/cusco>
- Morales, K. S. (2020). *diseño de un sistema de control automatizado para medir temperatura, humedad y riego de un invernadero de solanum lycopersicum, centro poblado de marian - huaraz, 2018*. Huaraz - Perú: Universidad Católica de los Angeles.
- Perpiñán, L. (2023). *Energía solar fotovoltaica*. Obtenido de energía solar fotovoltaica: <https://github.com/oscarperpinan/esf>
- Pineda, C. R. (2022). *Ciudades inteligentes e internet de las cosas: propuesta y casos de uso [ciencia de los datos. Tecnológico Nacional de México]*. Mexico: Repositorio institucional.
- Pozo, J. M. (2021). *Diseño de un sistema de monitoreo para un invernadero experimental basado en una red de sensores [tesis de grado. Pontificia Universidad Católica del Perú]*. Lima : repositorio institucional.
- Pozo, M. J. (2021). *Diseño de un sistema de monitoreo para un invernadero experimental basado en una red de sensores [Tesis de grado. Pontificia Universidad Católica del Perú]*. Lima , Perú: repositorio institucional.
- Rodriguez, R. e. (2017). *Caracterización de sensores de temperatura termopar, termistor y rtd [Universidad Distrital Francisco José de caldas]*. Obtenido de <https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/7302/>
- Salazar, J. S. (2016). *Internet de las cosas*. Obtenido de Internet de las cosas: <http://www.techpedia.eu>

- Sebastian, E. (3 de Setiembre de 2019). *Radiación solar irradiación e insolación*. Obtenido de <https://eliseosebastian.com/radiacion-solar-irradiancia-e-insolacion>
- SENAMHI. (2003). *Mapa por departamentos de irradiación solar*. Obtenido de <http://dger.minem.gob.pe/atlassolar/>
- Tarqui, M., & Mena, F. (Mayo de 2017). Temperatura foliar de la lechuga (*lactuca sativa*) y aire influenciada por el déficit de presión de vapor [Universidad Mayor de San Andres]. *Revista de Investigacion e Innovación Agropecuaria y de Recursos Naturales*.
- Torres, H. (2016). *Software de simulación de circuitos y diseño de PCB - EasyEda*. Obtenido de <https://hetpro-store.com>
- Torrillas, L. (2014). *Sistema Fotovoltaico Autónomo para Casa Rural [trabajo fin de grado en Ingeniería Electrica. Universidad Carlos III de Madrid]*. Madrid.
- Yong, A. (2004). El cultivo del rosal y su propagación. *Revistas científicas de América Latina*, 25, 1-16. Recuperado el 25 de marzo de 2019, de <http://www.redalyc.org/pdf/1932/193217832008.pdf>
- Zieslin, N. (1997). *Conferencia sobre: Las bases fisiológicas del rosal [Quito]*. Ecuador.

ANEXOS

ANEXO A: HOJA TÉCNICA DEL SISTEMA FOTOVOLTAICO



Batería para UPS Oxford XF18-12



Especificaciones Técnicas

Voltios:	12
Amperios (Ah):	18
Potencia Arranque (A):	Almacenaje
Número de Placas:	VRLA
Polaridad:	Izquierda
RC:	20
Medida (largo x ancho x alto):	181 x 77 x 167 mm
Peso:	5.25 Kg

We Make Solar Evolve

EiTe POLY

Polycrystalline Module

ET-P672(H)325-340WW/WB



MANAGEMENT SYSTEM

ISO 9001: Quality management system
 ISO 14001: Standard for environmental management system
 OHSAS 18001: International standard for occupational health and safety management system

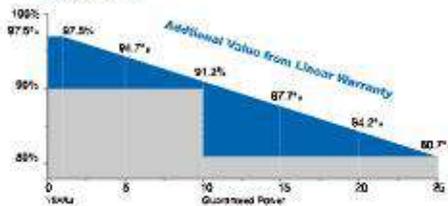
INSURANCE



PRODUCT CERTIFICATES



WARRANTY



10 YEARS

Guarantee on product material and workmanship

25 YEARS

Linear power output warranty

KEY FEATURES



Bankable products



Top rank in Photon yield measurement



Safety for salt mist corrosion
 Safety for ammonia corrosion



Safety for fire risk
 (Class C tested in TÜV SÜD and Rheinland)



Outstanding power output capability at low irradiance



Triple 100% Electro-luminescence (EL) tests minimize breakage rate



World 1st company to pass "Thresher Test" and "On-site Power Measurement Validation" certificate



Anti-PID products, passing TÜV SÜD system voltage durability test



Tested and certified according to newest IEC standard
 IEC61730-1:2016 IEC61215-1:2016
 IEC61730-2:2016 IEC61215-2:2016



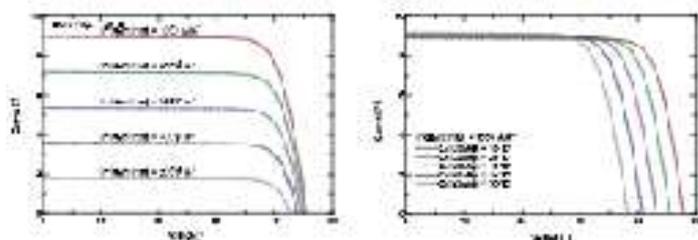
W1E1P672(H)325-340WW/WB

Electrical Characteristics

Metric Unit Type	ET-P672(26)AW/WB ET-PE72-26AW/WB		ET-P672(33)HW/WB ET-PE72-33HW/WB		ET-P672(36)AW/WB ET-PE72-36AW/WB		ET-P672(42)HW/WB ET-PE72-42HW/WB	
	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.	Min.	Max.
Maximum Power P_{max} (W)	325	340	330	344	325	340	340	357
Open Circuit Voltage V_{oc} (V)	40.7	42.1	40.9	42.4	40.5	42.4	40.4	42.8
Short Circuit Current I_{sc} (A)	8.03	7.90	8.12	7.87	8.12	7.97	8.30	7.68
Maximum Power Current I_{mp} (A)	37.3	36.6	37.0	35.0	37.0	35.0	37.6	36.3
Maximum Power Current I_{mp} (A)	8.72	8.45	8.80	8.55	8.60	8.30	8.80	7.19
Module Efficiency η_{mod} (%)	16.7W/16.03		17.01/16.28		17.01/16.48		17.30/17.80	
Power Factor $\cos \phi$	0.9594							
Maximum System Voltage (V)	1000VDC/1500VAC							
Maximum Series Fuse Rating (A)	25A							
Peak Temperature Coefficient	-0.35 %/°C							
Vin Temperature Coefficient	-0.20 %/°C							
Voc Temperature Coefficient	+0.02 %/°C							
Operating Temperature	-40 ~ +65 °C							
Relative Operating Cell Temperature	+5 ~ 2 °C							

STC: irradiance 1000 W/m², module temperature 25°C, AM=1.5
 NOCT: irradiance 800 W/m², ambient temperature 30°C, wind speed 1 m/s. Power measurement tolerance: ±3%

Curve



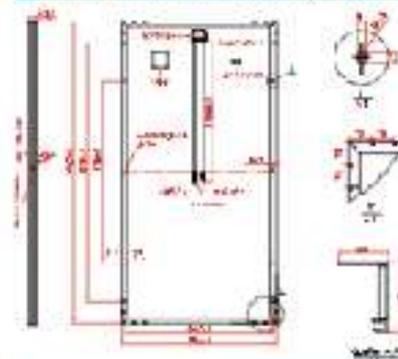
Mechanical Specifications

External Dimension	1550 x 992 x 40mm/1977 ± 380 ± 40mm
Weight	21.5kg/22.0kg
Outer Gull	only available 128.75 x 128.75 mm (72cell)
Trans Glass	3.2 mm AR coating tempered glass, 3mm min.
Frame	Anodized aluminum alloy
Mounting Pin	IP67
Cable Girth	4.0 (max) cable length 1130 mm
Connector	MC4 Compatible
Electrical Load	5440 Pa

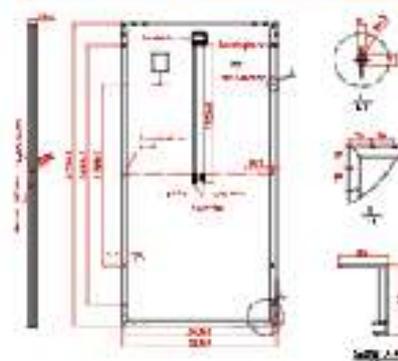
Packing Configuration

External Dimension	1950 x 952 x 40mm/1978 ± 932 ± 42mm
Container	23'GP 43'GP
Pieces per Pallet	27 27
Pieces per Container	729 864
Pieces per Container	270 324

Technical drawing(ET-P672XXXYZ)



Technical drawing(ET-P672HXXYZ)



4.0mm max.
 1.5mm max. (cable length 1130mm)
 1.5mm max. (cable length 1130mm)

Solar Power Controller 12v 24v 20 Amp Pwm



Model	YJSS 10	YJSS 20	YJSS 30
System voltage	12V / 24V Automatic adaptation		
Rated charging current	10A	20A	30A
Rated discharge current	10A		
Maximum PV voltage	12V system<23V/24V system<46V		
Increase charging voltage	b1Sealed type	b2Gel type	b3Open type
	14.4V	14.2V	14.6V
Floating charge voltage	13.7,(Adjustable range: 12.7-15V)		
Discharge cut-off voltage	10.7V,(Adjustable range: 9V-11.3V)		
Discharge recovery voltage	12.6V,(Adjustable range: 11.5V-13V)		
USB output	5V/2A		
Standby current	<10mA		
Working temperature	-35~+60°C		
Size / weight	133*70*35mm/132g		

ANEXO B: DETALLES TÉCNICOS DE LOS EQUIPOS UTILIZADOS

HTC-2 Termo-higrómetro



Especificaciones

Rango de temperatura:
Interior: -10 °C a +50 °C
Exterior: -50 °C a +70 °C

Rango de humedad:
Interior: 20% a 99% H.R.
(Cuando la humedad es <20% H.R., muestra 10% H.R. directamente).

