



UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL
ESCUELA DE POSGRADOS "ESPOG"

MAESTRÍA EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN
Resolución: RPC-SO-09-No.265-2021

PROYECTO DE TITULACIÓN EN OPCIÓN AL GRADO DE MAGISTER

Título del proyecto:
AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL AMBIENTAL DE LA PLANTULADORA "SAN MARTÍN"
Línea de Investigación:
Automatización y control de procesos con aplicaciones en la industria
Campo amplio de conocimiento:
Ingeniería, industria y construcción
Autor/a:
WILLIAN ANDRÉS LEÓN BRAVO
Tutor/a:
DR. RENÉ ERNESTO CORTIJO LEYVA

Quito – Ecuador

2023

APROBACIÓN DEL TUTOR



Yo, **Rene Ernesto Cortijo Leyva** con C.I: **1719010108** en mi calidad de Tutor del proyecto de investigación titulado: **AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL AMBIENTAL DE LA PLANTULADORA SAN MARTÍN.**

Elaborado por: **Willian Andrés León Bravo**, de C.I: **1002582276**, estudiante de la Maestría: **ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN**, resolución: **RPC-SO-09-No.265-2021**, de la **UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA ISRAEL (UISRAEL)**, como parte de los requisitos sustanciales con fines de obtener el Título de Magister, me permito declarar que luego de haber orientado, analizado y revisado el trabajo de titulación, lo apruebo en todas sus partes.

Quito D.M., 14 de marzo del 2023

RENE
ERNESTO
CORTIJO
LEYVA

Firmado digitalmente por
RENE ERNESTO
CORTIJO LEYVA
Fecha:
2023.03.14
18:38:54 -05'00'

Firma

DECLARACIÓN DE AUTORIZACIÓN POR PARTE DEL ESTUDIANTE



Yo, **Willian Andrés León Bravo** con C.I: **1002582276**, autor/a del proyecto de titulación denominado: **AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL AMBIENTAL DE LA PLANTULADORA "SAN MARTIN"**. Previo a la obtención del título de Magister en Electrónica y Automatización, mención Electrónica y Automatización.

1. Declaro tener pleno conocimiento de la obligación que tienen las instituciones de educación superior, de conformidad con el Artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior, de entregar el respectivo trabajo de titulación para que sea integrado al Sistema Nacional de Información de la Educación Superior del Ecuador para su difusión pública respetando los derechos de autor.
2. Manifiesto mi voluntad de ceder a la Universidad Tecnológica Israel los derechos patrimoniales consagrados en la Ley de Propiedad Intelectual del Ecuador, artículos 4, 5 y 6, en calidad de autor@ del trabajo de titulación, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente. En concordancia suscribo este documento en el momento que hago entrega del trabajo final en formato impreso y digital como parte del acervo bibliográfico de la Universidad Tecnológica Israel.
3. Autorizo a la SENESCYT a tener una copia del referido trabajo de titulación, con el propósito de generar un repositorio que democratice la información, respetando las políticas de prosperidad intelectual vigentes.

Quito D.M., 14 de marzo 2023



El código de verificación pertenece a:
**WILLIAN ANDRES LEON
BRAVO**

Firma

Tabla de Contenido

APROBACIÓN DEL TUTOR	2
INFORMACIÓN GENERAL	8
Contextualización del Tema	8
Problema de Investigación	8
Objetivo General	10
Objetivos Específicos	10
Vinculación con la Sociedad y Beneficiarios Directos	11
CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	12
1.1. Contextualización general del estado del arte	12
1.2. Proceso investigativo metodológico	15
1.2.1. <i>Tipo de Investigación Utilizada.</i>	15
1.2.2. <i>Recolección de Datos</i>	15
1.2.3. <i>Metodología de Implementación</i>	15
CAPÍTULO II: PROPUESTA	19
2.1 Fundamentos Teóricos Aplicados	19
2.1.1 Protocolos de comunicación	19
2.1.2 <i>Motor doble giro</i>	20
2.1.3 <i>Ventilador</i>	21
2.1.4 <i>Sensor de Temperatura</i>	22
2.1.5 <i>Sensor de Humedad</i>	22
2.1.6 <i>Controlador de humedad Belin</i>	23
2.1.7 <i>SIEMENS LOGO 8</i>	24
2.1.8 <i>HMI Kinco GLO43E</i>	26
2.1.9 <i>Lenguaje de Programación por Bloques Lógicos FUP</i>	27
2.2 Descripción de la Propuesta	28
2.3 Validación de la propuesta	42
2.4 Matriz de articulación de la propuesta	43
2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.	45
CONCLUSIONES	48
RECOMENDACIONES	49
REFERENCIAS	50

ANEXOS	52
ANEXO 1. Diagrama Electrónico De La Tarjeta De Control	52
ANEXO 2. SIEMENS LOGO 8	54
ANEXO 3. Módulo de Expansión 6ED1055-1MA00-0BA2	56
ANEXO 4. SIEMENS POWER SUPPLY	58
ANEXO 5. HMI KINCO GLO43E	61
ANEXO 6. Sensor de Temperatura PT100	63
ANEXO 7. Sensor de Humedad	66
ANEXO 8. Planos de Programación	75
ANEXO 9. Actas de los Revisores	78

Índice de Tablas

Tabla 1. Entradas y Salidas del PLC	24
Tabla 2. Descripción del perfil de Validadores	33
Tabla 3. Matriz de Articulación de la Propuesta	34
Tabla 4. Datos obtenidos antes y después de implementar el sistema de control	36

Índice de Figuras

Figura 1. Diagrama de bloques de la metodología cualitativa.	9
Figura 2. Tipos de Configuraciones de Comunicación	12
Figura 3. Motor de doble giro para cortinas de invernadero	12
Figura 4. Ventilador instalado dentro de la Nave 1	13
Figura 5. Sensor de Temperatura PT100.	14
Figura 6. Sensor de humedad DTH22	14
Figura 7. Controlador de Humedad Inteligente BELIN	15
Figura 8. PLC SIEMENS LOGO 8	16
Figura 9. Módulo de Expansión 6ED1055-1MA00-0BA2	16
Figura 10. Fuente de 24V de SIEMENS	17
Figura 11. HMI Kinco GLO43E	18
Figura 12. Esquema del Lenguaje de Programación por Bloques	19
Figura 13. Diagrama de flujo del proceso de automatización de la Plantuladora	21
Figura 14. Toma de datos matutinos.	22
Figura 15. Interfaz de Programación LOGO SOFT COMFORT	25
Figura 16. Interfaz gráfica Kinco DTools	26
Figura 17. Esquema de Pantallas del HMI	26
Figura 18. Pantalla de Inicio del HMI	27
Figura 19. Pantalla Secundaria de la NAVE 1	27
Figura 20. Pantalla Secundaria de Ventiladores Nave1	28
Figura 21. Pantalla Secundaria de Persianas de la Nave1	28
Figura 22. Controlador inteligente de humedad BELIN	29
Figura 23. Ubicación de los elementos del tablero de control del Sistema de Automatización	30
Figura 24. Tablero de Control Finalizado y Montado	31
Figura 25. Ubicación del PLC en el Tablero de Control	31
Figura 26. Parte frontal del tablero de control.	32
Figura 27. Curvas de temperatura interna del invernadero antes vs después de implementar el sistema de Control	36
Figura 28. Curvas del porcentaje de humedad ambiente interna del invernadero antes vs después de implementar el sistema de Control	37

INFORMACIÓN GENERAL

Contextualización del Tema

La Plantuladora San Martín, ubicada en el barrio la Florida, Parroquia San Francisco de la ciudad de Ibarra, provincia de Imbabura, se dedica a la producción de pilones de hortalizas (tomate de riñón, pimiento, pepinillo, lechuga, col, col morada y otras), los mismos que se entregan a los agricultores de la zona norte, desde la provincia Pichincha hasta la provincia del Carchi para su proceso de cultivo.

La Plantuladora tiene una infraestructura física de 2000 metros cuadrados, distribuidos en tres invernaderos de producción, un área de germinación, un área de siembra y un área de elaboración de injertos, las mismas que actualmente no cuentan con un control ambiental automatizado.

Luego de realizar la revisión física de las áreas de trabajo se determinó que, el control ambiental es fundamental para todos los procesos de producción, desde la germinación hasta el empaque de las plántulas.

En la actualidad en el invernadero de la Plantuladora, existen cortinas en las naves que se abren y cierran de forma manual, con el objetivo de controlar la humedad y temperatura que se genera durante el día y la noche, parámetros que no debe sobrepasar los siguientes índices: humedad no mayor al 80% en el día o en la noche y temperatura: diurna de 25°C y nocturna de 12°C.

Si la humedad y temperatura baja o sube de los índices expuestos, existen problemas de enfermedades, las cuales bajan la calidad de la planta, hasta la pérdida total del lote de siembra.

En el proceso de germinación existe un humidificador que se acciona de forma manual cuando un termohigrómetro autónomo muestra que la humedad relativa es menor de 78% y cuando llega a 90% lo apagan, este proceso se lo realiza para mantener las condiciones adecuadas para que la semilla empiece su proceso de brote.

Problema de Investigación

La Plantuladora San Martín, utiliza actualmente todos sus procesos de manera convencional desde la siembra, germinación, injertos y proceso de crecimiento, haciendo de esto que sus procesos sean lentos y poco eficientes.

Se ha determinado que se necesita el 90 % de Humedad en el cuarto de germinación, para que la semilla brote, por lo que en esta área se tapa con plástico negro las bandejas sembradas de forma apilada con la finalidad de que suden y se genere humedad de forma natural, haciendo que este proceso sea muy lento y teniendo un porcentaje de germinación del 80% de las semillas sembradas, generando así una pérdida sustancial e incrementando fallas en la cantidad de plantas solicitadas por los clientes.

Después de 8 días de haber estado en el área de germinación observamos pequeños brotes los cuales iniciarán una nueva vida las mismas que pasarán al siguiente proceso donde se ubican en mesas definitivas para su óptimo crecimiento y desarrollo en este proceso la temperatura y humedad juega un papel importante ya que de estas dependen la calidad de las plantas.

Se determinó que para la producción de plantas necesitamos cumplir con los parámetros establecidos de temperatura y humedad.

Para el óptimo control de temperatura y humedad es necesario subir y bajar las cortinas mismas que en la empresa la realizan los trabajadores de forma empírica y el personal que trabaja en las instalaciones tiene que cumplir con los procesos estipulados siendo la apertura y cierre de cortinas una de las labores que hacen apenas llegan a su lugar de trabajo, el mismo que se realiza de forma manual. Se observa que la humedad y temperatura no es constante por lo que el pilón se deshidrata, esto genera pérdida de tiempo en el proceso y la posibilidad de que las plantas mueran, de la misma manera cuando se necesita circulación de aire para eliminar el exceso de temperatura y humedad se realiza manualmente la apertura de cortinas del perímetro del invernadero, generando un problema ya que si hay algún descuido humano del trabajador encargado las plantas pueden deshidratarse y morir.

Existe un proceso adicional que es la parte de injertos; el proceso de injertos fue creado en la Plantuladora para las variedades que son susceptibles a enfermedades del suelo, para ello, siembran dos tipos de plantas al mismo tiempo, el primer tipo es la variedad que el

cliente pide mientras que, el segundo tipo es el patrón que es la base del injerto, este segundo tipo tiene una semilla genéticamente modificada que no se deja afectar de las enfermedades del piso, en este proceso al existir un corte o herida del injerto realizado, se realiza riego por medio de atomizadores que humedece los injertos. Si la dosis de agua es excesiva el injerto en el corte se puede pudrir y de la misma manera necesitan de luz cálida dentro del cuarto; para estos, las trabajadoras agrícolas encienden y apagan manualmente la luz sin tener un control exacto del tiempo que requieren estos para restablecerse y que el injerto pegue y cicatrice.

Por esta razón, es imperiosa la necesidad de realizar un proceso de automatización en los procesos de la Plantuladora, para evitar una mala calidad de las plantas y no tener cuantiosas pérdidas económicas.

La automatización empezará desde la recolección de los parámetros ambientales con sensores de humedad y calor en las diferentes áreas de los invernaderos, accionando motores en las cortinas para su apertura y cierre de acuerdo con los índices programados y ejecutando el proceso de ventilación mecánica si fuera la necesidad de manera automática.

Objetivo General

Desarrollar la automatización del control ambiental de la Plantuladora “San Martín”.

Objetivos Específicos

- Establecer las variables ambientales a controlar y los requerimientos electrónicos y de programación necesarios para automatizar el proceso.
- Diseñar el circuito electrónico de control basado en el PLC SIEMENS LOGO, un módulo de expansión de 8 entradas análogas, 8 salidas de relé y una interfaz HMI GLO43E.
- Implementar el sistema de automatización diseñado en la nave 1 de producción.
- Validar mediante pruebas el correcto funcionamiento de los actuadores utilizados en el sistema de automatización con respecto a los procesos de la Plantuladora.

Vinculación con la Sociedad y Beneficiarios Directos

El proyecto involucra directamente la tecnología con el campo agrícola, esto se logra con la implementación de sistemas de control de ambiente en los invernaderos de las Plantuladoras; siendo estas los principales proveedores de pilones de varias variedades de plantas de consumo diario a los agricultores de la zona norte del país, esto incluye las provincias de Pichincha, Imbabura y Carchi.

La automatización de procesos beneficia a las Plantuladoras, ya que, en su producción eliminan la tasa de mortalidad de los pilones causados por los bajos niveles de frío o calores extremos y permiten mantener una fertilización adecuada y controlada con respecto al estado ambiental de las naves de los invernaderos.

Al tener una planta mejor tratada los agricultores obtendrán una mayor productividad en vista que la planta sale con mayor vigor, lo que elimina la mortandad en suelo, lo que se traduce a un incremento significativo en su producción y por consiguiente en su rentabilidad económica.

Los agricultores harán un menor uso de productos químicos abrasivos para fumigar, de esta manera se contribuye con el cuidado del medio ambiente y se obtendrá productos menos dañinos para el consumo humano.