Alimentación : 1,5V (tamaño AAA x1)

Funciones

- Pantalla de temperatura interior / exterior; pantalla de humedad interior.
- Unidad de temperatura °C / °F cambiabile.
- Memoria de valores MAX / MIN de temperatura y humedad.
- Dos modos de visualización de la hora 12h/24h.
- Función de visualización del reloj y la fecha que cambia automáticamente en 5 segundos entre el reloj y la fecha.
- Función de alarma horaria.
- Función de alarma diaria.
- Muestra automáticamente la temperatura interior y exterior alternativamente en 5 segundos.

Operación

- Abra la tapa del compartimento de la batería, saque el aislante de polaridad, coloque la tapa, luego el medidor comienza a funcionar.

- Función de botones
(MODE) cambia el modo de visualización de CLOCK y ALARM, establece la hora actual, alarma, visualización de 12h/24h y fecha.
(ADJ) ajusta el valor de lo que se está configurando.
(°C / °F) cambia la unidad de temperatura entre Celsius (°C) y Fahrenheit (°F).
(RESET) borra todos los valores establecidos en la memoria, todos los valores vuelven al original.
(MEMORY) presione para mostrar los valores de temperatura y humedad MAX y MIN memorizados.

- En estado de original, presione y mantenga presionado (MODE) durante 2 segundos, el valor de los minutos parpadea, presione (ADJ) para ajustar el valor de los minutos, presione (MODE) continuamente, puede ajustar el valor de la hora en 12h/24h, fecha (D), mes (M) respectivamente.

- Bajo el modo CLOCK, entre el valor de la hora y el valor de los minutos parpadea cada segundo, presione (MODE) una vez, cambie el modo CLOCK al modo ALARM, luego * entre el valor de la hora y el valor de los minutos no parpadea, ahora, presione el botón (ADJ), puede encender / apagar la función de ALARM. Mantenga pulsado (MODE) durante 2 segundos para configurar el tiempo de ALARMA.

- En modo ALARM, el medidor volverá al modo RELOJ si no hay ninguna operación en 1 minuto. Presione (MODE) una vez, cambie la pantalla a la fecha y el medidor regresará automáticamente al modo CLOCK en 3 segundos.

- Pulse el botón (MEMORY) para visualizar los valores MAX / MIN de temperatura y humedad. Presione (MEMORY) durante 2 segundos, luego los valores MAX / MIN memorizados se borran, el medidor comienza a memorizar nuevos valores MAX / MIN.

Atenciones

- Presione el botón (RESET) por una vez cuando el medidor se usa por primera vez o se reemplaza la batería.
- Presione el botón (RESET) por una vez si aparece alguna pantalla anormal.
- Coloque la batería reemplazada en puntos de acopio establecidos no en basureros.
- El periodo de garantía es de tres meses a contar de su compra.

Programador STM ST-LINK V2 de microcontroladores STM8 y STM32



Características

- PCB instalada en el interior del armazón de aluminio del tipo U-Shell, portátil, robusta, segura y confiable
- Definición de pines de interfaz directamente impresa en la carcasa, clara, conveniente y práctica
- Niveles lógicos de 5V y 3.3V, lo que le permite programar su placa tanto con 5V y 3.3V
- Fusible interno reseteable de 500mA para proteger el ordenador.
- LED indicadores de color rojo y azul, que permite observar siempre las condiciones de trabajo del ST-LINK V2
- Incluye cable de 4 líneas DuPont, para que pueda programar fácilmente diferentes placas de destino

Software soportados

- ST - LINK Utility 2.0 o superior
- STVD 2 o superior
- STVP 3.2.3 o superior
- IAR EWARM V6.20 o superior
- IAR EWSTM8 V1.30 o superior
- KEIL RVMDK V4.21 o superior
- Admite cambio automático de firmware

Especificaciones

- Alimentación USB de 5 V
- Interfaz USB 2.0 de alta velocidad compatible
- Voltaje de aplicación de 1.65 V a 5.5 V compatible con la interfaz SWIM
- SWIM de baja velocidad y modos de alta velocidad compatibles
- Velocidad de programación de SWIM: 9.7 Kbytes / s en baja velocidad y 12.8 Kbytes / s en alta velocidad
- JTAG soportado, características específicas de JTAG / serial wire debugging (SWD):
- Voltaje de aplicación de 1.65 V a 3.6 V admitido en la interfaz JTAG / SWD y entradas de 5 V tolerantes
- Compatible con SWD y comunicación de visor de cables serie (SWV)
- Se admite la función de actualización directa de firmware (DFU)
- LED de estado que parpadea durante la comunicación con la PC

Pinza Amperimétrica Digital PR-54 PRASEK



ESPECIFICACIONES

FUNCIÓN	RANGO	TOLERANCIA
CORRIENTE AC (A)	40A/400A	$\pm(2.5\%+5)$
CORRIENTE DC (A)	40A/400A	$\pm(2.0\%+3)$
VOLTAJE AC (V)	4V/40V/400V/600V	$\pm(1.2\%+5)$
VOLTAJE DC (V)	400mV/4V/40V/400V/600V	$\pm(0.8\%+1)$
RESISTENCIA (Ohm)	400Ohm/4KOhm/40KOhm/400KOhm/4MOhm/40MOhm	$\pm(1\%+2)$
FRECUENCIA (Hz)	10Hz ~ 10MHz	$\pm(0.1\%+3)$

FUNCIONES ESPECIALES

CONTADOR DISPLAY	3999
RANGO	Automático
CAPACIDAD DE MORDAZA	28mm
DIODO	Si
CICLO DE TRABAJO	0.1% ~ 99.9%
ZUMBADOR DE CONTINUIDAD	Si
TRANSISTOR	No
SALIDA DE ONDA CUADRADA	No
RETENCIÓN DE DATOS	Si
AUTO OFF	Si
INDICADOR DE BATERÍA BAJA	Si
PANTALLA RETROILUMINADA	Si

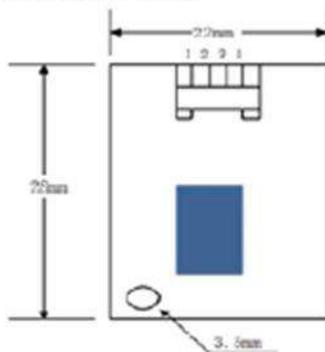
HM2301 Digital-output humidity and temperature sensor

Technical Specification:

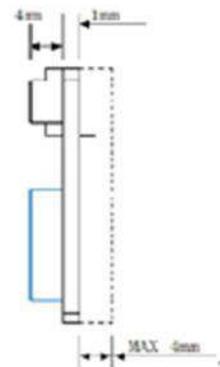
Model	HM2301
Power supply	3.3-5V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer humidity capacitor
Measuring range	humidity 0-100%RH; temperature -40 - 80Celsius
Accuracy	humidity +/-3%RH(Max +/-5%RH); temperature < +/-1Celsius
Resolution or sensitivity	humidity 0.1%RH; temperature 0.1Celsius
Repeatability	humidity +/-1%RH; temperature +/-0.2Celsius
Humidity hysteresis	+/-0.3%RH
Long-term Stability	+/-0.5%RH/year
Sensing period	Average: 2s
Interchangeability	fully interchangeable
Dimensions	size 22*28*5mm



Dimensions: (unit—mm)

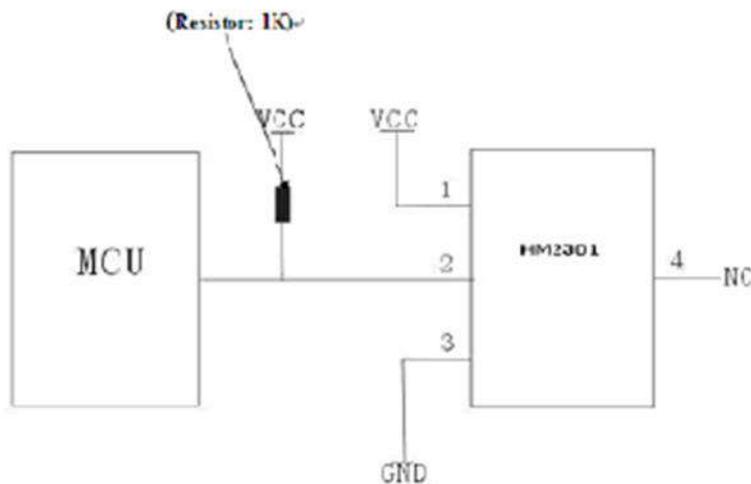


Front view



Side elevation

Electrical connection diagram:



Electrical Characteristics:

Item	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3.3	5	5.5	V
Current supply	Measuring	1.3	1.5	2.1	mA
	Average	0.5	0.8	1.1	mA
Collecting period	Second	1.7		2	Second

- Collecting period should be : >1.7 second.

Attentions of application:**(1) Operating and storage conditions**

We don't recommend the applying RH-range beyond the range stated in this specification. The DHT21 sensor can recover after working in non-normal operating condition to calibrated status, but will accelerate sensors' aging.

(2) Attentions to chemical materials

Vapor from chemical materials may interfere HM2301's sensitive-elements and debase V's sensitivity.

(3) Disposal when (1) & (2) happens

Step one: Keep the HM2301 sensor at condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10%RH for 2 hours;

Step two: After step one, keep the DHT21 sensor at condition of Temperature 20~30Celsius, humidity >70%RH for 5 hours.

(4) Attention to temperature's affection

Relative humidity strongly depend on temperature, that is why we use temperature compensation technology to ensure accurate measurement of RH. But it's still be much better to keep the sensor at same temperature when sensing.

HM2301 should be mounted at the place as far as possible from parts that may cause change to temperature.

(5) Attentions to light

Long time exposure to strong light and ultraviolet may debase HM2301's performance.

(6) Attentions to connection wires

The connection wires' quality will effect communication's quality and distance, high quality shielding-wire is recommended.

(7) Other attentions

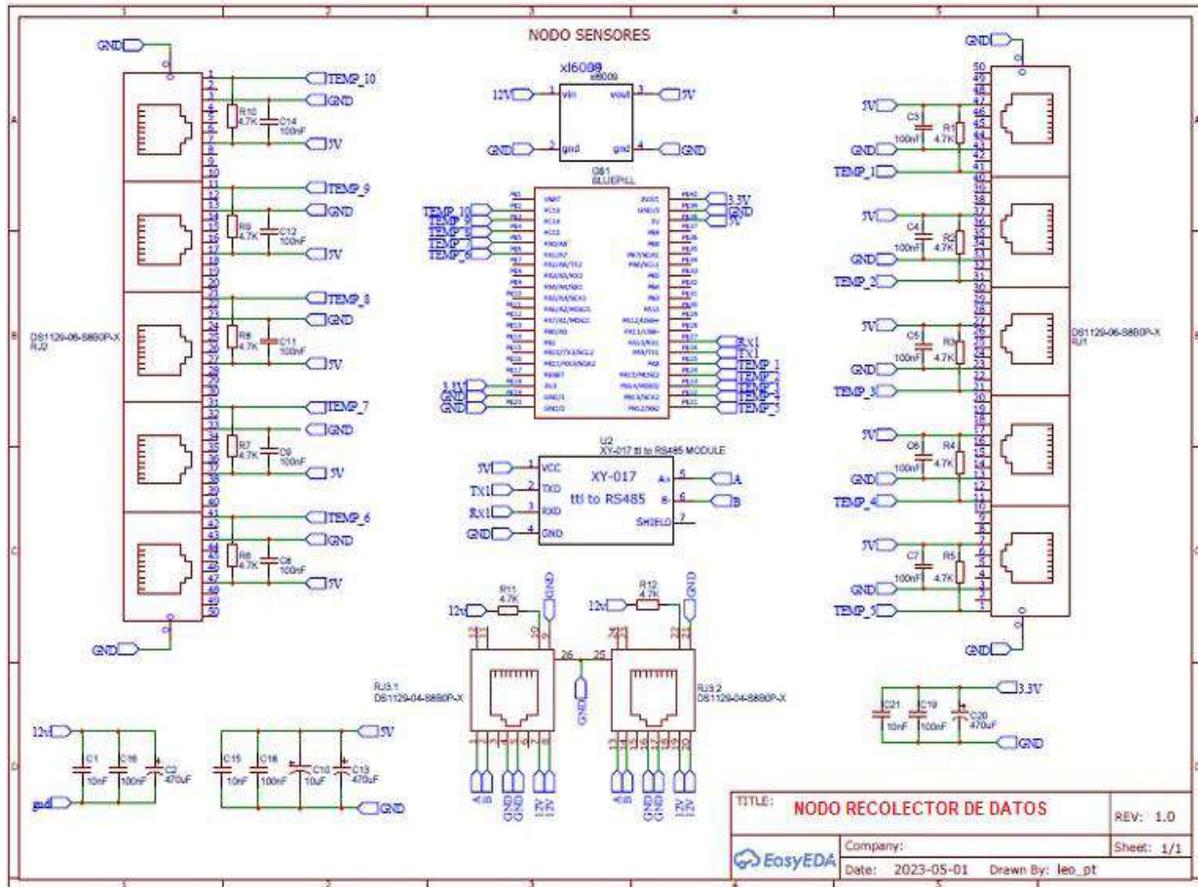
- Welding temperature should be bellow 260Celsius.

- Avoid using the sensor under dew condition.

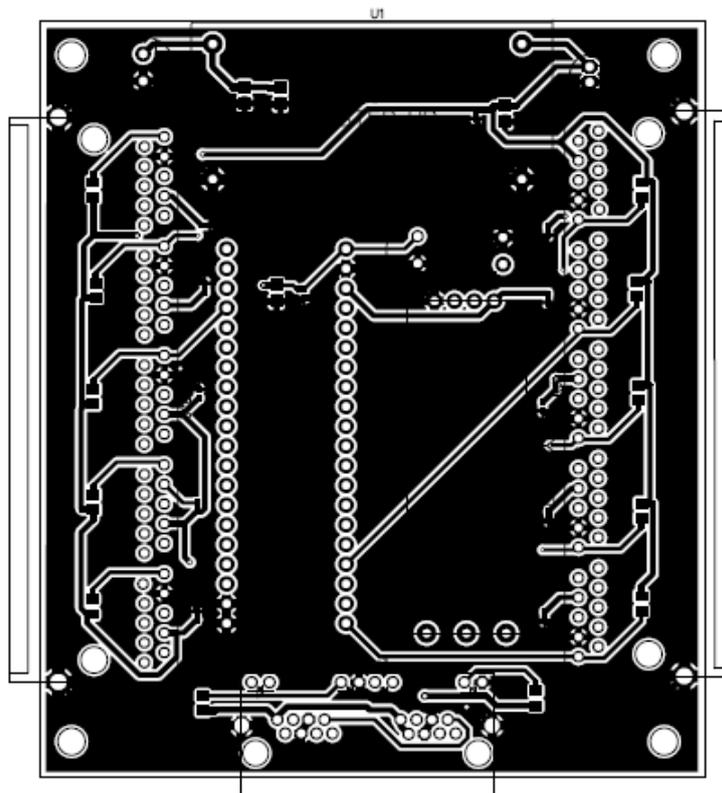
- Don't use this product in safety or emergency stop devices or any other occasion that failure of HM2301 may cause personal injury.

ANEXO C: DIAGRAMA ESQUEMÁTICO Y FOTOGRAFÍAS

Diagrama esquemático del nodo recolector de datos



Circuito PCB del nodo recolector



Circuito impreso del nodo recolector de datos

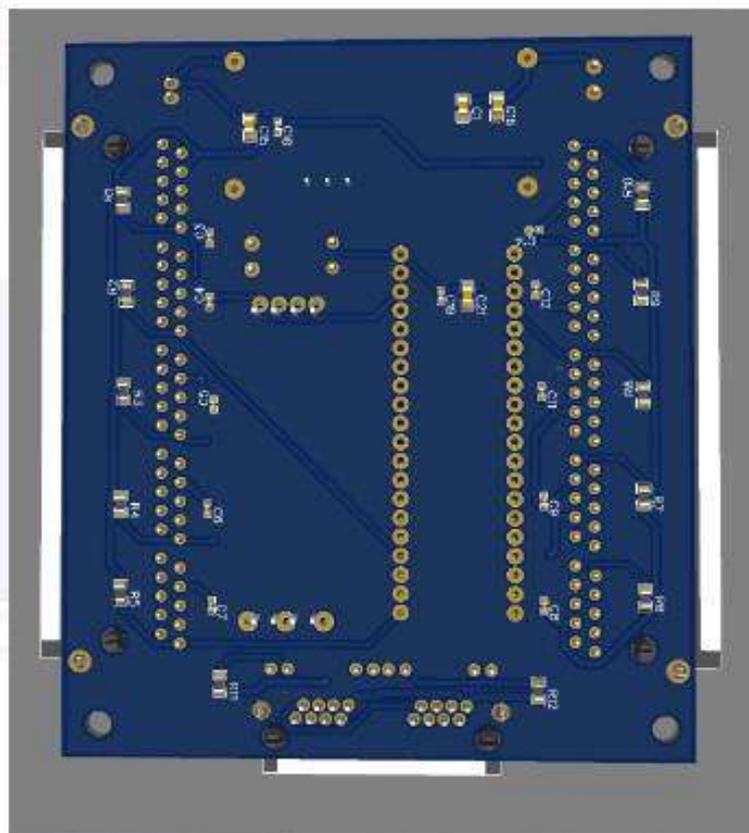
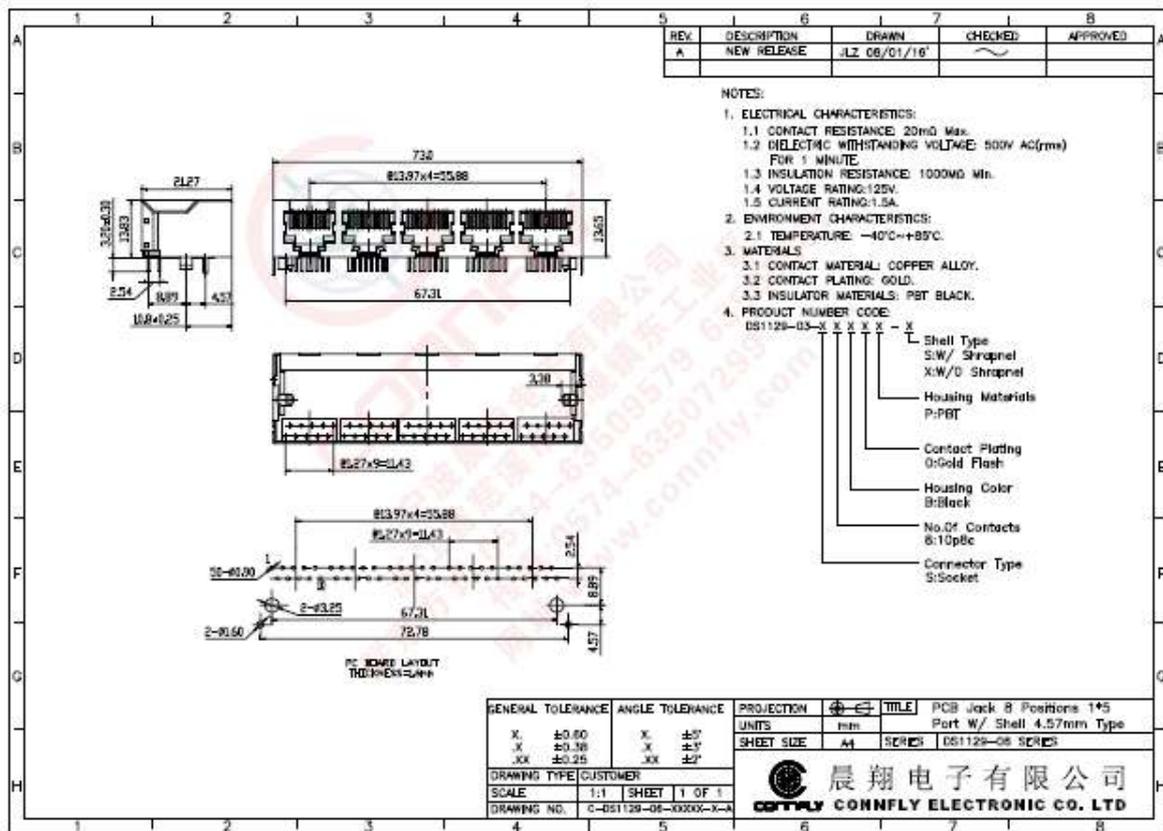
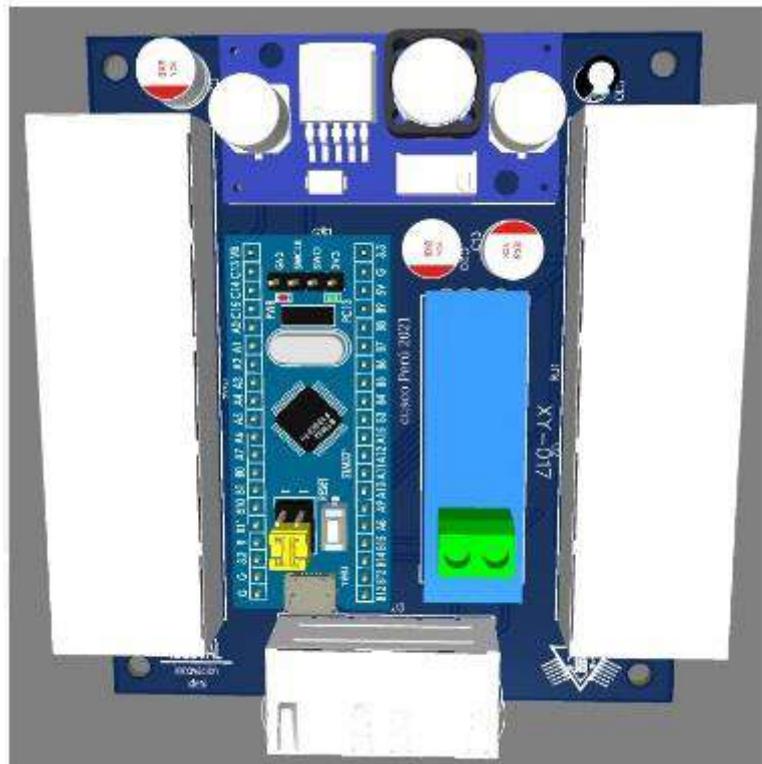