El producto final se entrega el 80% a los mercados mayoristas y mercados locales, mientras que el 20% va a los supermercados como Supermaxi, AKÍ y Santa María; este dato es recogido de los agricultores en campo.

Esto indica que el 100% de la población que somos consumidores de verduras y hortalizas nos vemos beneficiados al tener productos con menos aplicación de químicos y transgénicos.

De la misma manera, los productores mejorarían su rentabilidad en un 20% más de lo que ahora generan, al obtener sus productos con mejores beneficios en su tamaño y cantidad de producción.

CAPÍTULO I: DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

A lo largo de este capítulo se explicará de manera detallada el proceso que se siguió en el desarrollo de esta investigación; este capítulo parte del estado del arte, recopilando información de trabajos previos, además, se especifica el tipo de metodología que se aplicó y, finalmente se describe cada uno de los pasos necesarios que se llevó a cabo dentro de este trabajo de investigación.

1.1. Contextualización general del estado del arte

La automatización en procesos de Plantuladoras es un avance de innovación en el campo agrícola local ya que, representa la implementación de técnicas de automatización en la agricultura convencional, el presente trabajo de investigación propone implementar un sistema de control de temperatura y porcentaje de humedad ambiente.

La búsqueda y recopilación de trabajos previos servirán de soporte y ofrecen un sustento en las bases de desarrollo de esta investigación.

En el año 2019 en la ciudad de Sevilla (Montalvo Guerrero, 2019) desarrolló un sistema de control de temperatura de lazo implementado sobre un módulo de pruebas y que, además, cuenta con un HMI, los elementos que utilizó para el desarrollo de su investigación son:

- PLC SIEMENS S7-1200,
- Planta de temperatura PCT 37-100,
- Pantalla SIEMENS HMI KTP700 Basic PN.

La programación desarrollada en este trabajo se realizó por medio de la interfaz de propia de la marca SIEMENS denominada TIA PORTAL, el código de programación se implementó gracias al lenguaje de bloques lógicos denominado FUP, en este trabajo se desarrolla un control de lazo cerrado, específicamente del tipo PID.

En sus conclusiones el autor destaca el buen desempeño de su controlador y de la rápida reacción de la temperatura con respecto a la temperatura de referencia, además, se observa gráficas de las curvas de seguimiento del sistema, siendo esta la razón principal de

concluir el buen rendimiento que implica la implementación de un controlador tipo PID, por lo que, el autor recomienda su implementación cuando se trate de realizar controles de temperatura.

El trabajo de investigación de (Montalvo Guerrero, 2019) se consideró debido a la similitud en el objetivo de controlar temperatura por medio de un PLC y que, su sistema también cuenta con una HMI, además, los resultados que arrojó su investigación son convincentes y validan la elección del tipo de controlador que implementó.

En el año 2020 (Tangarife, 2020) realizó una revisión bibliográfica en revistas indexadas de trabajos relacionados con la automatización de procesos en invernaderos, el trabajo de investigación recopiló información de una gran parte de Latinoamérica abarcando países como Chile, Colombia, México, Perú entre otros.

La investigación de (Tangarife, 2020) constituye en una muy buena base de datos de aplicaciones de automatización implementadas en invernaderos, donde se evidencian aspectos sociales y culturales, los mismos que muchas ocasiones no se les da la importancia adecuada y ni siquiera son tomados en cuenta por parte del investigador. Dentro de los trabajos recopilados por el autor se observa cómo cada una de las aplicaciones se centró en diferentes aspectos como son:

- Redes de sensores inalámbricos
- Visión artificial
- Sistemas adquisición de datos
- Sistema de riego para cultivo hidropónico
- Control en lazo cerrado
- Control Fuzzy
- Infraestructura de invernaderos

La Investigación de (Tangarife, 2020) se tomó en cuenta ya que abarca muchos campos de aplicación y resolución de problemas que se aplican en invernaderos, contar con varias alternativas de solución es primordial al momento de solucionar un problema.

Finalmente, se toma en cuenta un trabajo de investigación donde se implementó un control de humedad ambiental, para ello (Herrera Gonzalez, 2020) en su investigación desarrollada en la ciudad de Quito en el año 2020 plantea el diseño e implementación de un sistema de control del porcentaje de humedad ambiental en un invernadero urbano. Los componentes que utilizó el autor fueron:

- Microcontrolador
- Sensor de humedad del suelo
- Sensor del porcentaje de humedad ambiental

A pesar de que (Herrera González, 2020) utiliza un microcontrolador en lugar de un PLC para realizar el desarrollo e implementación de su sistema, el sensor de porcentaje de humedad (DHTC11) que utiliza es un sensor muy similar al que se usa en este trabajo, por lo que, se tomó en cuenta las configuraciones realizadas para obtener un buen rendimiento, además, cabe destacar los resultados tan prometedores que obtuvo el autor, ya que, al realizar un proyección económica se evidencia como la implementación de sistemas de automatización mejora los procesos y además, significa una mejora en la productividad lo que se traduce a un mayor porcentaje de rentabilidad económica.

La investigación realizada en las tesis y artículos citados ofrecen la posibilidad de conocer aspectos muy importantes con respecto a sistemas de automatización implementados en líneas de producción similares; las investigaciones previas permiten tener alternativas y un conocimiento previo de las maneras como se pueden implementar estos sistemas, posibles resultados esperados y su rentabilidad económica.

1.2. Proceso investigativo metodológico

En este punto se examina la metodología utilizada para implementar el proyecto Automatización del Control Ambiental de la Plantuladora “San Martín”, ubicada en la Provincia de Imbabura, ciudad de Ibarra, parroquia San Francisco.

1.2.1. Tipo de Investigación Utilizada.

El presente trabajo se realizó tras aplicar una investigación de campo en las instalaciones de la Plantuladora San Martín. La investigación parte de la revisión física del invernadero, estado de las cortinas instaladas, levantamiento de información de temperatura y humedad con termohigrómetros manuales dentro de la nave 1 del invernadero.

El levantamiento de información se realizó al colocar un termohigrómetro manual en cada punta del invernadero, se recolectaron datos a diferente hora a lo largo del día.

1.2.2. Recolección de Datos

La recolección de datos comienza a las siete de la mañana, a las ocho de la mañana se abre las cortinas de forma manual y a las ocho y media de la mañana se realiza otra toma de datos de las variables de temperatura y porcentaje de humedad, este proceso se repite a las diez y treinta de la mañana y a las tres y treinta y seis de la tarde; el objetivo de la recolección de datos es definir las reglas del control que se va a implementar, estas reglas se definirán más adelante en conjunto con el experto encargado de la Plantuladora.

Finalmente se realizaron varias etapas de prueba a diferentes horarios modificando las variables de ventilación del invernadero y cómo estas variables afectan a la temperatura y porcentaje de humedad; estas variaciones se evaluaron al controlar el cierre y apertura de las cortinas en forma manual.

1.2.3. Metodología de Implementación

Para el desarrollo e implementación del presente trabajo de investigación se aplicó una metodología cuantitativa, la revisión de literatura jugó un papel importante al momento

de diseñar el sistema de control, sin embargo, las reglas del controlador se establecieron de acuerdo con el conocimiento previo del experto encargado del lugar, la metodología que se siguió a lo largo del proceso de investigación se muestra en la Figura 1.

Figura 1.

Diagrama de bloques de la metodología cuantitativa aplicada en esta investigación



El motivo principal de haber elegido la metodología cuantitativa fue que al tratarse de la automatización de un proceso es conveniente seguir una secuencia de pasos preestablecidos que posean una lógica y, de esta manera determinar todas las variables que van a intervenir en la propuesta planteada en el presente trabajo de investigación.

Al haber implementado una metodología cuantitativa las fases del desarrollo del trabajo de investigación siguieron una cronología lineal, las diez fases que componen la metodología fueron tomadas por lo expuesto en el libro de (Hernández S., Fernández C., & Baptista L., 2016), cada una de las fases son detalladas a continuación.

- **Fase 1: Idea.** La idea inicial consistió en detectar los aspectos críticos durante el proceso de producción de los pilones de la Plantuladora “San Martín” y, solucionar o al menos obtener una mejora significativa en el producto final.
- **Fase 2: Planteamiento del problema.** Tras realizar una observación técnica, empírica y muy detallada de la realidad del proceso de producción; de esta manera se determinó que, la principal problemática es la pérdida de los pilones a corta edad.

- **Fase 3: Revisión de la literatura y desarrollo del marco teórico.** Investigación literaria de trabajos previos, el tópico principal de la recolección de información fue trabajos implementados en invernaderos, la automatización de procesos usando PLC's y sistema de control de condiciones ambientales.
- **Fase 4: Visualización del alcance del estudio.** Al identificar el problema de la mortalidad de los pilones se determinó que el principal causante son las condiciones extremas a las que las plantas pueden llegar a ser sometidas, se identificó que, las variables ambientales más incidentes son la temperatura y el porcentaje de humedad ambiente; por lo tanto se determinó que el sistema de control diseño e implementado en este trabajo de investigación se aplicará únicamente sobre estas variables.
- **Fase 5: Elaboración de hipótesis y determinación de variables.** Las variables a controlar son temperatura y porcentaje de humedad ambiental; para lograr alterar estas condiciones es necesario contar con la posibilidad de introducir aire fresco al interior del invernadero, además, si se acelera el proceso de recirculación de aire se podrá acelerar el proceso de variación de temperatura y humedad, por lo tanto, se opta por la implementación de ventiladores al interior de la Nave y persianas automáticas.
- **Fase 6: Desarrollo del diseño de investigación.** Se establece la cantidad total de actuadores, es decir, el número de ventiladores y persianas; se determina que posiciones para los ventiladores y la posibilidad de variar su posición a conveniencia, las persianas contarán con sensores que indique si se encuentran abiertas o cerradas. Además, es necesario el uso de sensores de temperatura y porcentaje de humedad ambiental que permita implementar un sistema de control de lazo cerrado. Finalmente, al tener todas estas consideraciones es posible realizar el diseño eléctrico del sistema de control y su algoritmo de programación.

- **Fase 7: Definición y selección de la muestra.** Las variables por considerar son la temperatura y el porcentaje de humedad ambiente, el tipo de muestra que se aplicó fue en un intervalo fijo, este intervalo va de manera paralela a la jornada laboral de las trabajadoras.
- **Fase 8: Recolección de los datos.** La recolección de datos se realizó en el intervalo fijo determinado por la muestra, este proceso de recopilación de información se realiza antes y después de la implementación del sistema de control del ambiente.
- **Fase 9: Análisis de los datos.** Los datos recogidos antes de la implementación del sistema de control son tomados como base para implementar las reglas y periodos de acción de la automatización del proceso; los datos tomados después de la implementación del sistema sirven para ser cotejados con los anteriores datos y de esta manera establecer un histograma que permita validar y evidenciar los cambios en el comportamiento de las variables al haber implementado el sistema de control.
- **Fase 10: Elaboración del reporte de resultados.** El reporte de resultados se elaboró, cuantificó y justificó en base a los datos recolectados antes y después de la implementación del sistema de control de las condiciones ambientales interna de la planta, cabe destacar que para el presente trabajo de investigación el reporte de resultados consiste en la elaboración del trabajo de tesis.

CAPÍTULO II: PROPUESTA

A lo largo de todo este capítulo se explica de manera detallada aspectos fundamentales que conforman el sistema de control de temperatura y porcentaje de humedad del invernadero.

2.1 Fundamentos Teóricos Aplicados

En esta sección se detallan conceptos de cada uno de los componentes del sistema de control, se especifica los equipos y dispositivos necesarios para la implementación de la propuesta, el diseño del sistema de control y las conexiones de este.

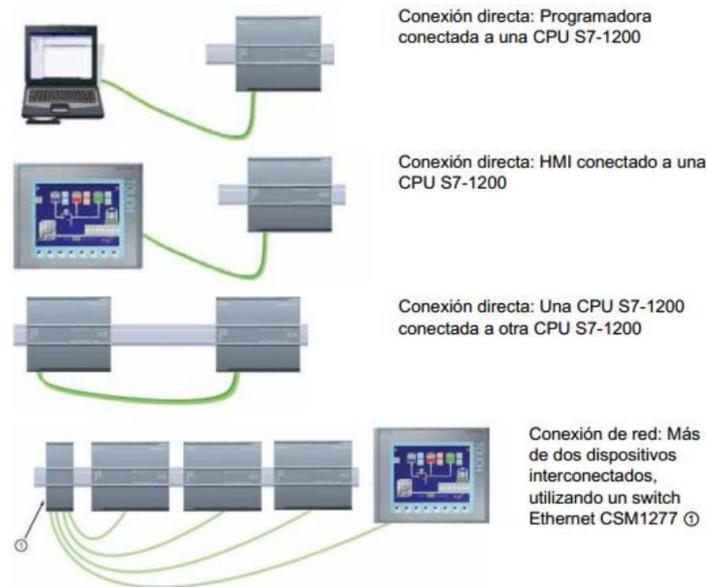
2.1.1 Protocolos de comunicación

El sistema de automatización cuenta con dos dispositivos que se van a comunicar entre sí, el PLC y el HMI, los dispositivos utilizan el protocolo de comunicación MODBUS TCP-IP, la comunicación se realiza de manera física a través de los puertos ethernet de cada uno de los dispositivos (Vásquez Palma, 2018), este tipo de comunicación se realiza al asignar direcciones IP fijas para cada dispositivo, además, el protocolo MODBUS TCP-IP permite la posibilidad de realizar diferentes tipos de configuraciones tal y como se muestra en la Figura 2, en la misma se observa que la comunicación se puede realizar incluso si los dispositivos no están conectados de manera directa, sin embargo, deberán estar conectados a la misma red de transmisión de datos.

La elección del protocolo MODBUS TCP-IP se basa de manera íntegra en la viabilidad de conectar los dispositivos a la red de comunicación propia de la Plantuladora, además, sin ser un dato menor de acuerdo a los manuales del PLC y el HMI este el protocolo idóneo para su interacción sin que exista el riesgo de pérdida de datos o retrasos en su accionamiento.