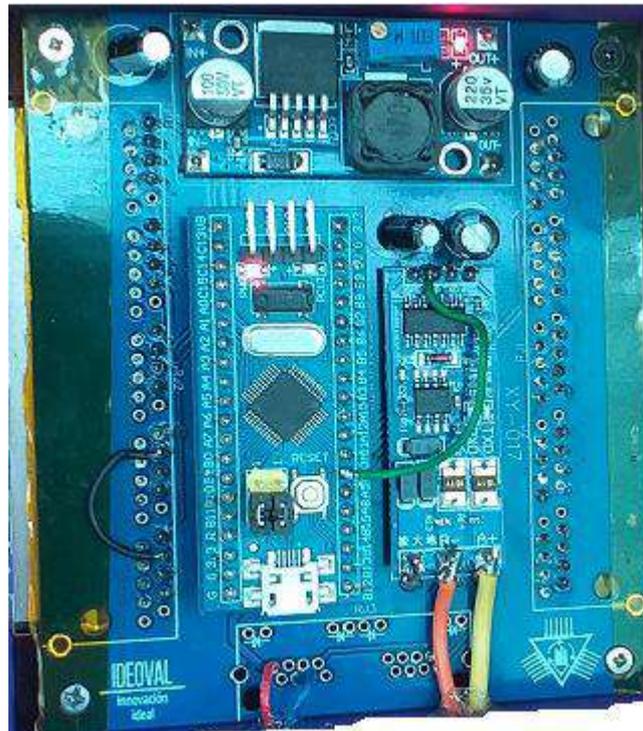
Diagrama esquemático del zócalo RJ45



Vista previa en simulador del nodo recolector de datos



Modulo recolector de datos implementado



Programando el nodo recolector de dato



Raspberry Pi 3, puertos de conexión

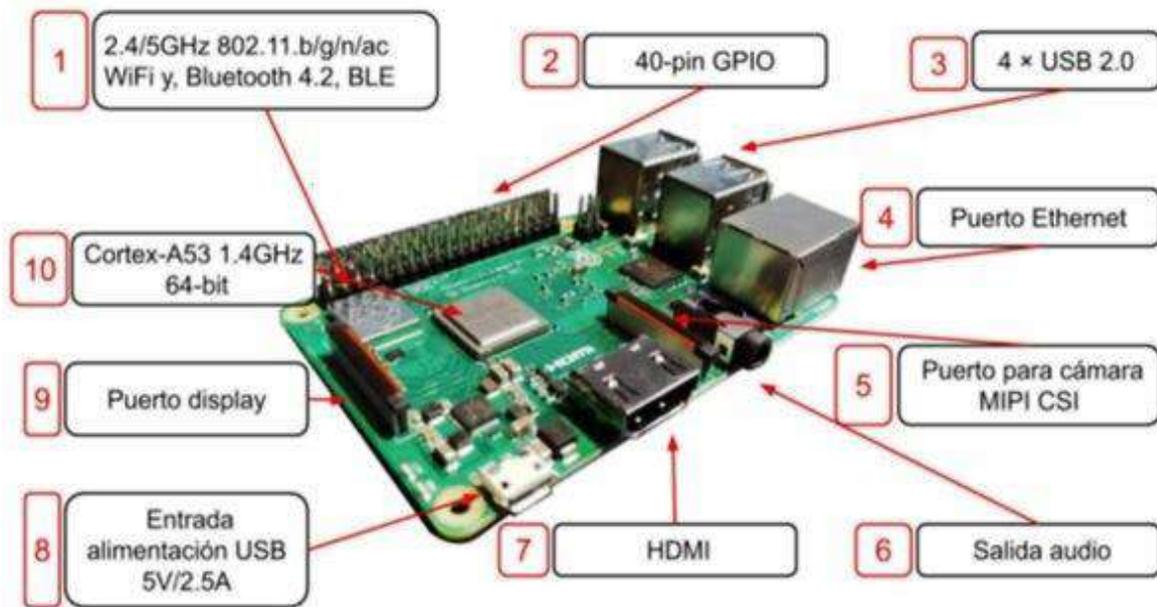
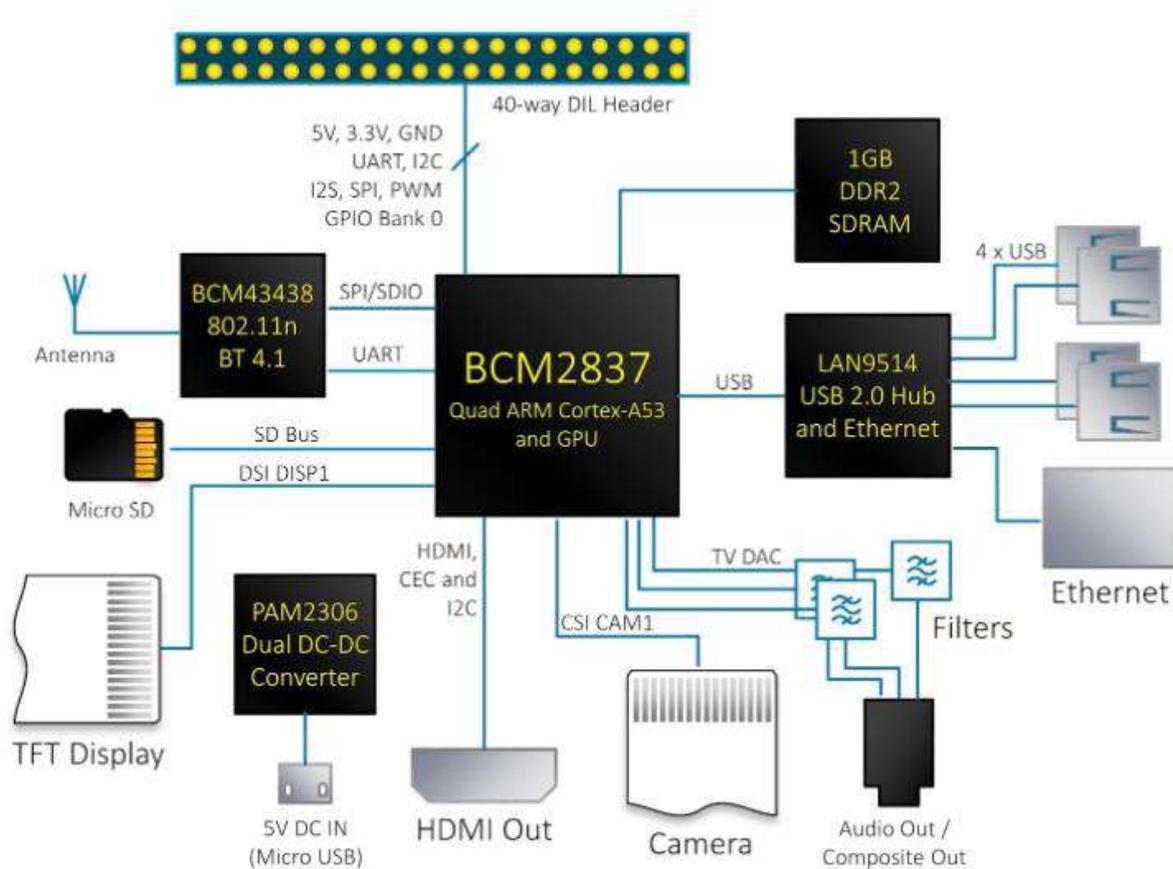
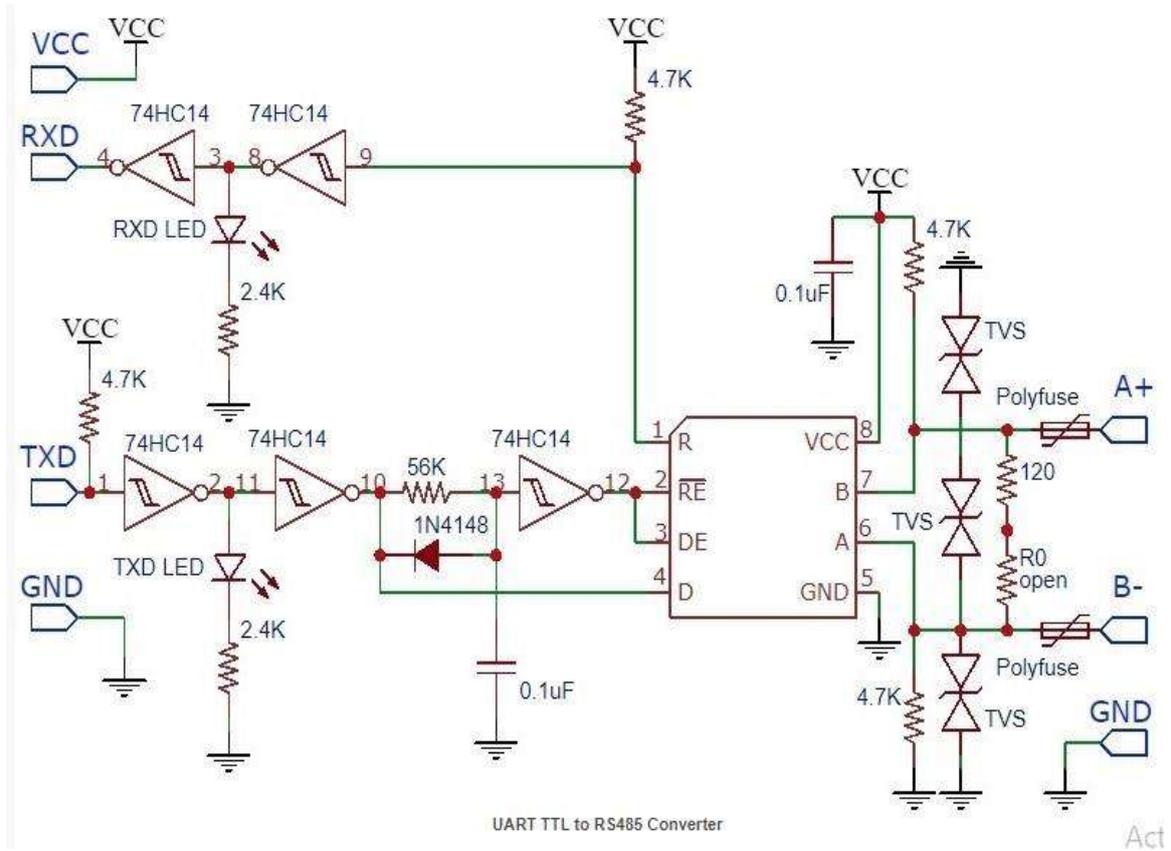