Figura 2.

Tipos de Configuraciones de Comunicación



Nota. Diagrama Obtenido de (Vásquez Palma, 2018)

2.1.2 Motor doble giro

Es un motor de doble giro liviano de 220V, 100W de potencia 60Hz con fines de carrera regulables el mismo que está sujeto con acople a un tubo el que realiza la guía para que el motor suba al mismo tiempo que la cortina, la Figura 3 muestra el motor montado y acoplado a las cortinas de la NAVE 1 de la Plantuladora.

Figura 3.

Motor de doble giro para cortinas de invernadero



2.1.3 Ventilador

El ventilador es un componente diseñado específicamente para trabajar dentro de invernaderos, el dispositivo funciona a 220V, cuenta con una potencia de medio Hp y funciona a una frecuencia de 60 Hz; dentro de la Nave 1 se ubicaron 5 ventiladores, los mismos que se instalaron sobre unos rieles en la pared sur de la nave el cual se mueve con su soporte con unos rodamientos de manera manual, esto se observa en la Figura 4.

Figura 4.

Ventilador instalado dentro de la Nave 1



2.1.4 Sensor de Temperatura

Es un tipo de resistencia eléctrica donde un conductor metálico aumenta con la temperatura, por lo que es posible realizar sensores metálicos de temperatura siempre que se puedan relacionar fácilmente las respectivas variaciones entre los 100 ohmios a 0°C y 138,5 ohmios a los 100°C. Una ventaja de las sondas Pt100 mostradas en la Figura 5, es que la distancia entre sensor y sistema de adquisición de datos no influye en la medida; además, cuenta con una protección categorizada IP54 (Perdigones, Peralta, Nolasco, Muñoz, & Pacual, 2004), lo que lo convierte en la opción ideal para estar expuesto a exteriores.

Las especificaciones técnicas de los parámetros de voltaje, corriente y rango de temperatura se especifican en la hoja de datos del sensor proporcionada por el fabricante que se encuentra en el **ANEXO 6. Sensor de Temperatura PT100.**

Figura 5.

Sensor de Temperatura PT100.

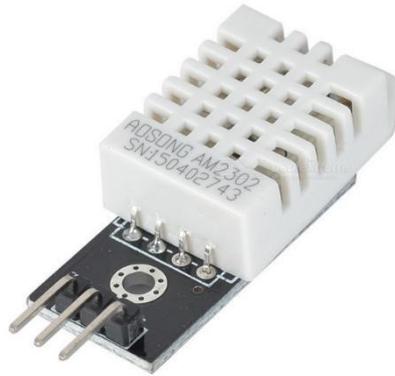


2.1.5 Sensor de Humedad

La propuesta contempla considerar el porcentaje de humedad ambiente del interior del invernadero, de acuerdo con la disponibilidad del mercado, el sensor más adecuado para cumplir con este fin es el sensor de humedad DTH22, el sensor se muestra en la Figura 6.

Figura 6.

Sensor de humedad DTH22



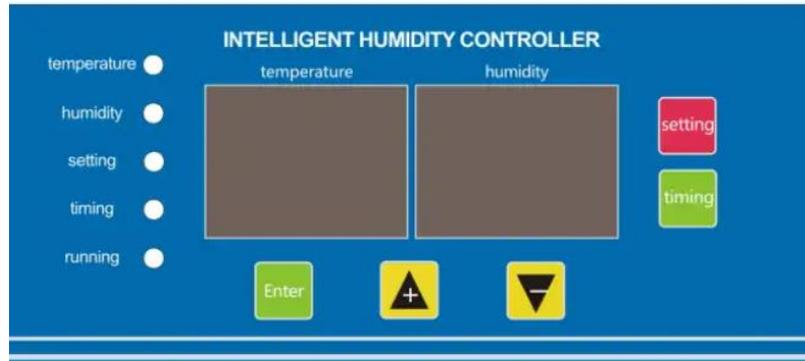
El sensor de humedad es capaz de medir el porcentaje de humedad ambiente (%RH) en un rango de cero a cien por ciento, mientras el sensor se encuentre en un sitio cuya temperatura ambiente no supere los 80°C o que no disminuya de los -40°C, el sensor cuenta con un margen de error del +-2%RH, todos los datos técnicos del sensor se presentan en el **ANEXO 7. Sensor de Humedad**; de acuerdo con los datos de temperatura y humedad de la nave de la Plantuladora el rango de funcionamiento del sensor se encuentra dentro del rango de las condiciones que se experimentan dentro del invernadero.

2.1.6 Controlador de humedad Belin

La lectura de los datos de la temperatura ambiente es obtenida del controlador de humedad inteligente Belin. La portada del controlador se muestra en la Figura 7, este controlador se alimenta a 220V y posee un rango de error del +- 5%, el controlador cuenta con dos pantallas donde se puede observar la temperatura y el porcentaje de humedad ambiental.

Figura 7.

Controlador de Humedad Inteligente BELIN



El controlador cuenta con una salida de relé que se activa o desactiva de acuerdo con los rangos de humedad que sean configurados por el usuario; gracias al controlador se establece el rango del porcentaje de humedad ambiental óptimo para el desarrollo de los pilones.

2.1.7 SIEMENS LOGO 8

El controlador lógico programable o PLC por sus siglas en inglés es un dispositivo que se encarga del automatismo del proyecto el cual permite interactuar los sensores con los actuadores mediante el análisis de la programación de las variables a ejecutar (SICMA21, 2021).

Los PLC son unas de las mejores alternativas para automatizar ya que está basado en microcontroladores y un CPU que es la que se encarga de casi todo el control del sistema, pero tiene una limitante que es el número de entradas y salidas, por lo que toca incrementar módulos de expansión los que se alimenta con una fuente propia de la marca del PLC (SRC, 2019), tal y como se observa en la Figura 8, el PLC cuenta con 4 salidas tipo relé, 6 entradas digitales y 2 entradas analógicas.

Figura 8.

PLC SIEMENS LOGO 8



Nota. La ilustración fue tomada del sitio web de (SIEMENS, 2023).

Debido a la cantidad de actuadores que involucra el sistema de control, es necesario el uso de un módulo de expansión igual al que se muestra en la Figura 9, el módulo de expansión posee de referencia de acuerdo con la hoja de datos técnica adjunta en el **ANEXO 3. Módulo de Expansión 6ED1055-1MA00-0BA2**, el módulo de expansión cuenta con ocho salidas y ocho entradas, el módulo de expansión se muestra en la

Figura 9.

Módulo de Expansión 6ED1055-1MA00-0BA2



Nota. Tomada del sitio web de (SIEMENS, 2023).

EL Logo 8 elegido es el modelo 24RCE por este motivo requiere de una fuente de alimentación de 24V, por lo que, se hará uso de la fuente de alimentación que se muestra en la Figura 10, se optó por esta opción ya que al tratarse de una fuente de alimentación propia de

la marca SIEMENS cumple con todos los estándares y protocolos que exige el fabricante para que el PLC y el módulo de expansión funcionen de manera adecuada, la hoja de datos técnicos de la fuente se muestra en el **ANEXO 4. SIEMENS POWER SUPPLY** y la fuente se presenta en la Figura 10.

Figura 10.

Fuente de 24V de SIEMENS



Nota. Tomada del sitio web oficial de (SIEMENS, 2023)

2.1.8 HMI Kinco GLO43E

La interfaz de un sistema de automatización está dado por un sistema denominado Human Machine Interface o HMI por sus siglas en inglés, el HMI es un sistema de supervisión y control por el que es posible monitorizar en tiempo real los datos de las variables de un proceso, además, en ciertos casos ofrece la posibilidad de control el proceso por medio de botones de mando físicos o virtuales si se trata de una pantalla táctil, el HMI es un componente esencial de Sistemas de Control de Supervisión y Adquisición de Datos (SCADA).

El diseño del HMI es clave al momento de facilitar las acciones de los operarios en su labor cotidiana, también juega un papel fundamental al momento de comunicar algún tipo de falla o alerta mientras un proceso se encuentre en marcha (Espín Martín, 2019).

Figura 11. HMI Kinco GLO43E



Nota. Tomada del sitio web de (Kinco Electric (Shenzhen) Ltd., 2023)

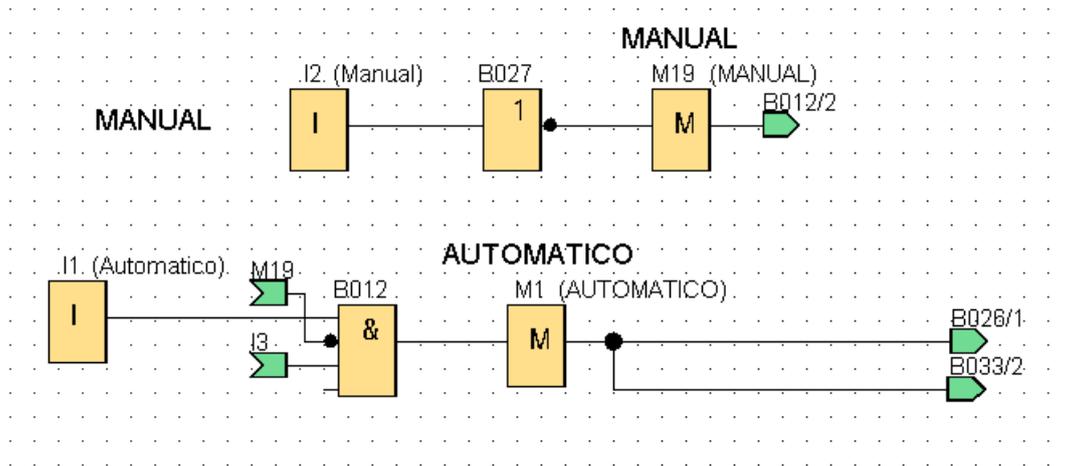
La pantalla táctil Kinco GLO43E cuyos detalles técnicos se encuentran en el **ANEXO 5. HMI KINCO GLO43E**, es una pantalla versátil que ofrece la capacidad de diseñar e implementar un HMI sofisticado o sencillo dependiendo del tipo de aplicación para la que vaya destinado, la pantalla se muestra en la Figura 11; utiliza el protocolo de comunicación MODBUS TCP/IP para enlazarse con el PLC SIEMENS LOGO y, su programación se desarrolla en la interfaz de programación denominada KINCO DTOOLS.

2.1.9 Lenguaje de Programación por Bloques Lógicos FUP

Basado en bloques lógicos, el lenguaje realiza funciones que pueden ser llamadas desde el main principal. Una gran opción al momento de realizar grandes proyectos ya que, a diferencia del lenguaje de programación de escalera o ladder permite realizar una jerarquía haciendo uso de un programa principal y llamando funciones sólo cuando requiere de estas (Montalvo Guerrero, 2019).

Figura 12.

Esquema del Lenguaje de Programación por Bloques



La Figura 12 muestra un esquema de programación de bloques realizado en el software LOGO SOFT Comfort; cada bloque representa una función, entradas, salidas, temporizadores, impulsos son solo algunas de las funciones que ofrece este tipo de lenguaje de programación.

2.2 Descripción de la Propuesta

El sistema de automatización propuesto consiste en implementar un control sobre dos variables ambientales del invernadero de la Plantuladora San Martín, específicamente temperatura y porcentaje de humedad ambiente; el sistema de control manipulará ventiladores y persianas de las cortinas laterales de la NAVE 1 de la Plantuladora “San Martín”, de esta manera, es posible controlar las dos variables ambientales antes mencionadas.

El sistema de “AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL AMBIENTAL DE LA PLANTULADORA SAN MARTÍN” plantea como primer paso determinar las variables de temperatura y porcentaje de humedad ambiental para el accionamiento de los actuadores ventiladores y persianas, además, los procesos, horarios de accionamiento de los actuadores serán supervisados por el experto encargado de la producción de la Plantuladora.

Al establecer los requerimientos planteados por el experto y determinar el comportamiento de las variables de temperatura y porcentaje de humedad ambiental se

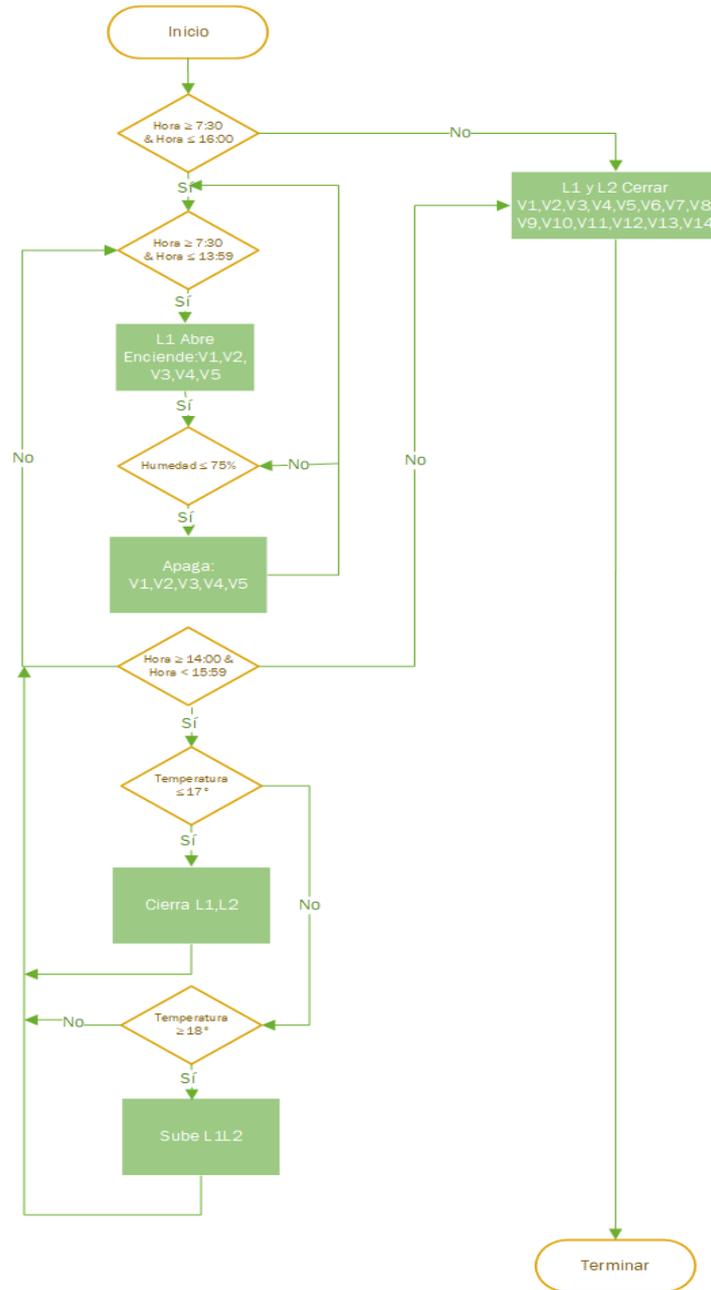
procede a realizar la programación del PLC y HMI; la programación se realizó bajo las recomendaciones de los mismos trabajadores de la industria, siendo uno de sus requerimientos principales un modo manual del sistema de automatización, ya que, el proceso de riego no posee un horario fijo por lo que, el personal requiere poder activar y desactivar los ventiladores a voluntad ya que, su acción es muy importante en el proceso de retiro de excesos de agua.

a. Estructura general

La estructura general del sistema propuesto se muestra gracias a un diagrama de flujo mostrado en la Figura 13, el sistema de control ambiental del invernadero cuenta con cinco ventiladores colocados sobre rieles al interior de la nave 1, además, posee cuatro motores que accionarán las persianas que se encuentran colocadas a cada uno de los costados de la nave, cada uno de estos motores cuentan con sensores magnéticos de final de carrera que dan la señal de cierre o apertura de las persianas, al tratarse de un sistema de control de lazo cerrado se cuenta con dos sensores, el primer sensor es el encargado de medir la temperatura ambiental dentro del invernadero, mientras que el segundo se encarga de medir el porcentaje de humedad ambiental.