Diagrama de bloques de Raspberry Pi 3



Circuito eléctrico del convertidor TTL a RS485



Componentes del convertidor TTL a RS485

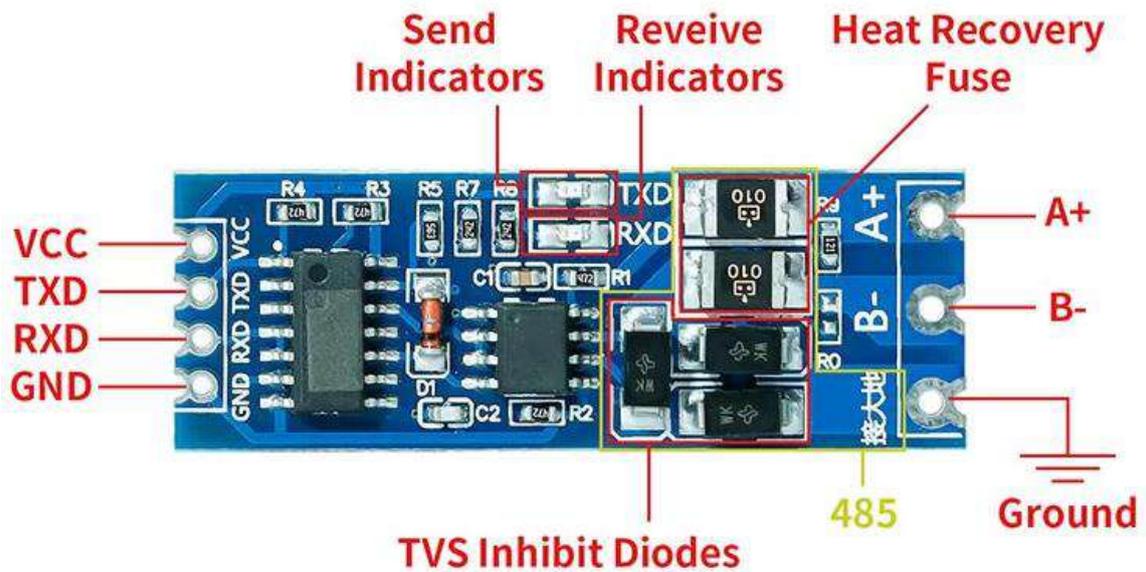
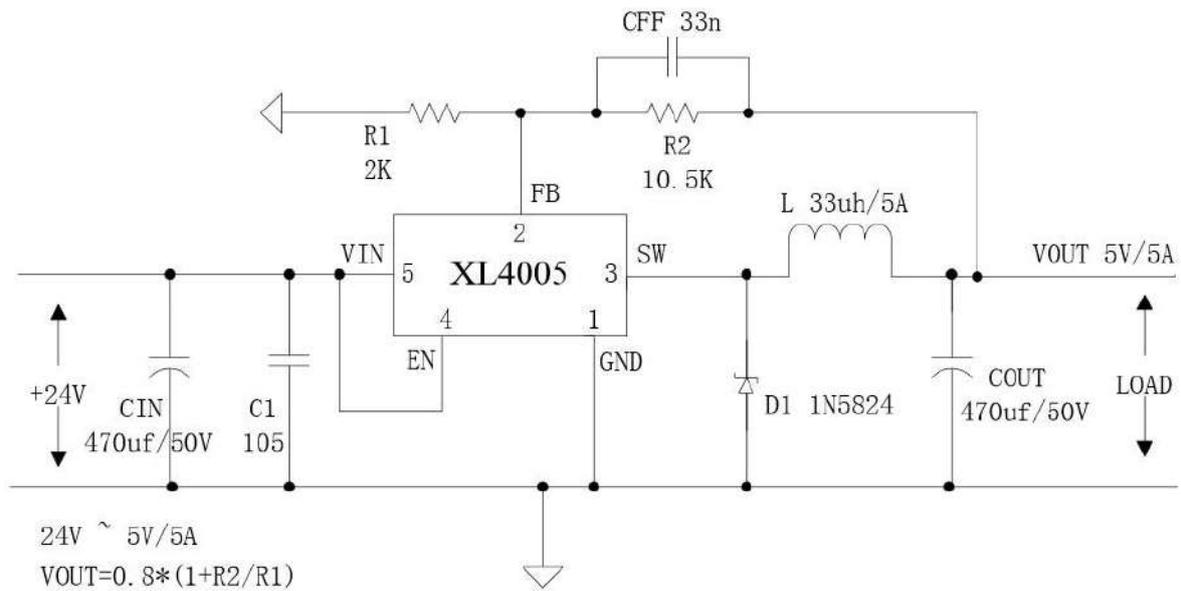
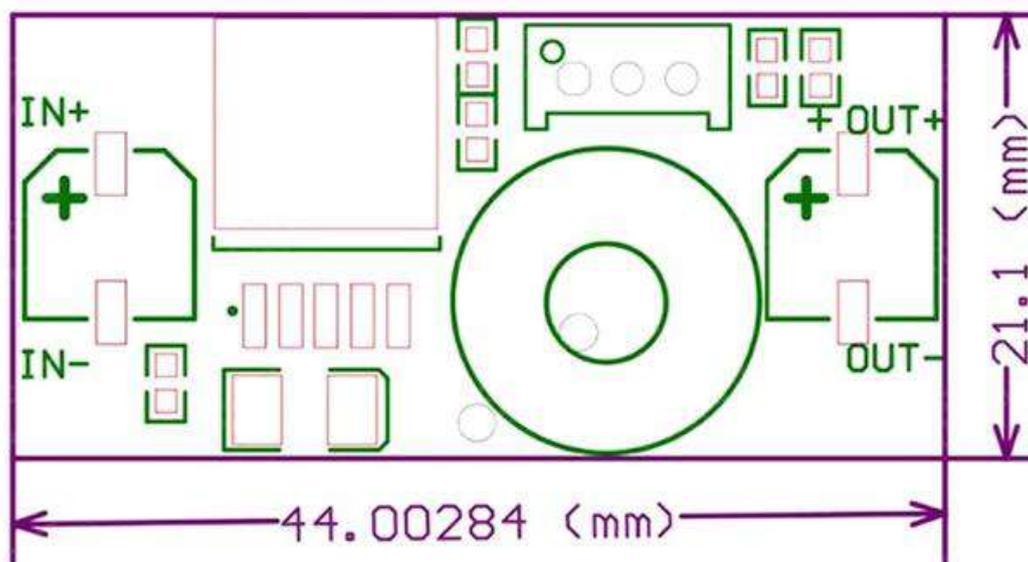