Figura 13.

Diagrama de flujo del proceso de automatización de la Plantuladora



Además, el sistema cuenta con un HMI que permite la interacción de manera física y visual con el operario, el HMI ofrece la posibilidad de visualizar el estado de cada uno de los actuadores que componen el sistema de automatización.

b. Explicación del aporte

La automatización del proceso de control de temperatura y porcentaje de humedad relativa constituye un enorme paso en el mejoramiento de la productividad de la Plantuladora,

ya que los procesos de control ambiental actualmente se realizan de manera manual y están a cargo de las trabajadoras de la industria; al realizar el proceso de control ambiental de manera automática conlleva un ahorro de tiempo importante y un proceso menos a las que las trabajadoras deben estar pendientes, de esta manera podrán centrar su atención en maximizar la productividad.

La optimización del proceso de control ambiental permitirá a la Plantuladora ofrecer productos de mejor calidad, acortando tiempos y aprovechando al máximo los recursos necesarios para la obtención de las plántulas.

Finalmente, la industria “San Martín” marca un precedente y da un paso muy importante rumbo a la implementación de las prácticas de la Industria 4.0.

c. Estrategias y/o técnicas

En esta sección se detallan todos los pasos que se dieron para el desarrollo e implementación del sistema de control del invernadero, el procedimiento de desarrollo del controlador y su programación se estableció siguiendo la guía de recomendación GEMMA expuestas por (Rodríguez, 2023).

Recolección de Datos. De acuerdo con el criterio de investigación cuantitativa señalados en la sección 1.2.3 se procedió a la recolección de los datos de temperatura y porcentaje de humedad ambiente. Se inicia con la toma de datos cuando las trabajadoras de la industria comienzan su jornada laboral tal y como se observa en la Figura 14 la primera toma de datos se obtiene antes de las siete de la mañana.

Figura 14.

Toma de datos matutinos.



La recolección de datos se realizó con un sensor de temperatura y humedad HTC-1, este sensor se utilizó a lo largo de todo el proceso de recolección de datos ya que, ofrece medidas confiables de acuerdo con el encargado de la industria.

La segunda toma de datos se realiza luego del proceso de riego que realizan las trabajadoras, cabe mencionar que el riego no se da en un horario predefinido, ya que, depende de las condiciones ambientales externas y si la planta lo requiere o no.

Finalmente, cuando las trabajadoras terminan su jornada laboral se realiza una toma de datos final, la lectura se da alrededor de las cuatro de la tarde.

Fases de Desarrollo del Sistema de Control. El primer paso definió los modos de funcionamiento que tendrá el sistema de automatización, el sistema posee un **Modo Automático**, las reglas que rigen el modo automático se definieron de manera conjunta con el ingeniero jefe encargado de la producción de la Plantuladora en función de los datos recolectados en la sección anterior, además, el sistema cuenta con un **Modo Manual** esto es de gran utilidad para los operarios de la Plantuladora ya que, dependiendo de las condiciones meteorológicas extremas que puedan llegar a presentar existen momentos donde los ventiladores o persianas se deben activar fuera de los casos programados en el modo automático; a continuación se detalla cada uno de los modos.

Modo de funcionamiento automático. El sistema en su modo de funcionamiento automático comienza a funcionar a las siete y treinta de la mañana, en este punto los ventiladores entran en acción, esto lo harán durante veinte minutos o hasta que el porcentaje de la humedad ambiente sea inferior al setenta y cinco por ciento.

Además, a las siete y treinta se produce la apertura de dos de las persianas que posee el invernadero, las cortinas que se abren son contiguas, por este motivo se denominó a estas dos cortinas como L1, mientras que al otro par de cortinas se denomina L2.

A partir de las dos de la tarde el sistema mide la temperatura interna del invernadero y se estableció que, si la temperatura supera los dieciocho grados centígrados se realice la apertura del par de cortinas denominado L2.

Finalmente, cuando sean las cuatro de la tarde sin importar las condiciones ambientales las persianas se cerrarán y así permanecerán hasta el día siguiente.

Modo de funcionamiento manual. En su modo manual donde el usuario tiene la posibilidad de activar de manera manual cualquiera de los actuadores que componen el sistema, sea persiana o ventilador.

Las condiciones de los actuadores, así como también las condiciones de cierre o apertura de las persianas podrán ser observadas en tiempo real por medio de la pantalla HMI con la que cuenta el sistema de control y que se encuentra incorporada al tablero de control.

Programación del PLC. El desarrollo de la programación del sistema de automatización tal y como se mencionó se basa en las reglas establecidas en la Figura 13. Como primer paso se definió el número de entradas y salidas con las que contará el sistema, la Tabla 1 presenta la lista de todas las entradas y salidas con las que cuenta el PLC y su módulo de expansión, además, a un lado de cada una de la entrada o salida utilizada se encuentra una pequeña descripción del papel que juega dentro del sistema de control.

Tabla 1. Entradas y Salidas del PLC

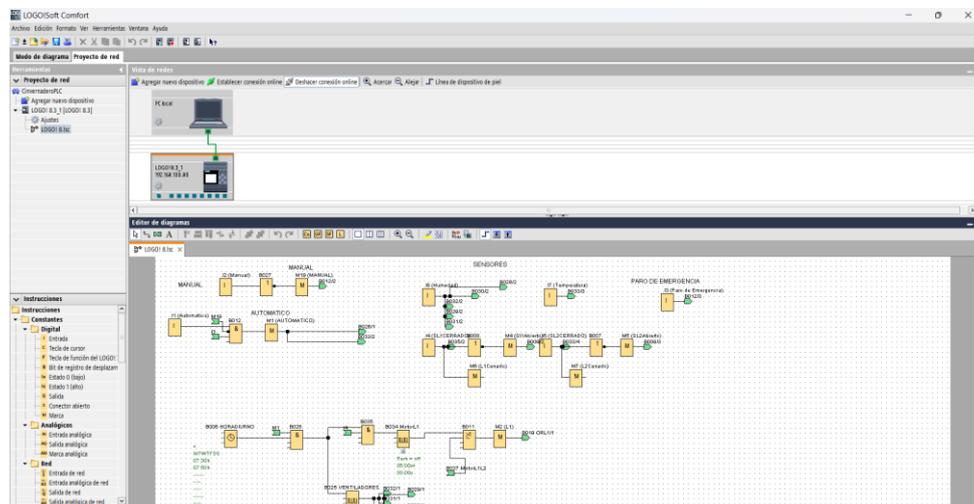
ENTRADAS	DESCRIPCIÓN	SALIDAS	DESCRIPCIÓN
I1	Automático	Q1	Persianas L1
I2	Manual	Q2	Persianas L2
I3	Paro de Emergencia	Q3	Ventilador V1
I4	Sensor de Persianas L1 Cerrado	Q4	Ventilador V2

I5	Sensor de Persianas L2 Cerrado	Q5	Ventilador V3
I6		Q6	Ventilador V4
IA7	Sensor de Temperatura	Q7	Ventilador V5
IA8	Sensor de Porcentaje de Humedad	Q8	

Una vez establecidas las reglas y haber designado cada una de las entradas y salidas del PLC se procede a realizar la programación. Este proceso se realizó por medio de la interfaz de programación propia de la marca denominada “LOGO Soft Comfort” en su versión 8.3.0, la Figura 15 ofrece un vistazo de esta interfaz, esta plataforma de programación permite la posibilidad de realizar la programación en dos diferentes tipos de lenguaje, Ladder y bloques, el sistema fue desarrollado con el lenguaje de bloques lógicos.

Figura 15.

Interfaz de Programación LOGO SOFT COMFORT



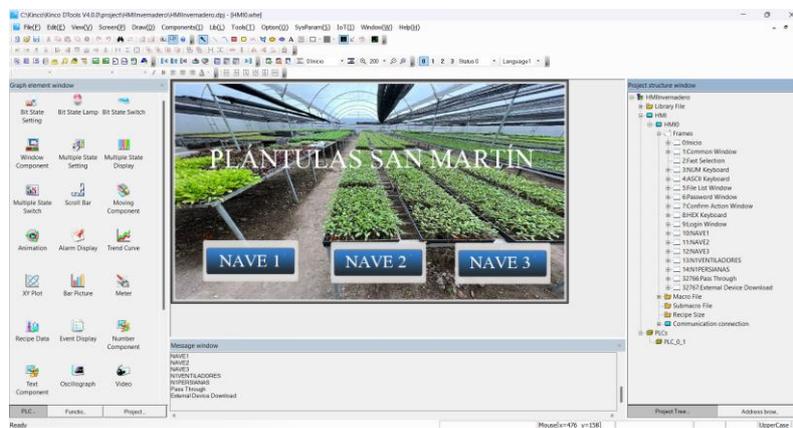
El programa implementado se detalla en el **ANEXO 8. Planos de Programación**, además, en los planos se describen cada una de las entradas, salidas y marcas que se utilizaron.

Programación del HMI. La programación de la HMI se realizó en la plataforma propia de la marca de la pantalla táctil, esta plataforma se denomina Kinco DTools, la Figura 16 muestra la interfaz gráfica y su presentación en Windows 11.

La plataforma ofrece múltiples herramientas para el desarrollo de HMI, es posible colocar botones, imágenes, indicadores visuales incluso existe la posibilidad de mostrar indicadores dinámicos capaces de graficar las curvas de comportamiento de variables en tiempo real.

Figura 16.

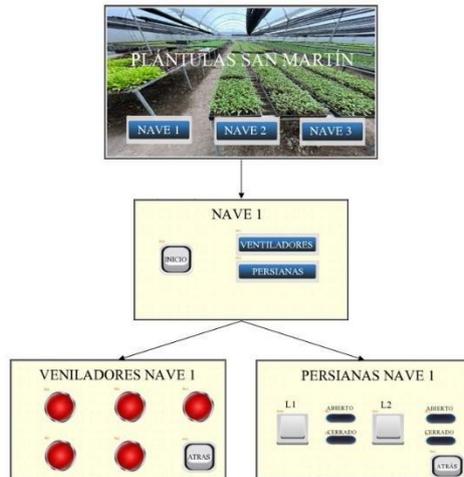
Interfaz gráfica Kinco DTools



El HMI implementado en el sistema de control posee una disposición sencilla pero que se pensó para facilitar la interacción de los operarios. El esquema diseñado para el HMI y desarrollado en la plataforma Kinco DTools se muestra en la Figura 17.

Figura 17.

Esquema de Pantallas del HMI



El sistema cuenta con cuatro pantallas, una pantalla de inicio y tres secundarias; en la pantalla de inicio el usuario es capaz de elegir a cuál de las tres naves con las que cuenta la Plantuladora desea entrar, se colocó las 3 opciones debido a que se planea implementar el sistema de control en las naves restantes, la pantalla de inicio se muestra en la Figura 18.

Figura 18.

Pantalla de Inicio del HMI

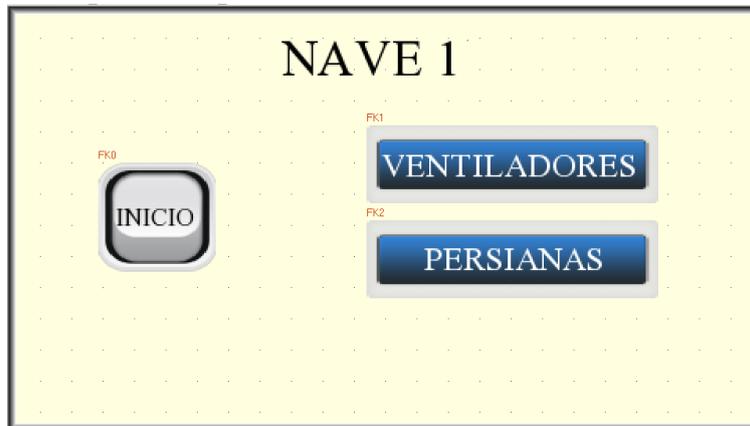


Al seleccionar la opción de “NAVE 1” se despliega una pantalla secundaria, esta pantalla muestra los actuadores con los que cuenta el sistema de automatización en la NAVE 1, la pantalla muestra tres botones, “Inicio” que nos llevará de regreso a la pantalla de Inicio, un

segundo botón denominado “Ventiladores” este botón nos llevará a una nueva pantalla secundaria y, un tercer botón denominado Persianas, la pantalla se muestra en la Figura 19.