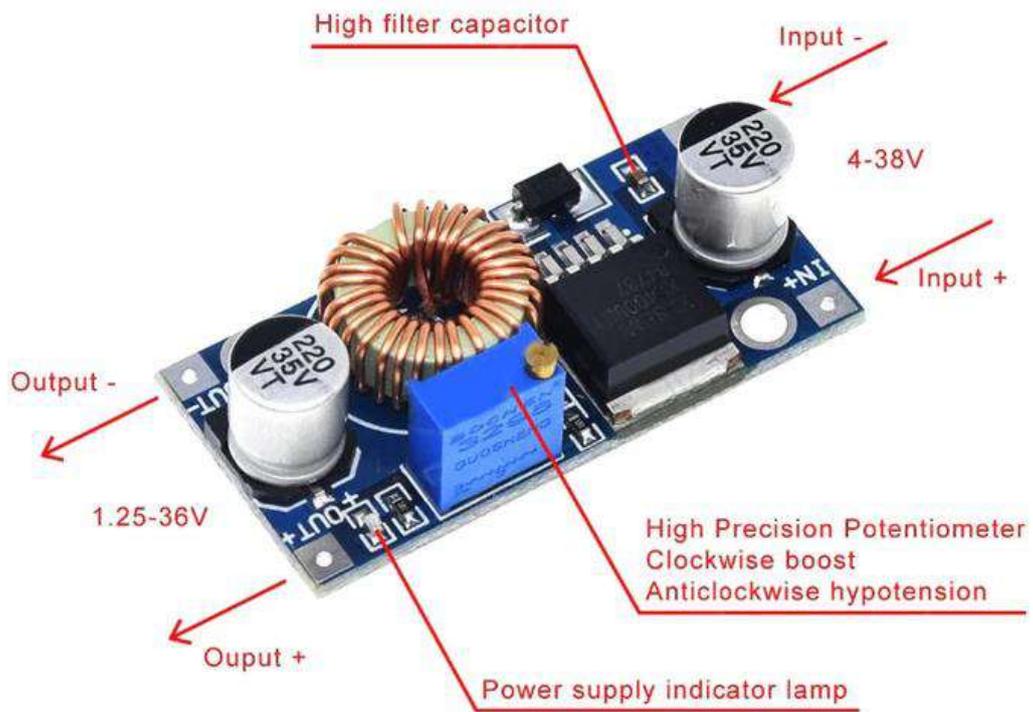
Diagrama circuito de convertidor voltaje dc-dc step-down 5a xl4005



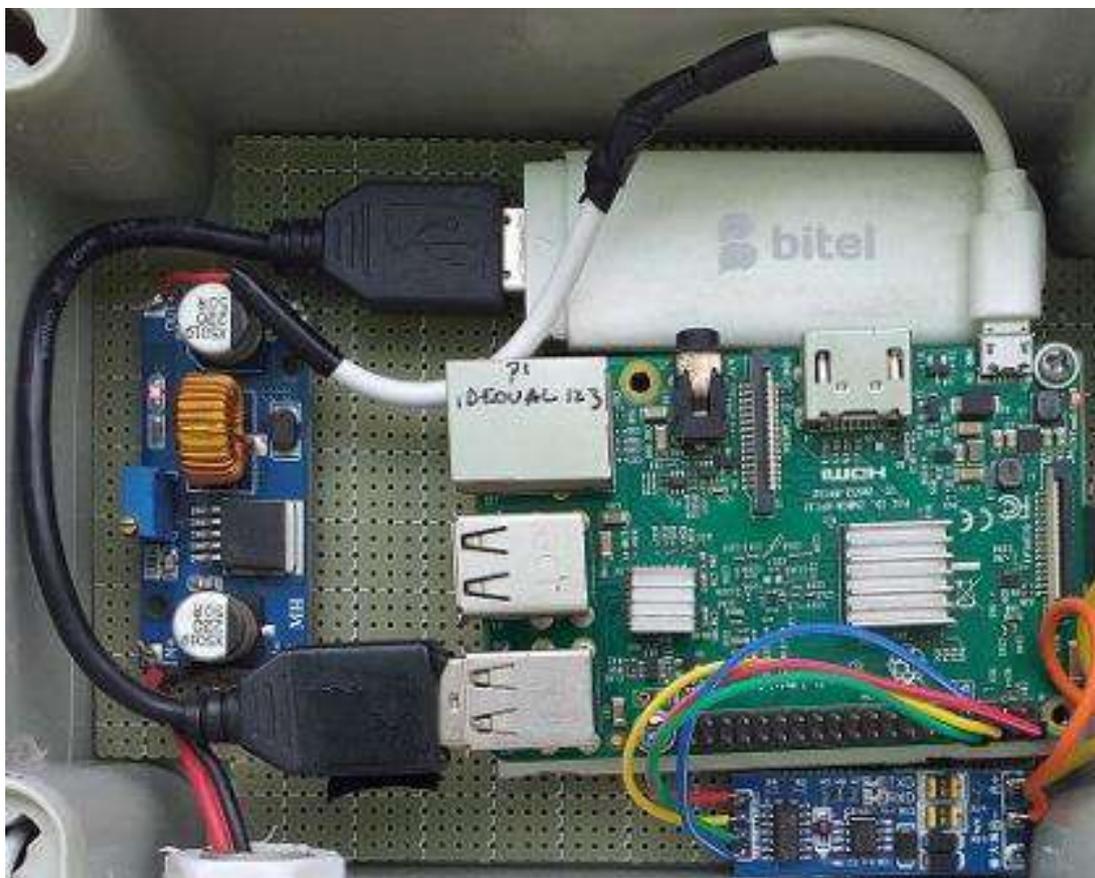
Dimensiones de convertidor voltaje dc-dc step-down 5a xl4005



Componentes de convertidor voltaje dc-dc step-down 5a xl4005



Modulo transmisor implementado



Pruebas de funcionamiento de los módulos recolector y transmisor de datos



Calibración y ajustes del sistema en conjunto

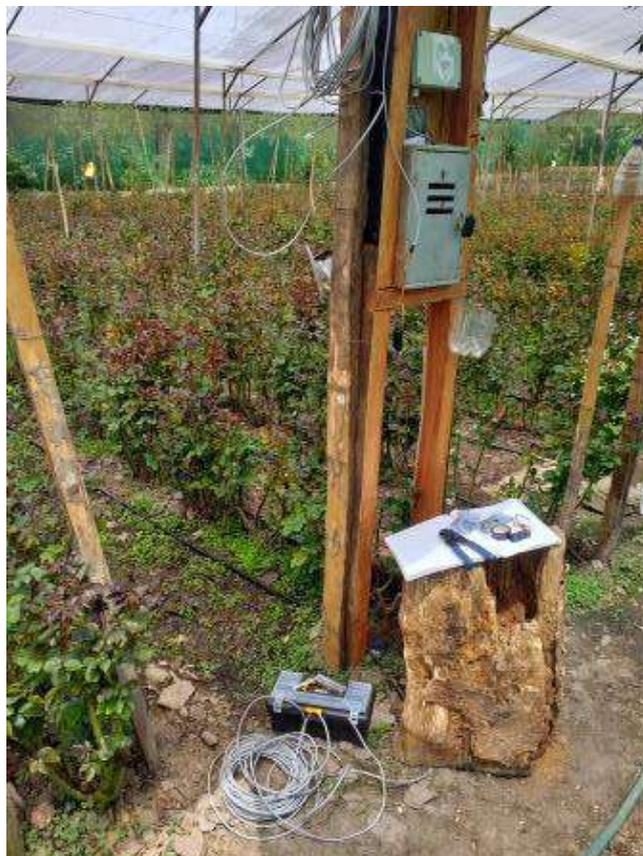


ANEXO D: INSTALACIÓN EN EL INVERNADERO

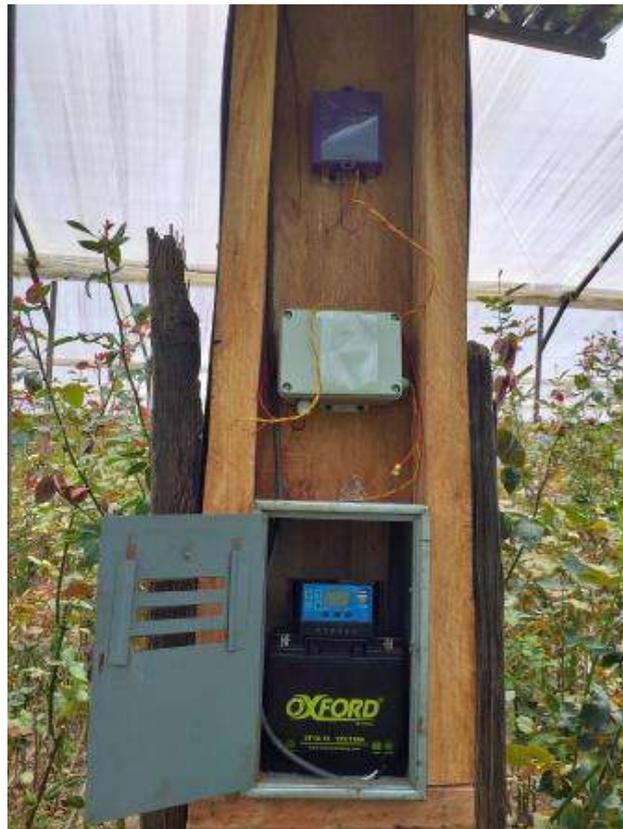
Implementación de la infraestructura soporte para el sistema de monitoreo