Figura 19.

Pantalla Secundaria de la NAVE 1

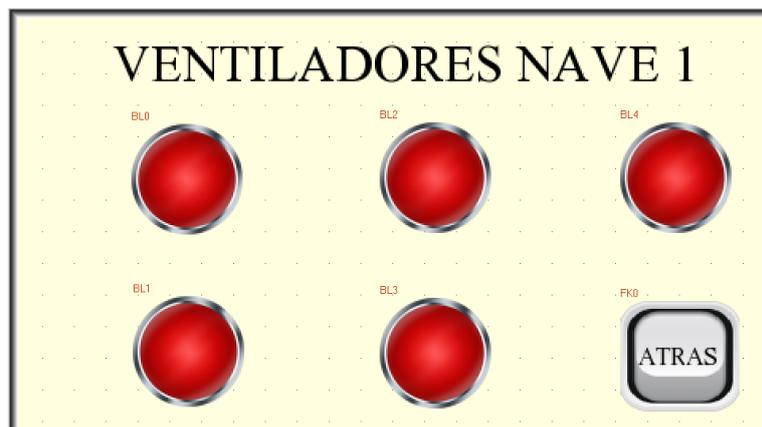


Dependiendo de la opción que elija el usuario se desplegará una u otra pantalla secundaria, en este ejemplo, el usuario habrá seleccionado la opción de ventiladores, al presionar el botón se desplegará la pantalla que se muestra en la Figura 20, esta es una pantalla secundaria que muestra cinco indicadores gráficos y un botón “ATRÁS”.

Los indicadores representan cada uno de los cinco ventiladores con los que cuenta la Nave 1 y cambiarán su color dependiendo de que, si los ventiladores están encendidos o apagados, además, la interfaz cuenta con un botón que llevará al usuario a la pantalla anterior esta pantalla secundaria se muestra en la Figura 20.

Figura 20.

Pantalla Secundaria de Ventiladores Nave 1



Si, el usuario seleccionó el botón de “Persianas” el HMI lo llevará a la interfaz que se muestra en la Figura 21, esta pantalla permite al usuario conocer el estado de las persianas del invernadero, tal y como se había mencionado en secciones anteriores las cuatro persianas del invernadero se subdividen en pares, denominados L1 y L2; además, el usuario cuenta con la posibilidad de accionar las persianas de forma Manual.

Figura 21.

Pantalla Secundaria de Persianas de la Nave 1



Toma de temperatura y porcentaje de humedad. La toma de la lectura de los datos de temperatura y porcentaje de humedad ambiental se realiza por medio del controlador de humedad inteligente BELIN, es gracias a la implementación de este controlador que se establece el rango del porcentaje de humedad ambiente óptimo para el desarrollo de las plantas, si el porcentaje de humedad se encuentra fuera de este rango el controlador emite una señal digital que va al PLC y este dependiendo de la situación activa o desactiva los actuadores (ventiladores, persianas), de esta manera modifica las condiciones ambientales y las coloca nuevamente dentro de los rangos óptimos para el crecimiento de las plántulas.

Figura 22. Controlador inteligente de humedad BELIN

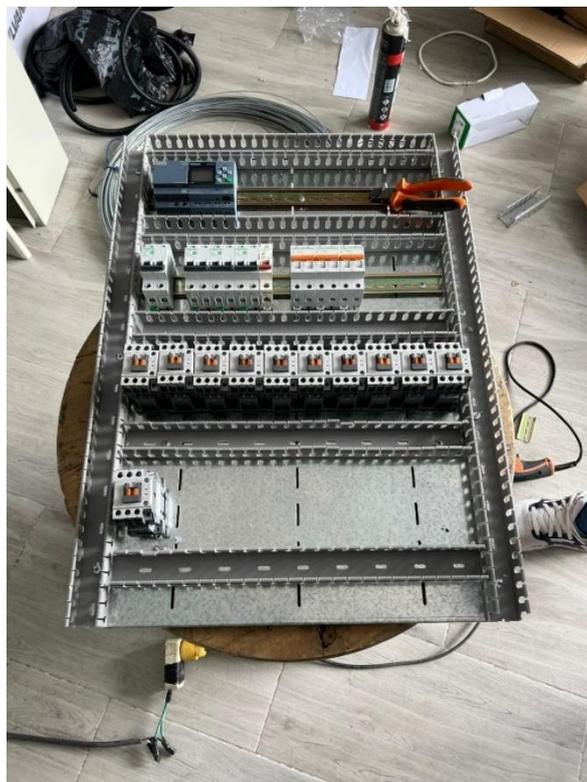


La Figura 22 muestra la parte frontal del controlador de humedad inteligente BELIN.

Implementación del sistema. De acuerdo con el diagrama eléctrico que se muestra en el ANEXO 1. Diagrama Electrónico De La Tarjeta De Control se procedió con el armado del tablero de control, el primer paso fue la colocación de todos los dispositivos que componen el sistema de control, tal y como se muestra en la Figura 23, en ella se aprecia como se ubicó al PLC en la parte superior izquierda del tablero, se colocaron los breakers en la segunda fila y en las filas tres y cuatro se colocaron los contactores.

Figura 23.

Ubicación de los elementos del tablero de control del sistema de automatización



Tras concluir con el proceso de montaje de los elementos se procede con la colocación de los conductores, para ello y al tratarse de un tablero de control se utilizó cable de control número 14, en la Figura 24 se aprecia la parte interna del tablero, todos los elementos se encuentran conectados, además, en la misma imagen ya se aprecia el tablero montado en su posición final dentro de la Plantuladora.

Figura 24.

Tablero de Control Finalizado y Montado



El PLC requiere de estar conectado a una red de comunicación para poder enlazarse con la pantalla HMI, por esta razón se colocó un switch de internet que permite esta comunicación entre los dos dispositivos, este montaje se observa en la Figura 25.

Figura 25.

Ubicación del PLC en el Tablero de Control



El sistema de automatización desarrollado a lo largo de este trabajo constituye la primera etapa del sistema de control ambiental de los invernaderos de la Plantuladora, sin embargo, el tablero de control servirá para la automatización total del sistema por lo que, se colocó todos los elementos necesarios para poder realizar la implementación total del sistema, al observar la Figura 26 se aprecia la parte frontal del tablero de control esto es fácil de evidenciar la magnitud y proyección que posee el mismo.

Figura 26.

Parte frontal del tablero de control.



El HMI del sistema de control se encuentra localizado en la parte frontal del tablero de control, tal y como se muestra en la Figura 26, se eligió esta localización ya que el tablero de control se encuentra en un punto central y estratégico de la industria, por lo que, la manipulación de los elementos del sistema resulta práctica.

Puesta en marcha del sistema de automatización. Al haber finalizado el proceso de implementación del sistema, se procede a realizar la etapa de pruebas y puesta en marcha del control de temperatura y porcentaje de humedad.

2.3 Validación de la propuesta

En esta sección se presenta y da una pequeña descripción de cada uno de los tres validadores que examinaron la implementación y funcionamiento del presente trabajo de investigación.

Tabla 2.

Descripción del perfil de Validadores

Nombres y Apellidos	Años de experiencia	Titulación Académica	Cargo
Gladys Sofía Rodríguez Játiva	10 años	Ingeniera Agropecuaria	Gerente Propietaria Plántulas San Martín
Francisco Xavier Grijalva Mantilla	4 años	Magister en Energías Renovables	Especialista Fotovoltaico de la Empresa Norsolar S.C.C.
Alexis Damián Montalvo Guerrero	4 años	Máster en Electrónica, Robótica y Automática.	Especialista en Automatización de la Empresa Norsolar S.C.C.

Las actas de revisión de cada uno de los validadores se encuentran adjuntas en el **ANEXO 9. Actas de los Revisores.**, cada una de ellas fue completada, comentada y firmada por todos los revisores.

2.4 Matriz de articulación de la propuesta

En la presente matriz se sintetiza la articulación del producto realizado con los sustentos teóricos, metodológicos, estratégicos-técnicos y tecnológicos empleados.

Tabla 3.

Matriz de Articulación de la Propuesta

	Ejes o partes principales del proyecto	Breve descripción de los resultados de cada parte	Sustento teórico que se aplicó en la construcción del proyecto	Metodologías, herramientas técnicas y tecnológicas que se emplearon
1	Automatización del Control Ambiental de la Plantuladora San Martín Variables de entrada análogas para los sensores y digitales para los fines de carrera encendidos manuales de persianas y ventiladores y paro de emergencia.	Con los sensores se recoge las variables de temperatura y humedad, con los fines de carrera obtenemos el inicio y la llegada de la posición del motor y de la misma manera el estado de los actuadores persianas y ventiladores.	Matemáticas Aplicadas Electricidad y Electrónica Redes Electrónica	Investigación de campo para recolectar los datos de temperatura y humedad del invernadero. Cálculos de porcentajes de Humedad y Temperatura. Conexión física de los contactores y elementos del tablero y de los sensores. Conexión TCP/IP con la pantalla HMI el PLC y a la Intranet.
2	Programación del PLC SIEMENS LOGO Programación de la pantalla HMI HMI GLO43E 4.3``	El PLC SIEMENS LOGO Se programo utilizando lenguaje electrónico de Bloques FUP donde implementamos líneas de tiempo en las entradas y salidas para resolver acciones de los actuadores y condiciones matemáticas. Se instalan los sensores de señales análogas para lectura de humedad y temperatura.	Programación de PLC SIEMENS LOGO. Programación del HMI GLO43E 4.3``	Logo Soft Confort V8.3 KINCO DTools V4.0.

		La interfaz HMI se encuentra programada con tres pantallas la primera el menú principal de selección de las naves, la segunda selectora de los actuadores ventiladores y persianas y la tercera indica estados de actuadores.		
3	<p>Construcción y Montaje del tablero de control en el área seleccionada.</p> <p>El tablero alberga el PLC SIEMENS LOGO, la fuente de poder para el PLC, HMI, Contactores y Sensores.</p>	<p>Se realiza el diseño del tablero tomando en cuenta las acciones manuales y automáticas que vamos a tener en las condiciones del Invernadero.</p> <p>Se utiliza todo el cableado con cables certificados de control con sus respectivas protecciones para evitar daños en el funcionamiento general de Automatismo.</p>	<p>Cables Certificados de red (patch cord Cat.6).</p> <p>Instalaciones eléctricas.</p> <p>Protocolos de comunicación Modbus – TCP/IP.</p>	<p>Diseño del diagrama de flujo en Visio.</p> <p>Diseño del circuito de control en Autocad.</p>

2.5 Análisis de resultados. Presentación y discusión.

A lo largo del desarrollo de esta sección se realizará una comparativa entre los datos de la lectura de las variables de temperatura y porcentaje de humedad ambiental y los datos luego de haber implementado el sistema de automatización.

Tabla 4.

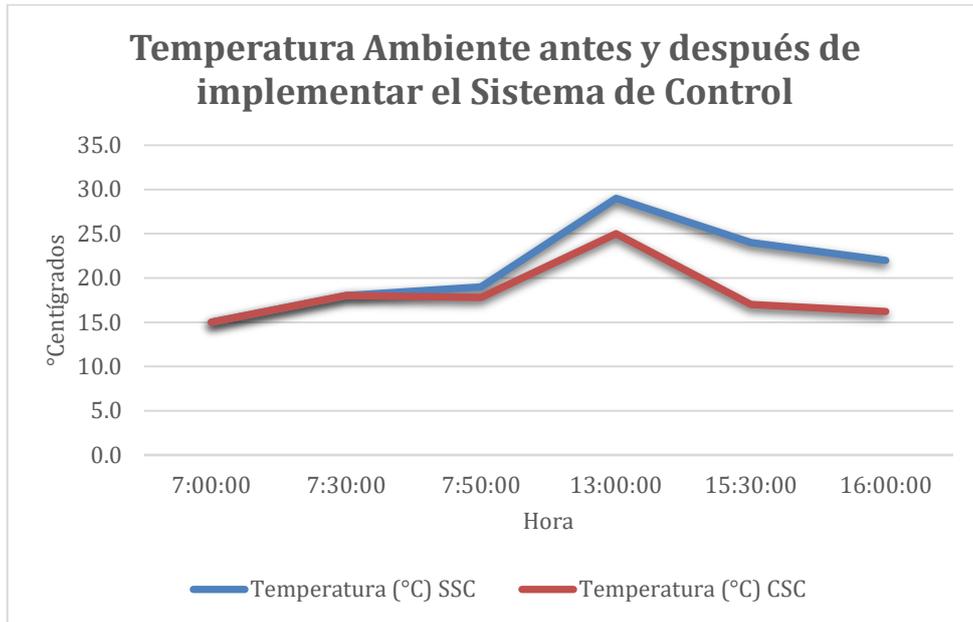
Datos obtenidos antes y después de implementar el sistema de control

Hora	Sin el Sistema de Control		Con el Sistema de Control	
	Temperatura (°C) SSC	Porcentaje de Humedad Ambiente (%RH) SSC	Temperatura (°C) CSC	Porcentaje de Humedad Ambiente (%RH) CSC
7:00:00	15,0	95	15,0	94
7:30:00	18,0	89	18,0	88
7:50:00	19,0	87	17,8	71
13:00:00	29,0	68	25,0	65
15:30:00	24,0	78	17,0	74
16:00:00	22,0	88	16,2	76

Nota. Los datos mostrados corresponden a diferentes días, sin embargo, se trató de que las condiciones ambientales externas sean similares con la finalidad de que, la veracidad de los datos sea la mayor posible. SSC (Sin Sistema de Control), CSC (Con Sistema de Control).

A partir de los datos mostrados se realizaron gráficas comparativas entre los datos de temperatura del invernadero sin el sistema de control versus la temperatura obtenida cuando el sistema de control fue implementado, las curvas se muestran en la Figura 27.