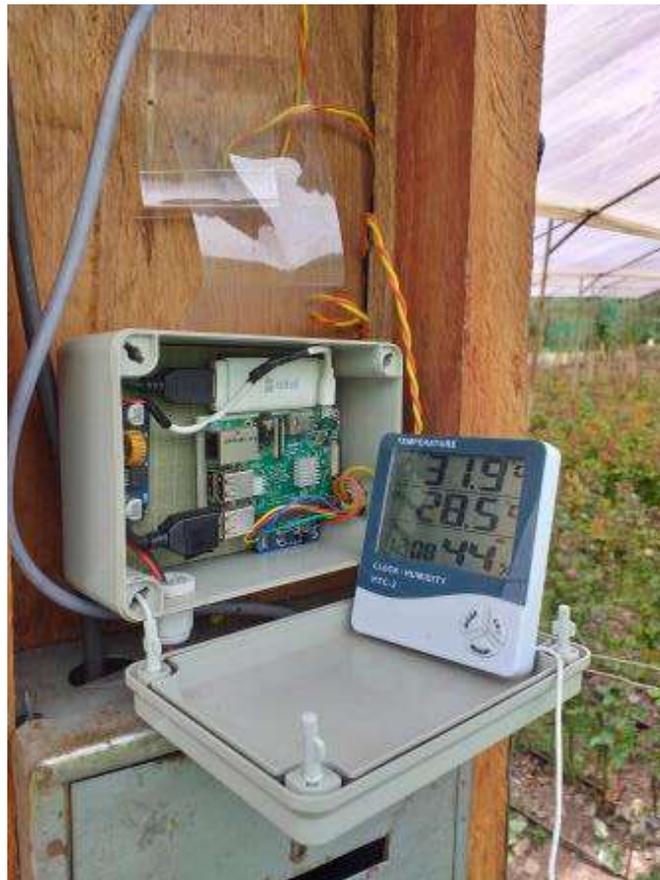
Herramientas y accesorios



Sistema de monitoreo instalado



Reajustes, comprobación de datos obtenidos



Posición de los sensores en el rosal



Datos vista desde la interfaz de usuario

Datos de humedad relativa



Datos de temperatura



ANEXO E: CÓDIGOS DE PROGRAMACIÓN

Código de programación del nodo de sensores

```
#include "DHT.h"
#define DHTTYPE DHT21 // libreria para el sensor de tem y humedad DHT21

DHT dht1(PA8, DHTTYPE); // 1ER SENSOR SE CONECTA A LA PTA PA8 DEL
ARM STM32F103C8T6
DHT dht2(PB15, DHTTYPE); // 2DO SENSOR SE CONECTA A LA PTA PA8 DEL
ARM STM32F103C8T6
DHT dht3(PB14, DHTTYPE); // 3ER SENSOR SE CONECTA A LA PTA PA8 DEL
ARM STM32F103C8T6
DHT dht4(PB13, DHTTYPE);
DHT dht5(PB12, DHTTYPE);
DHT dht6(PA1, DHTTYPE);
DHT dht7(PA0, DHTTYPE);
DHT dht8(PC15, DHTTYPE);
DHT dht9(PC14, DHTTYPE);
DHT dht10(PC13, DHTTYPE);

float temp1=10.0; // VARIABLE FLOTANTE PARA LA TEM1
float hume1=73.0; // VARIABLE FLOTANTE PARA LA HUM1

float temp2=15.0;
float hume2=73.0;

float temp3=20.0;
float hume3=73.0;

float temp4=25.0;
float hume4=73.0;

float temp5=30.0;
float hume5=73.0;

float temp6=35.0;
float hume6=73.0;

float temp7=40.0;
float hume7=73.0;

float temp8=45.0;
float hume8=73.0;

float temp9=50.0;
float hume9=73.0;
```

```

float temp10=55.0;
float hume10=73.0;

float tem_pr = 0.0; // VARIABLE FLOTANTE PARA EL PROMEDIO DE TEMP
float hum_pr = 0.0; // VARIABLE FLOTANTE PARA EL PROMEDIO DE HUM

byte cont_minutos =0;// CONTADOR DE MINUTOS
byte contador = 0;

void setup()
{
  Serial1.begin(115200);// INICIALIZAS la comunicacion serial rs232 a 115200
  baudios
  pinMode(PC13, OUTPUT);// led para que parpadee

  dht1.begin();// inicializas el sensor 1
  dht2.begin();
  dht3.begin();
  dht4.begin();
  dht5.begin();
  dht6.begin();
  dht7.begin();
  dht8.begin();
  dht9.begin();
  dht10.begin();
}

void loop()
{
  delay(1200);

  String dataString  = "";// creas cadenas
  String dataString_1 = "";// cadena para temp de sensor 1
  String dataString_2 = "";// cadena para hume de sensor 1
  String dataString_3 = "";// cadena para temp de sensor 2
  String dataString_4 = "";// cadena para hume de sensor 2
  String dataString_5 = "";
  String dataString_6 = "";
  String dataString_7 = "";
  String dataString_8 = "";
  String dataString_9 = "";
  String dataString_10 = "";
  String dataString_11 = "";
  String dataString_12 = "";
  String dataString_13 = "";
  String dataString_14 = "";
  String dataString_15 = "";
  String dataString_16 = "";
  String dataString_17 = "";
  String dataString_18 = "";

```

```

String dataString_19 = "";
String dataString_20 = "";
String dataString_21 = "";
String dataString_22 = "";

digitalWrite(PC13, HIGH);
delay(30);
digitalWrite(PC13, LOW);
delay(30);

hume1 = dht1.readHumidity(); // lees la humedad de sensor 1
temp1 = dht1.readTemperature(); // lees la temperatura de sensor 1
if(isnan(hume1) || isnan(temp1) ) { hume1 = -127.0; temp1 = -127.0; } // verificas si
hay sensor coenctado
delay(10);

hume2 = dht2.readHumidity();
temp2 = dht2.readTemperature();
if(isnan(hume2) || isnan(temp2) ) { hume2 = -127.0; temp2 = -127.0; }
delay(10);

hume3 = dht3.readHumidity();
temp3 = dht3.readTemperature();
if(isnan(hume3) || isnan(temp3) ) { hume3 = -127.0; temp3 = -127.0; }
delay(10);

hume4 = dht4.readHumidity();
temp4 = dht4.readTemperature();
if(isnan(hume4) || isnan(temp4) ) { hume4 = -127.0; temp4 = -127.0; }
delay(10);

hume5 = dht5.readHumidity();
temp5 = dht5.readTemperature();
if(isnan(hume5) || isnan(temp5) ) { hume5 = -127.0; temp5 = -127.0; }
delay(10);

hume6 = dht6.readHumidity();
temp6 = dht6.readTemperature();
if(isnan(hume6) || isnan(temp6) ) { hume6 = -127.0; temp6 = -127.0; }
delay(10);

hume7 = dht7.readHumidity();
temp7 = dht7.readTemperature();
if(isnan(hume7) || isnan(temp7) ) { hume7 = -127.0; temp7 = -127.0; }
delay(10);

hume8 = dht8.readHumidity();
temp8 = dht8.readTemperature();
if(isnan(hume8) || isnan(temp8) ) { hume8 = -127.0; temp8 = -127.0; }
delay(10);

```

```
hume9 = dht9.readHumidity();
temp9 = dht9.readTemperature();
if(isnan(hume9) || isnan(temp9) ) { hume9 = -127.0; temp9 = -127.0; }
delay(10);
```

```
hume10 = dht10.readHumidity();
temp10 = dht10.readTemperature();
if(isnan(hume10) || isnan(temp10) ) { hume10 = -127.0; temp10 = -127.0; }
delay(10);
```

```
tem_pr = 0.0;
contador = 0;
```

```
if( temp1 == -127.0 ) temp1= -127.0; // se verifica si es valido lectura de
temp
```

```
else{// entra a promediarse
    //temp1 += 0.55;//correccion de offset de temp
    tem_pr += temp1;// para promediarse
    contador++;
}
```

```
if( temp2== -127.0 ) temp2= -127.0;
else{
    //temp2 -= 0.55;
    //temp2 -= 0.4;
    tem_pr += temp2;
    contador++;
}
```

```
if( temp3== -127.0 ) temp3= -127.0;
else{
    //temp3 += 1.5;
    //temp3 -= 1.0;
    tem_pr += temp3;
    contador++;
}
```

```
if( temp4== -127.0 ) temp4= -127.0;
else{
    //temp4 += 0.75;
    tem_pr += temp4;
    contador++;
}
```

```
if( temp5== -127.0 ) temp5= -127.0;
else{
    //temp5 += 0.22;
```

```

        tem_pr += temp5;
        contador++;
    }

    if( temp6== -127.0 ) temp6= -127.0;
    else{
        //temp6 += 0.88;
        tem_pr += temp6;
        contador++;
    }

    if( temp7== -127.0 ) temp7= -127.0;
    else{
        //temp7 += +1.16;
        tem_pr += temp7;
        contador++;
    }

    if( temp8== -127.0 ) temp8= -127.0;
    else{
        //temp8 += 0.81;
        tem_pr += temp8;
        contador++;
    }

    if( temp9== -127.0 ) temp9= -127.0;
    else{
        //temp9 += 1.0;
        tem_pr += temp9;
        contador++;
    }

    if( temp10== -127.0 ) temp10= -127.0;
    else{
        //temp10 += 0.31;
        //temp10 += 0.35;
        tem_pr += temp10;
        contador++;
    }

    tem_pr = tem_pr/contador;

    /*******

hum_pr = 0.0;
    contador = 0;

    if( hume1== -127.0 ) hume1= -127.0;
    else{
        //hume1 += 0.4;

```

```

        hum_pr += hume1;
        contador++;
    }

    if( hume2== -127.0 ) hume2= -127.0;
    else{
        //hume2 += 0.4;
        hum_pr += hume2;
        contador++;
    }

    if( hume3== -127.0 ) hume3= -127.0;
    else{
        //hume3 += 0.4;
        hum_pr += hume3;
        contador++;
    }
    if( hume4== -127.0 ) hume4= -127.0;
    else{
        //hume4 += 0.4;
        hum_pr += hume4;
        contador++;
    }

    if( hume5== -127.0 ) hume5= -127.0;
    else{
        //hume5 += 0.4;
        hum_pr += hume5;
        contador++;
    }

    if( hume6== -127.0 ) hume6= -127.0;
    else{
        //hume6 += 0.4;
        hum_pr += hume6;
        contador++;
    }

    if( hume7== -127.0 ) hume7= -127.0;
    else{
        //hume7 += 0.4;
        hum_pr += hume7;
        contador++;
    }

    if( hume8== -127.0 ) hume8= -127.0;
    else{
        //hume8 += 0.4;
        hum_pr += hume8;
        contador++;
    }