Figura 27. Curvas de temperatura interna del invernadero antes vs después de implementar el sistema de Control

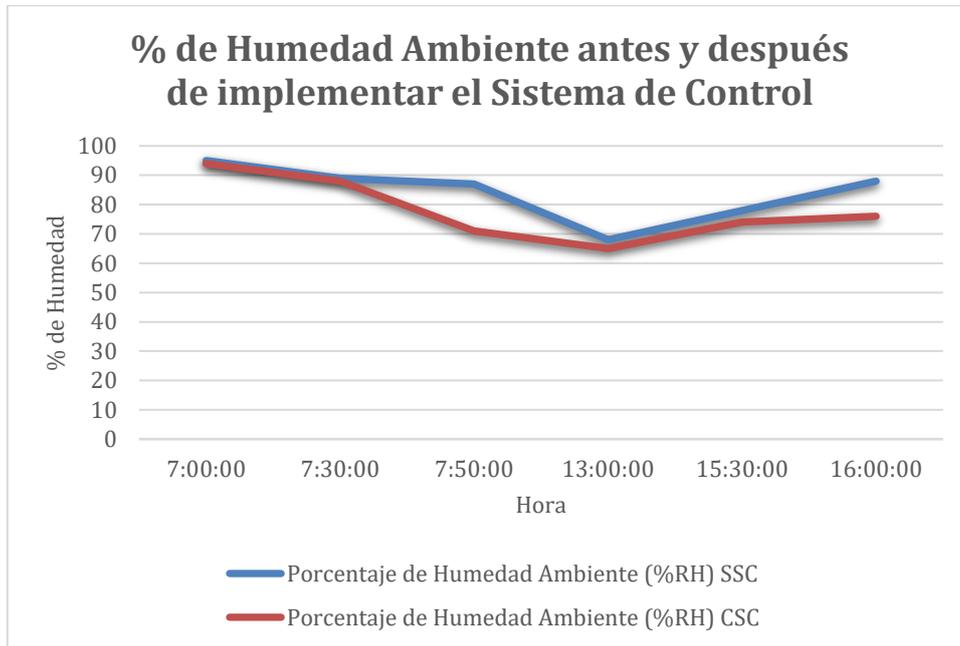


A partir del comportamiento de las curvas de la Figura 27 se evidencia una diferencia marcada sobre todo al final de la jornada laboral, donde la temperatura pasó de 22°C a 16,2°C, tomando en cuenta que al final de la jornada laboral las trabajadoras cerraban las persianas de manera manual y la temperatura interna se mantenía resultaba ser perjudicial para los pilones ya que según el encargado el rango de temperatura debe mantenerse entre los 16°C y los 19°C. El sistema de control funcionó y la temperatura obtenida tras su implementación se encuentra dentro de ese rango.

Al igual que con la temperatura y a partir de los datos recolectados se realizó una gráfica comparativa entre las curvas de comportamiento del porcentaje de humedad ambiente antes versus después de haber implementado el sistema de control.

Figura 28.

Curvas del porcentaje de humedad ambiente interna del invernadero antes vs después de implementar el sistema de Control



La Figura 28 muestra las curvas de comportamiento del porcentaje de humedad ambiente, cabe mencionar que el experto estableció que el rango ideal para el crecimiento de los pilones debe encontrar dentro del rango que va del 75% al 80% de humedad ambiente. Al final del día el porcentaje de humedad obtenido fue del 76% mientras que antes de la implementación del sistema de control rondaba el 88%.

A pesar de que se observa una mejora significativa y los resultados de la temperatura y porcentaje de humedad relativa son muy prometedores existe la problemática del tiempo que los ventiladores deben estar encendidos para bajar el porcentaje de humedad relativa; ya que, las naves de la Plantuladora no cuentan con la suficiente ventilación, esto se debe a que a pesar de abrir las persianas muy cerca de las paredes del invernadero se encuentran paredes de concreto lo que dificulta en gran medida un flujo de aire elevado.

Los invernaderos ofrecen un campo de acción muy atractivo para la automatización, en específico el siguiente paso del proyecto es implementar el control de temperatura y ambiente en las dos naves restantes de la Plantuladora San Martín, además, sería un trabajo muy interesante implementar un control de luminosidad y de riego automático de los pilones.

CONCLUSIONES

La automatización del sistema de control ambiental consigue disminuir de manera significativa la mortalidad de los pilones en su proceso de crecimiento.

La automatización del control ambiental en las Plantuladoras ayuda a controlar las variables ambientales dentro de los rangos óptimos del porcentaje de humedad ambiental y temperatura, esto se consigue gracias a la implementación de ventiladores internos y apertura y cierre automático de las persianas.

Con la implementación del interfaz usuario HMI en el tablero de control de la Plantuladora, el usuario es capaz de visualizar el estado de los ventiladores y las persianas, además, el HMI permite al usuario manipular a través de la pantalla la apertura y cierre de persianas, además, puede controlar el accionamiento de los ventiladores si las condiciones así lo ameriten.

El control de la temperatura y humedad automático permite decisiones de riego según las condiciones en la que se muestre el ambiente, estableciendo parámetros de cantidad de riego en la mañana y tarde, e incluso decidir no realizar riego.

A partir de los datos obtenidos antes y después de la implementación del sistema de control ambiental se observa una mejora significativa en los rangos de las condiciones ambientales a las que las plántulas se exponen durante su proceso de crecimiento.

RECOMENDACIONES

Realizar la capacitación al personal encargo de la supervisión de la Plantuladora para el correcto funcionamiento del automatismo.

Generar Manuales de operación y mantenimiento de los actuadores para eliminar fallos mecánicos en los mismos y evitar posibles daños graves en los mismos.

Tener las instalaciones eléctricas en buenas condiciones si es posible con redundancia en equipos como plantas eléctricas o UPSs, para qué el sistema de automatización trabaje las 24/7 sin paros eternos.

Crear un protocolo de mantenimiento correctivo adquiriendo actuadores y sensores para remplazo instantáneo en caso de daños severos en los dispositivos y equipos antes mencionados.

Tener respaldos de las configuraciones realizadas en el PLC y HMI para posteriores cambios de parámetros o crecimiento de estos.

REFERENCIAS

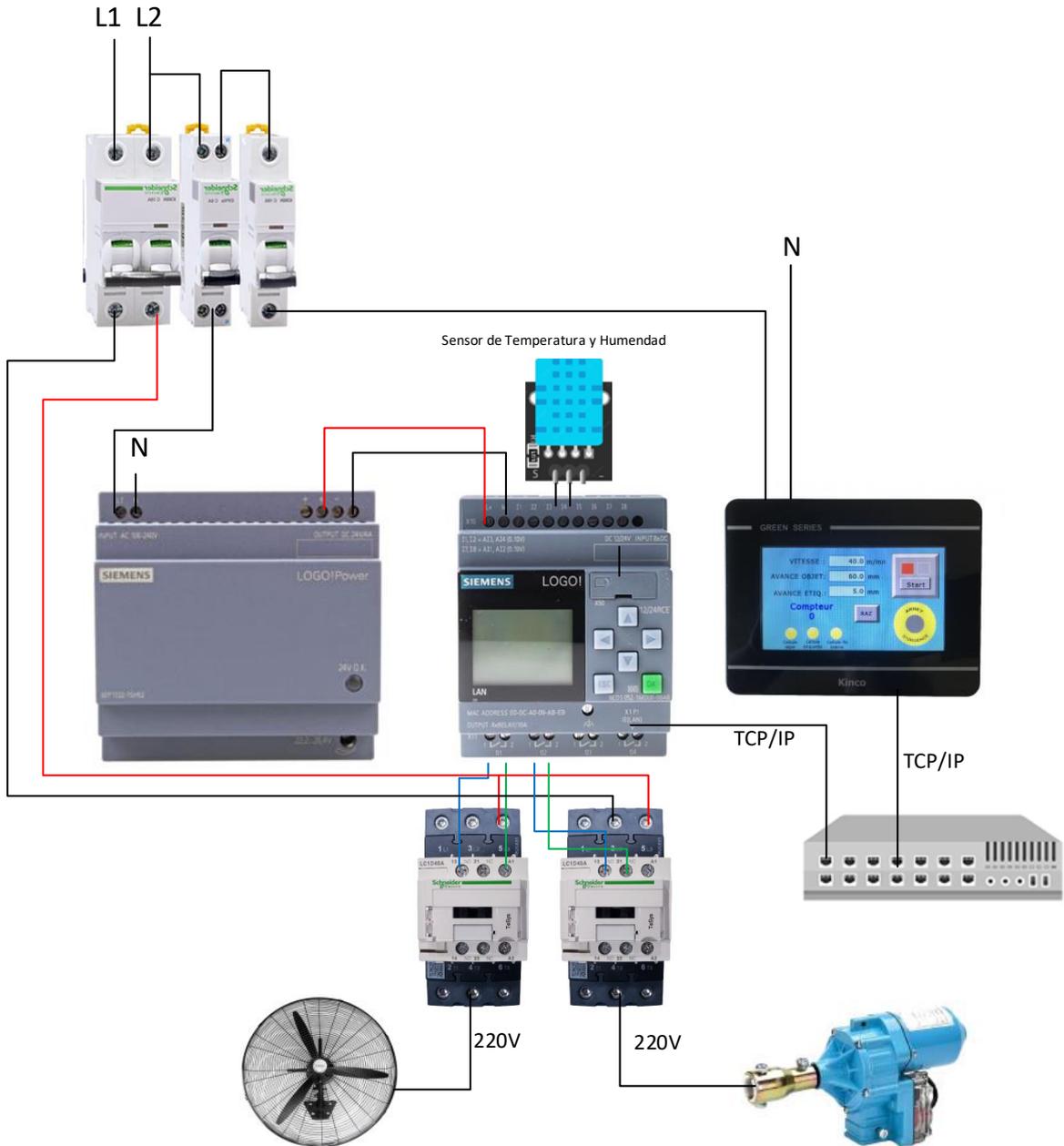
- Espín Martin, J. V. (2019). Desarrollo de HMI para el monitoreo de una central de control de motores para la refinería La Libertad. Quito, Ecuador.
- Hernández S., R., Fernández C., C., & Baptista L., P. (2016). *Metodología de la Investigación 6ta Edición*. México D.F.: MacGraw-Hill.
- Herrera Gonzalez, J. S. (2020). Diseño y construcción de un prototipo de invernadero urbano automatizado de tres metros cúbicos que permita controlar la humedad relativa por medio de microcontroladores para generar una producción constante de alimentos orgánicos. *Tesis de Licenciatura*.
- Kinco Electric (Shenzhen) Ltd. (2023). *GREEN Series*. Obtenido de Kinco Web site:
www.en.kinco.cn
- Montalvo Guerrero, A. (2019). Diseño de aplicación para formación: control de temperatura mediante PLC.
- Perdigones, A., Peralta, I., Nolasco, J., Muñoz, M., & Pacual, V. (2004). Sensores para el control climático en invernadero. *Tecnología de Producción*, 44-49.
- Rodriguez, J. A. (2023). *Guía GEMMA*. Obtenido de Infoplac Web Site: <https://www.infoplac.net/SICMA21>. (14 de 10 de 2021). *SIGMA21*. Obtenido de SIGMA21 Web site: www.sicma21.com
- SIEMENS. (2023). *LOGO! Basic Modules*. Obtenido de SIEMENS Web site:
www.new.siemens.com
- SRC. (2019). *Inicio: ¿Que es un PLC?* Obtenido de Sistemas de Regulación y Control Web site:
www.srcsl.com
- Tangarife, H. T. (2020). Sistemas automatizados para el control del recurso hídrico y variables ambientales bajo invernadero: aplicaciones y tendencias. *Entre Ciencia e Ingeniería*, vol.14, no 27, 91-98.

Vásquez Palma, J. A. (2018). Homologación de protocolo de comunicación modbus RTU a protocolo modbus TCP-IP utilizando un controlador lógico programable. Guatemala: Universidad de San Carlos de Guatemala.

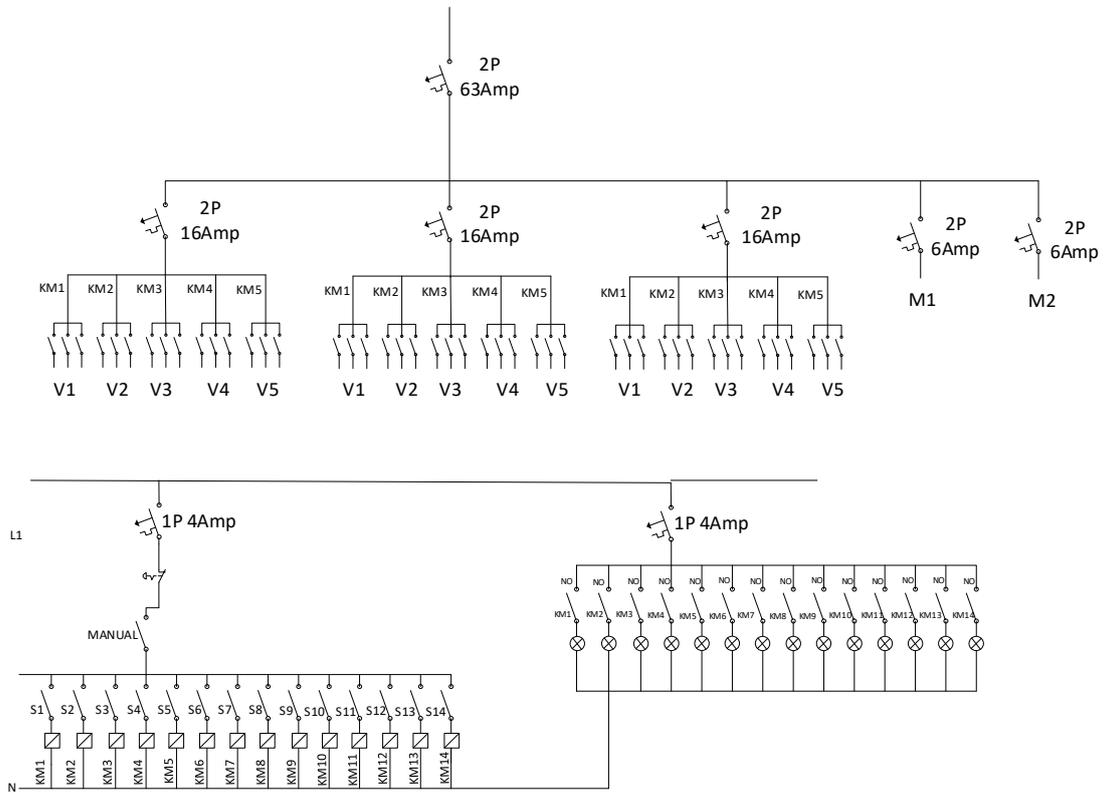
ANEXOS

ANEXO 1. Diagrama Electrónico De La Tarjeta De Control

DIAGRAMA DE CONEXIÓN



UNIFILAR ELÉCTRICO



SIEMENS

Hoja de datos

6ED1052-1MD08-0BA1



Figura similar

LOGO! 12/24RCE, mód. lógico, display FA/E/S: 12/24 V DC/relé, 8 DI (4 AI)/4 DO, mem. 400 bloques, posibilidad de ampliación modular, Ethernet, servidor web integrado, Datalog, páginas web personalizadas, tarjeta microSD estándar para LOGO! Soft Comfort a partir de V6.3, proyectos anteriores ejecutables conexión a la nube en todos los aparatos base LOGO! 8.3

Display	
Con display	Sí
Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	
• 12 V DC	Sí
• 24 V DC	Sí
Rango admisible, límite inferior (DC)	10,5 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,5 V
Hora	
Programadores horario	
• Cantidad	400; Máx. 400, según la función
• Reserva de marcha	480 h
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8; de ellas, 4 aptas como E analógicas (0 a 10 V)
Salidas digitales	
Número de salidas	4; Relé
Protección contra cortocircuito	No; requiere protección externa
Intensidad de salida	
• para señal "1" rango admisible para 0 a 55 °C, máx.	10 A
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A
— con carga resistiva, máx.	10 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	Sí; Desparasitado según EN 55011, clase límite B
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	Sí
Homologación CSA	Sí
Homologación UL	Sí
Homologación FM	Sí
desarrollado conforme a IEC 61131	Sí
según VDE 0631	Sí

Homologaciones navales	SI
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	-20 °C; Sin condensación
• máx.	55 °C
Temperatura ambiente en almacenaje/transporte	
• mín.	-40 °C
• máx.	70 °C
Altitud en servicio referida al nivel del mar	
• Temperatura ambiente-presión atmosférica-altitud de instalación	Tmín ... Tmáx a 1 050 hPa ... 795 hPa (-1 000 m ... +2 000 m)
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Altura	90 mm
Profundidad	60 mm
Última modificación:	26/02/2021 

ANEXO 3. Módulo de Expansión 6ED1055-1MA00-0BA2

SIEMENS

Hoja de datos

6ED1055-1NB10-0BA2



Módulo ampl. LOGO! DM16 24R, FA/E/S: DC 24V/DC 24V/relé, 5 DI/8 DO, 4TE para LOGO! 5

Diseño/montaje	
Montaje	sobre perfil normalizado de 35 mm, 4 módulos de ancho
Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	Si
• 24 V DC	
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V
Valor nominal (AC)	No
• 24 V AC	
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8
Tensión de entrada	
• Tipo de tensión de entrada	DC
• para señal "0"	< 5 V DC
• para señal "1"	> 12 V DC
Intensidad de entrada	
• para señal "0", máx. (intensidad de reposo admisible)	0,85 mA
• para señal "1", típ.	2 mA
Retardo a la entrada (a tensión nominal de entrada)	
para entradas estándar	
— en transición "0" a "1", máx.	1,5 ms
— en transición "1" a "0", máx.	1,5 ms
Salidas digitales	
Número de salidas	5; Relé
Protección contra cortocircuito	No
Ataque de una entrada digital	Si
Poder de corte de las salidas	
• con carga tipo lámpara, máx.	1 000 W
Intensidad de salida	
• para señal "1" valor nominal	5 A
• para señal "1" intensidad de carga mínima	100 mA
Conexión en paralelo de dos salidas	
• para aumentar la potencia	No
Frecuencia de conmutación	
• con carga resistiva, máx.	2 Hz
• con carga inductiva, máx.	0,5 Hz
• mecánico, máx.	10 Hz
Salidas de relé	
Poder de corte de los contactos	
— con carga inductiva, máx.	3 A

— con carga resistiva, máx.	5 A
CEM	
Emisión de radiointerferencias según EN 55 011	
• Clase de límite B, para aplicación en el ámbito residencial	SI
Grado de protección y clase de protección	
Grado de protección IP	IP20
Normas, homologaciones, certificados	
Marcado CE	SI
Homologación CSA	SI
Homologación UL	SI
Homologación FM	SI
desarrollado conforme a IEC 61131	SI
según VDE 0631	SI
Homologaciones navales	SI
Condiciones ambientales	
Temperatura ambiente en servicio	
• mín.	0 °C; A partir de ES03: -20 °C
• máx.	55 °C
Dimensiones	
Ancho	71,5 mm
Altura	90 mm
Profundidad	56 mm
Última modificación:	12/3/2021 

ANEXO 4. SIEMENS POWER SUPPLY

SIEMENS

productdatablad

6EP1332-1SH43



LOGO!POWER 24 V/2.5 A STABILIZED POWER SUPPLY
INPUT: 100-240 V AC (110-300 V DC) OUTPUT: 24 V/2.5 A DC

Technical specifications	
Input	
Supply voltage / at AC / nominal value min.	100 V
Supply voltage / at AC / nominal value max.	240 V
Supply voltage	
• at AC	85 ... 264 V
Input voltage / at DC	110 ... 300 V
Wide-range input	Ja
Mains buffering at I _{out} rated, min.	40 ms
Netfrequentie	50 / 60 Hz
Rated line range	47 ... 63 Hz
Input current / at nominal level of the input voltage 120 V	1.22 A
Ingangsstroom / bij nominale waarde van de ingangsspanning 230 V	0.66 A
Switch-on current limiting (+25 °C), max.	46 A
I _{2t} -waarde	3 A ² s
Output	
Curvevorm van de spanning	Geregelde, potentiaalvrije gelijkspanning
Uitgangsspanning	24 V
Total tolerance, static ±	3 %
Static mains compensation, approx.	0,1 %
Static load balancing, approx.	1,5 %

Residual ripple peak-peak, max.	200 mV
Residual ripple peak-peak, typ.	10 mV
Spikes peak-peak, max. (bandwidth: 20 MHz)	300 mV
Spikes peak-peak, typ. (bandwidth: 20 MHz)	50 mV
Adjustment range	22,2 ... 26,4 V
Product feature / output voltage adjustable	Ja
Aanspreekvertragingstijd	0,5 s
Spanningsstijgingstijd	10 ms
Rated current value Iout rated	2,5 A
Uitgangsstroom	0 ... 2,5 A
delivered active power / typ.	60 W
Producteigenschap	Ja
Numbers of parallel switchable units for enhanced performance	2
Efficiency	
Efficiency at Vout rated, Iout rated, approx.	88 %
Power loss at Vout rated, Iout rated, approx.	8 W
Effective power loss / at Idle / maximum	1,8 W
Closed-loop control	
Dynamic mains compensation (Vin rated ± 15 %), max.	0,2 %
Dynamic load smoothing (Iout: 10/90/10 %), Uout \pm typ.	2 %
Load step setting time 10 to 90%, typ.	1 ms
Load step setting time 90 to 10%, typ.	1 ms
Protection and monitoring	
Current limitation, typ.	3,3 A
Eigenschap van de uitgang / kortsluitvast	Ja
Enduring short circuit current / Effective level / maximum	4,8 A
Safety	
Potentiaalscheiding	Ja
Potentiaalscheiding	ZLBS-uitgangsspanning Ua volgens EN 60950-1 en EN 50178
Geschiktheidsbewijs	Ja
Geschiktheidsbewijs	Ja
CB approval	Ja
Beschermingsklasse IP	IP20
EMC	
Operating data	
Ambient temperature / In operation	-20 ... +70 °C
Ambient temperature / on transport	-40 ... +85 °C
Ambient temperature / In storage	-40 ... +85 °C
Mechanics	

Uitvoering elektrische aansluiting	schroefaansluiting
Breedte / van de behuizing	72 mm
Hoogte / van de behuizing	90 mm
Diepte / van de behuizing	52,6 mm
Inbouwbreedte	72 mm
Inbouwhoogte	130 mm
Nettogewicht	0,25 kg
Producteigenschap / van de behuizing / aaneenschakelbare behuizing	Ja
Bevestigingswijze / wandmontage	Nee
Bevestigingswijze / DIN-railmontage	Ja
Mounting type / S7 rail mounting	Nee

letzte Änderung:

7-jul-2014

ANEXO 5. HMI KINCO GLO43E

www.kinco.cn

Kinco



GREEN Series HMI GL043/GL043E

Product Features:

- Industrial grade CPU, 800MHz, 128M DDR3;
- 4.3", high-definition display, 16.77 million true colors;
- Ultra-thin body design for only 33mm, perfect chose for small-sized installation space demand;
- Sealing design of buckle for waterproof and oil resistance.



The GREEN series cooperates with new generation free configuration software: **Kinco DTools**.

It supports eight languages versions of Chinese, Traditional Chinese, English, Korean, Germany, Russia, Arabic and Turkey.

The configuration design content supports all fonts installed in computer system.

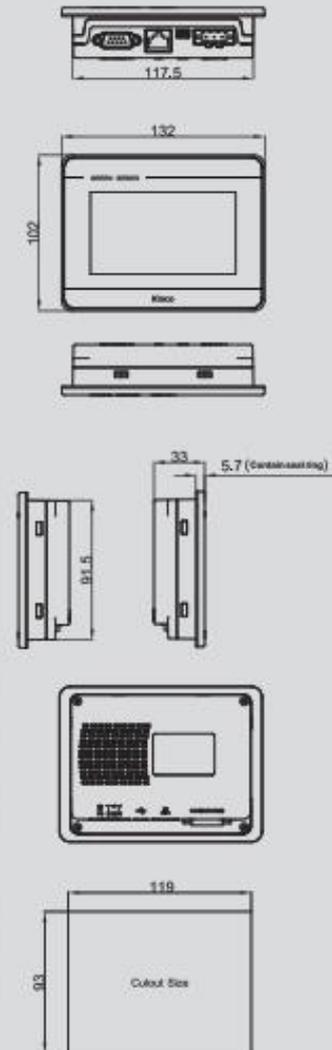
It supports cloud monitoring, VNC achieves interoperation between HMI and HMI, HMI and PC, mobile phones (or other terminals), supports convenient components such as installation, PDF browsing and operating log records for designing guiding interface.

GREEN Series HMI GL043/GL043E



Model	GL043	GL043E
Performance specification		
Display size	4.3" TFT	
Display area	95.04mm(W)x53.86mm(H)	
Resolution	480*272 pixels	
Display color	16.7M color	
Display angle of view	70/70/50/70(left/right/up/down)	
Contrast ratio	500:1	
Backlight	LED	
Brightness	450cd/m ²	
Backlight life	More than 30000 hours	
Touch panel	4 line precision resistance network (surface hardness 4H)	
CPU	ARM RISC 32bit 800MHz	
Storage	128MB NAND Flash Memory + 128MB DDR3 Memory	
RTC	Built-in	
Extensible memory	None	
Print port	Serial port	
Ethernet	None	10/100M self-adaption
Program download	USB Slave(Micro-USB) / Serial port	USB Slave(Micro-USB) / Serial port/Ethernet
Communication port	COM0-RS232/RS485/RS422; COM2-RS232	
Electrical specifications		
Input power supply	DC10V ~ DC28V	
Rated power	2W @24V DC	
Allowable loss of power	< 3ms	
Insulation resistance	Over 50MΩ @500V DC	
Hi-pot test	500 VAC 1 minute	
Structure specifications		
PCB	no spray	
Shell material	Engineering plastic	
Shape size	132mm*102mm*33mm	
Cutout size	119mm*93mm	
Weight	0.21Kg	
Environmental specifications		
Temperature working	0 ~ 50°C	
Humidity working	10 ~ 90% RH (non-condensing)	
Storage temperature	-20 ~ 60°C	
Storage humidity	10 ~ 90% RH (non-condensing)	
Sine vibration test	10 ~ 500Hz, 30m/s ² , X, Y, Z direction/hour	
Cooling mode	Natural air cooling	
Product certification		
Panel protection grade	Conforming to IP65 certification(4208—93)	
CE authentication	EN61000-6-4:2007+A1:2011, EN61000-6-2:2005	
Software		
Configuration software	Kinco DTools V3.3 and above	

Mechanical Dimensions (Unit : mm)



Cable Sensor, Pt100/Pt1000

**Sensors with 4-wire silicone cable
for pockets or tubes**

4-wire air sensors

**Elements in
1/1 DIN B,
1/3 DIN B
and 1/6 DIN B**

**The sensors can be used with the CombiTemp,
Building Block Temperature Measuring System**



Description

A platinum resistor is built into the temperature sensor. Changes in temperature are reflected by changes in the electrical resistance, so that measuring the value of the resistance gives an analogue expression for the actual temperature.

The Pt100 element has a resistance of 100 Ohms at 0°C and a well-documented working curve (DIN/EN/IEC 60751) within the nominal working range.

The sensors are used in a wide range of applications within the marine, industrial, energy and food sectors.

The Pt100 sensor fits as an insert in sensor tubes with an internal diameter of 6 mm such as the CombiTemp temperature measuring system.

Air sensors are used without sensor pockets to ensure fast response time.