```

```

    }

    if( hume9== -127.0 ) hume9= -127.0;
    else{
        //hume9 += 0.4;
        hum_pr += hume9;
        contador++;
    }

    if( hume10== -127.0 ) hume10= -127.0;
    else{
        //hume10 += 0.4;
        hum_pr += hume10;
        contador++;
    }

    hum_pr = hum_pr/contador;

//*****

    dataString_1 = "{\"id\":1,\"value\":";
    dataString_1 += String(temp1);
    dataString_1 += "}";

    dataString_2 = "{\"id\":2,\"value\":";
    dataString_2 += String(hume1);
    dataString_2 += "}";

    dataString_3 = "{\"id\":3,\"value\":";
    dataString_3 += String(temp2);
    dataString_3 += "}";

    dataString_4 = "{\"id\":4,\"value\":";
    dataString_4 += String(hume2);
    dataString_4 += "}";

    dataString_5 = "{\"id\":5,\"value\":";
    dataString_5 += String(temp3);
    dataString_5 += "}";

    dataString_6 = "{\"id\":6,\"value\":";
    dataString_6 += String(hume3);
    dataString_6 += "}";

    dataString_7 = "{\"id\":7,\"value\":";
    dataString_7 += String(temp4);
    dataString_7 += "}";

    dataString_8 = "{\"id\":8,\"value\":";
    dataString_8 += String(hume4);

```

```
dataString_8 += "}";

dataString_9 = "{\"id\":9,\"value\":";
dataString_9 += String(temp5);
dataString_9 += "}";

dataString_10 = "{\"id\":10,\"value\":";
dataString_10 += String(hume5);
dataString_10 += "}";

dataString_11 = "{\"id\":11,\"value\":";
dataString_11 += String(temp6);
dataString_11 += "}";

dataString_12 = "{\"id\":12,\"value\":";
dataString_12 += String(hume6);
dataString_12 += "}";

dataString_13 = "{\"id\":13,\"value\":";
dataString_13 += String(temp7);
dataString_13 += "}";

dataString_14 = "{\"id\":14,\"value\":";
dataString_14 += String(hume7);
dataString_14 += "}";

dataString_15 = "{\"id\":15,\"value\":";
dataString_15 += String(temp8);
dataString_15 += "}";

dataString_16 = "{\"id\":16,\"value\":";
dataString_16 += String(hume8);
dataString_16 += "}";

dataString_17 = "{\"id\":17,\"value\":";
dataString_17 += String(temp9);
dataString_17 += "}";

dataString_18 = "{\"id\":18,\"value\":";
dataString_18 += String(hume9);
dataString_18 += "}";

dataString_19 = "{\"id\":19,\"value\":";
dataString_19 += String(temp10);
dataString_19 += "}";

dataString_20 = "{\"id\":20,\"value\":";
dataString_20 += String(hume10);
dataString_20 += "}";
```

```
dataString_21 = "{\"id\":21,\"value\":";
dataString_21 += String(tem_pr);
dataString_21 += "}";
```

```
dataString_22 = "{\"id\":22,\"value\":";
dataString_22 += String(hum_pr);
dataString_22 += "}";
```

```
//unir todas las cadenas de temperatura y humedad en formato json
```

```
dataString = "{\"room\":1,\"sensors\":[";
dataString += dataString_1; dataString += ",";
dataString += dataString_2; dataString += ",";
dataString += dataString_3; dataString += ",";
dataString += dataString_4; dataString += ",";
dataString += dataString_5; dataString += ",";
dataString += dataString_6; dataString += ",";
dataString += dataString_7; dataString += ",";
dataString += dataString_8; dataString += ",";
dataString += dataString_9; dataString += ",";
dataString += dataString_10; dataString += ",";
dataString += dataString_11; dataString += ",";
dataString += dataString_12; dataString += ",";
dataString += dataString_13; dataString += ",";
dataString += dataString_14; dataString += ",";
dataString += dataString_15; dataString += ",";
dataString += dataString_16; dataString += ",";
dataString += dataString_17; dataString += ",";
dataString += dataString_18; dataString += ",";
dataString += dataString_19; dataString += ",";
dataString += dataString_20; dataString += ",";
dataString += dataString_21; dataString += ",";
dataString += dataString_22; dataString += ",";
dataString += "]}";
```

```
Serial1.println(dataString);// transmite al raspberry
```

```
for( cont_minutos = 0; cont_minutos <= 60; cont_minutos++) // delay de 10
min
{
  delay(10000);
}
}
```

Código de programación en el nodo transmisor

Código de interfaz de sensores

```
{
  "name": "room-sensors",
  "version": "0.1.0",
  "private": true,
  "dependencies": {
    "@fortawesome/fontawesome-svg-core": "^1.2.35",
    "@fortawesome/free-solid-svg-icons": "^5.15.3",
    "@fortawesome/react-fontawesome": "^0.1.14",
    "@testing-library/jest-dom": "^5.11.4",
    "@testing-library/react": "^11.1.0",
    "@testing-library/user-event": "^12.1.10",
    "axios": "^0.21.1",
    "chart.js": "^3.5.0",
    "easy-peasy": "^5.0.3",
    "react": "^17.0.2",
    "react-chartjs-2": "^3.0.4",
    "react-dom": "^17.0.2",
    "react-router-dom": "^5.2.0",
    "react-scripts": "4.0.3",
    "socket.io-client": "^4.1.3",
    "web-vitals": "^1.0.1"
  },
  "scripts": {
    "start": "react-scripts start",
    "build": "react-scripts build",
    "test": "react-scripts test",
    "eject": "react-scripts eject"
  },
  "eslintConfig": {
    "extends": [
      "react-app",
      "react-app/jest"
    ]
  },
  "browserslist": {
    "production": [
      ">0.2%",
      "not dead",
      "not op_mini all"
    ],
    "development": [
      "last 1 chrome version",
      "last 1 firefox version",
      "last 1 safari version"
    ]
  }
}
```

```
}
```

Código para el reloj

```
import { faWifi } from "@fortawesome/free-solid-svg-icons";
import { FontAwesomeIcon } from "@fortawesome/react-fontawesome";
import { useState } from "react";
import { useEffect } from "react";
import { toTime } from "../js/helpers";

const Clock = () => {
  const [time, setTime] = useState(Date());
  const [connected, setConnected] = useState(false);

  useEffect(() => {
    setInterval(() => {
      setTime(Date());
    }, 1000);
    setConnected(navigator.onLine);
    window.addEventListener("online", () => setConnected(true));
    window.addEventListener("offline", () => setConnected(false));
  }, []);

  return (
    <p
      disabled
      className="button is-outlined clock heading has-text-white is-size-4 is-flex p-2"
    >
      <span>{toTime(time)}</span>
      <FontAwesomeIcon
        icon={faWifi}
        size="xs"
        className={`ml-1 ${connected ? "has-text-success" : "has-text-danger"}`
      />
    </p>
  );
};
export default Clock;
```

Código para la configuración de sistema

```
import { faPowerOff, faRedo } from "@fortawesome/free-solid-svg-icons";
import { FontAwesomeIcon } from "@fortawesome/react-fontawesome";
import { useEffect, useState } from "react";
import { devicePowerOff, deviceRestart, getDeviceId } from "../js/api";

const SystemConfig = () => {
  const [id, setId] = useState("");

  useEffect(() => {
```



```

import { deviceNetCard, deviceNetScan, updateNetwork } from "../js/api";
import { setSavedStorage } from "../js/helpers";
import { useState, useEffect } from "react";

const WirelessConfig = () => {
  const wifipass = useStoreState((state) => state.wifipass);
  const wifissid = useStoreState((state) => state.wifissid);
  const setWifipass = useStoreActions((actions) => actions.setWifipass);
  const setWifissid = useStoreActions((actions) => actions.setWifissid);
  const [networks, setNetworks] = useState([]);
  const [networkCard, setNetworkCard] = useState(null);

  useEffect(() => {
    deviceNetScan().then((res) => setNetworks(res.networks));
    deviceNetCard().then((res) => setNetworkCard(res.card));
  }, []);

  return (
    <div className="column">
      <div className="card m-4 p-4">
        <header className="card-header p-2">
          <h1>Wireless configuration</h1>
        </header>
        <div className="card-content">
          <div className="content">
            <div className="columns">
              <div className="column">
                <p className="subtitle is-4 has-text-centered m-4">SSID</p>
                <input
                  value={wifissid}
                  type="text"
                  onChange={(e) => setWifissid(e.target.value)}
                  className="input no-frame-input title is-3 has-text-centered"
                />
              </div>
              <div className="column">
                <p className="subtitle is-4 has-text-centered m-4">Password</p>
                <input
                  value={wifipass}
                  type="text"
                  onChange={(e) => setWifipass(e.target.value)}
                  className="input no-frame-input title is-3 has-text-centered"
                />
              </div>
            </div>
          </div>
        </div>
      </div>
    </div>
  );
}

```

```

        setSavedStorage("wifissid", wifissid);
        setSavedStorage("wifipass", wifipass);
        updateNetwork(wifissid, wifipass);
    }}
    className="button card-footer-item"
  >
    Save
  </button>
</div>
<div className="is-flex is-flex-direction-column is-flex-centered m-4">
  <p className="heading has-text-centered has-text-link">
    Available Networks ({networkCard})
  </p>
  <table className="table is-bordered is-striped is-narrow">
    <thead>
      <tr>
        <th className="has-text-centered is-size-6">SSID</th>
        <th className="has-text-centered is-size-6">SNR</th>
      </tr>
    </thead>
    <tbody>
      {networks.map((network) => (
        <tr key={network.ssid}>
          <td className="has-text-centered is-size-6">
            {" "}
            {network.ssid}{" "}
          </td>
          <td className="has-text-centered is-size-6">
            {" "}
            {network.snr}{" "}
          </td>
        </tr>
      ))}
    </tbody>
  </table>
</div>
</div>
</div>
);
};

export default WirelessConfig;

```