Technical Data

Standard sensor

Measuring range	-50...205°C
Ambient temperature	-50...205°C
Marking label	-30...105°C
Pressure range	≤ 25 bar (water flow 3m/sec.)
Humidity	< 98% RH, condensing
Protection class	IP 65
Cable type	High-flexible silicone, grey
Wires	4 (2 x Red, 2 x white)
Length	up to 99.99 metres

Air sensor

Measuring range	-50...205°C
Ambient temperature	-50...205°C
Marking label	-30...105°C
Environment	Non-aggressive air
Air gap	8 holes, ø3 mm
Humidity	< 98% RH, condensing
Protection class	IP 65
Cable type	High-flexible silicone, grey
Wires	4 (2 x Red, 2 x white)
Length	up to 99.99 metres

Common data for both types

Case material	Acid-proof, stainless steel AISI 316 Ti (W 1.4571)
Case dimensions	ø5.8 mm x 60 mm
Time constant $\tau_{0.5}$	See table
Accuracy	DIN/EN/IEC 60751
1/1 DIN B	±(0.3 + 0.005 x t) °C
1/3 DIN B	±1/3 x (0.3 + 0.005 x t) °C
1/6 DIN B	±1/6 x (0.3 + 0.005 x t) °C
Vibrations	Lloyds Register, test 2
Mechanical tolerances	ISO 2768-m

Disposal of product and packing

According to national laws or by returning to Baumer

Time Constant $\tau_{0.5}$

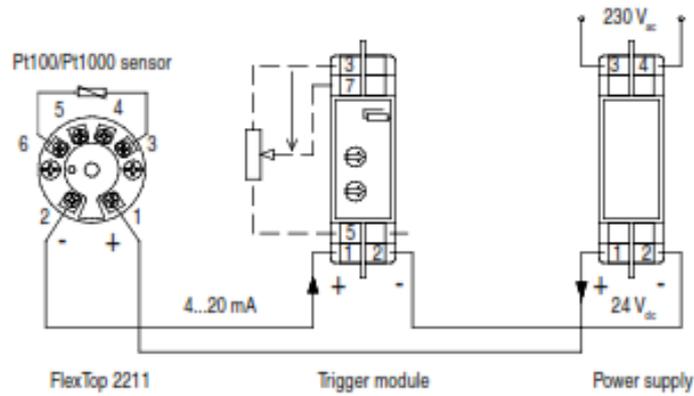
If a pocket or sensor tube is used, the response time is extended, i.e. the time duration for the sensor to reach the correct temperature when the temperature of the medium changes suddenly.

Environment	Sensor type	
	Standard Sensor	Air Sensor
Fluid, 0.4 m/sec.	8 sec.	
Fluid, 0.4 m/sec. (Stainless steel pocket/tube with silicone paste)	17 sec.	
Air, 3 m/sec.	35 sec.	25 sec.
Air, still	135 sec.	105 sec.

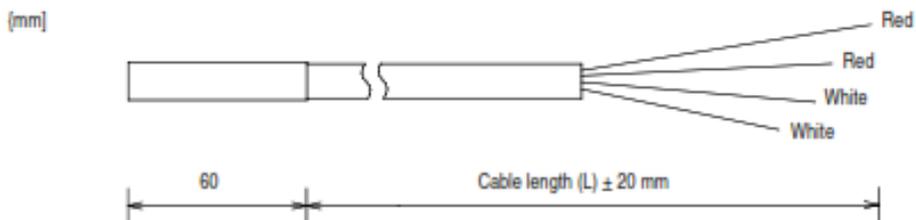
Ordering Details - Cable sensors

Sensor type	6' digit	8141	3xx	xxxx
Standard sensor			3	
Air sensor			5	
Sensor element (DIN/EN/IEC 60751)	7' digit			
Pt100, 1/1 DIN B, single, specified accuracy -50...400°C			1	
Pt100, 1/3 DIN B, single, specified accuracy 0...150°C			3	
Pt100, 1/6 DIN B, single, specified accuracy 0...100°C			5	
Pt100, 1/1 DIN A, single, specified accuracy -50...400°C			7	
Pt1000, 1/3 DIN B, single, specified accuracy -50...400°C			A	
Pt1000, 1/1 DIN B, single, specified accuracy -50...400°C			B	
Cable length (L)	8...11' digit			
Length in cm				xxxx

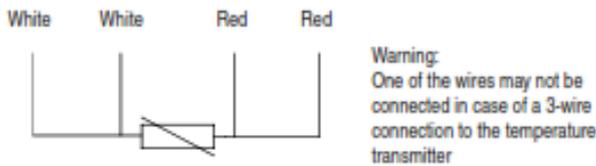
Example of Application



Dimensional Drawing

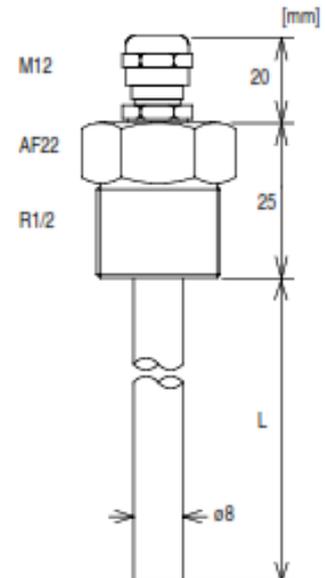


4-wire Sensors



Ordering Details - Pocket for Cable Sensors

	2909 0001 xxx
Pocket type	
Stainless steel, W 1.4404 (AISI 316L), R1/2 with M12 gland	
Pocket length (L)	9...11' digit
Length in mm	xxx

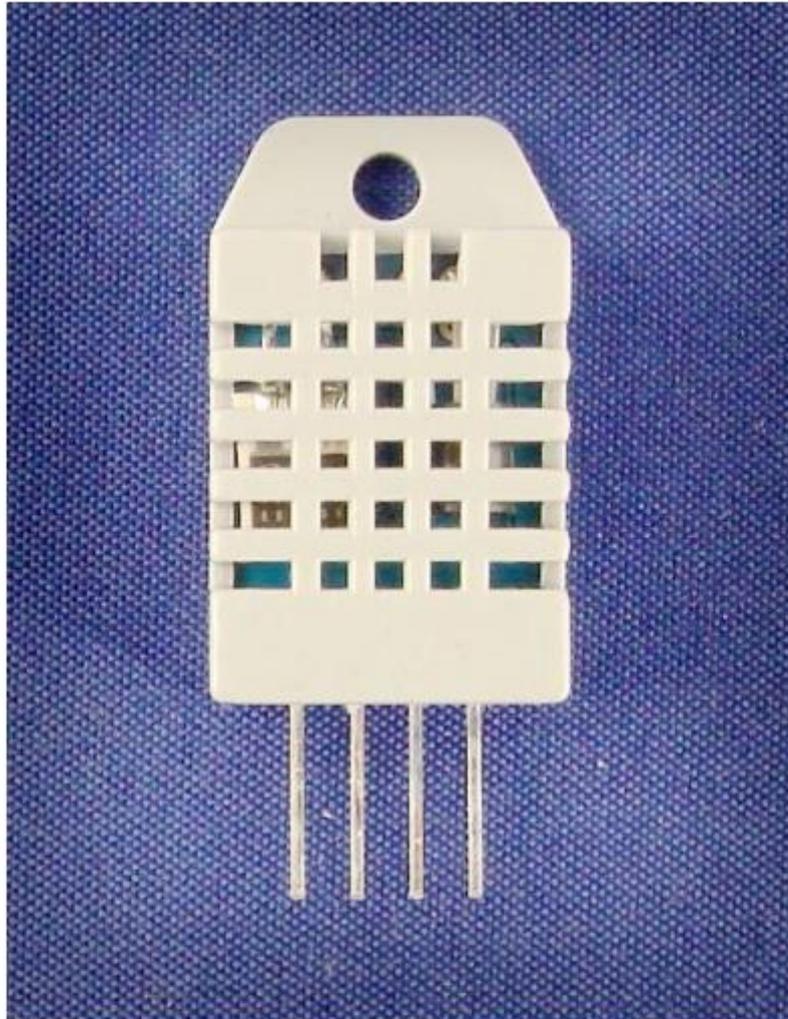


Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

Digital-output relative humidity & temperature sensor/module

DHT22 (DHT22 also named as AM2302)



Capacitive-type humidity and temperature module/sensor

1

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

1. Feature & Application:

- * Full range temperature compensated * Relative humidity and temperature measurement
- * Calibrated digital signal *Outstanding long-term stability *Extra components not needed
- * Long transmission distance * Low power consumption *4 pins packaged and fully interchangeable

2. Description:

DHT22 output calibrated digital signal. It utilizes exclusive digital-signal-collecting-technique and humidity sensing technology, assuring its reliability and stability. Its sensing elements is connected with 8-bit single-chip computer.

Every sensor of this model is temperature compensated and calibrated in accurate calibration chamber and the calibration-coefficient is saved in type of programme in OTP memory, when the sensor is detecting, it will cite coefficient from memory.

Small size & low consumption & long transmission distance(20m) enable DHT22 to be suited in all kinds of harsh application occasions.

Single-row packaged with four pins, making the connection very convenient.

3. Technical Specification:

Model	DHT22
Power supply	3.3-6V DC
Output signal	digital signal via single-bus
Sensing element	Polymer capacitor
Operating range	humidity 0-100%RH; temperature -40~80Celsius
Accuracy	humidity +-2%RH(Max +-5%RH); temperature <+-0.5Celsius
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	small size 14*18*5.5mm; big size 22*28*5mm

4. Dimensions: (unit---mm)

1) Small size dimensions: (unit---mm)

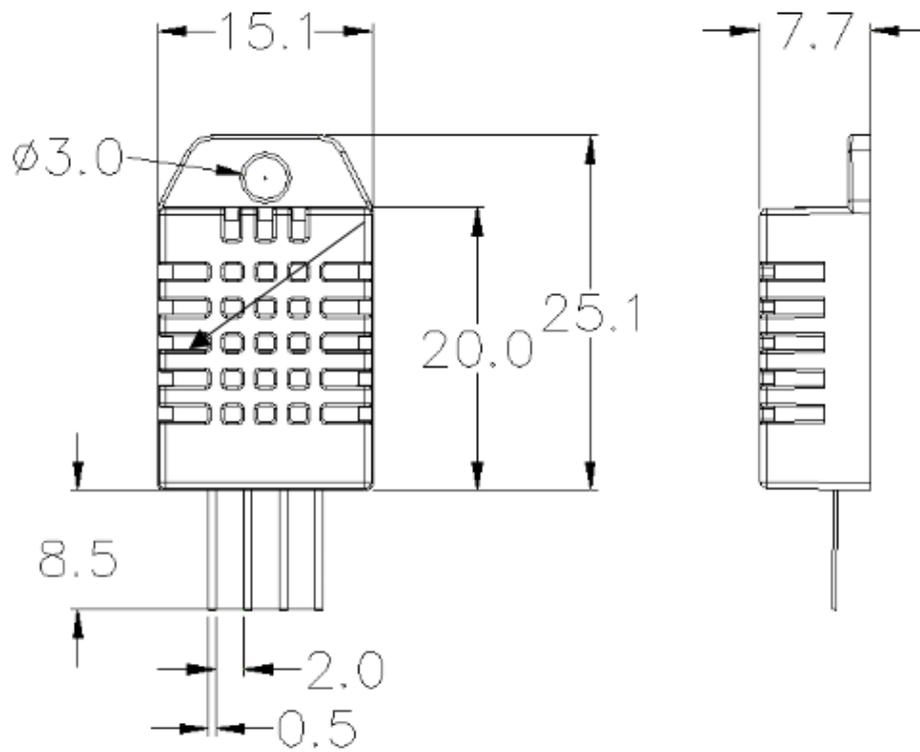
2

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Pin sequence number: 1 2 3 4 (from left to right direction).

Pin	Function
1	VDD---power supply
2	DATA--signal
3	NULL
4	GND

4

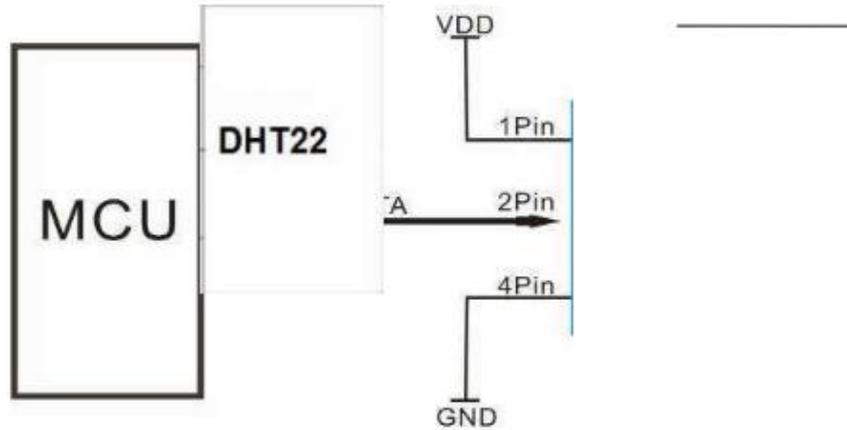
Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

5. Electrical connection diagram:



3Pin---NC, AM2302 is another name for DHT22

6. Operating specifications:

(1) Power and Pins

Power's voltage should be 3.3-6V DC. When power is supplied to sensor, don't send any instruction to the sensor within one second to pass unstable status. One capacitor valued 100nF can be added between VDD and GND for wave filtering.

(2) Communication and signal

Single-bus data is used for communication between MCU and DHT22, it costs 5mS for single time communication.

Data is comprised of integral and decimal part, the following is the formula for data.

DHT22 send out higher data bit firstly!

DATA=8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data+8 bit check-sum
If the data transmission is right, check-sum should be the last 8 bit of "8 bit integral RH data+8 bit decimal RH data+8 bit integral T data+8 bit decimal T data".

When MCU send start signal, DHT22 change from low-power-consumption-mode to running-mode. When MCU finishes sending the start signal, DHT22 will send response signal of 40-bit data that reflect the relative humidity

5

Thomas Liu (Business Manager)

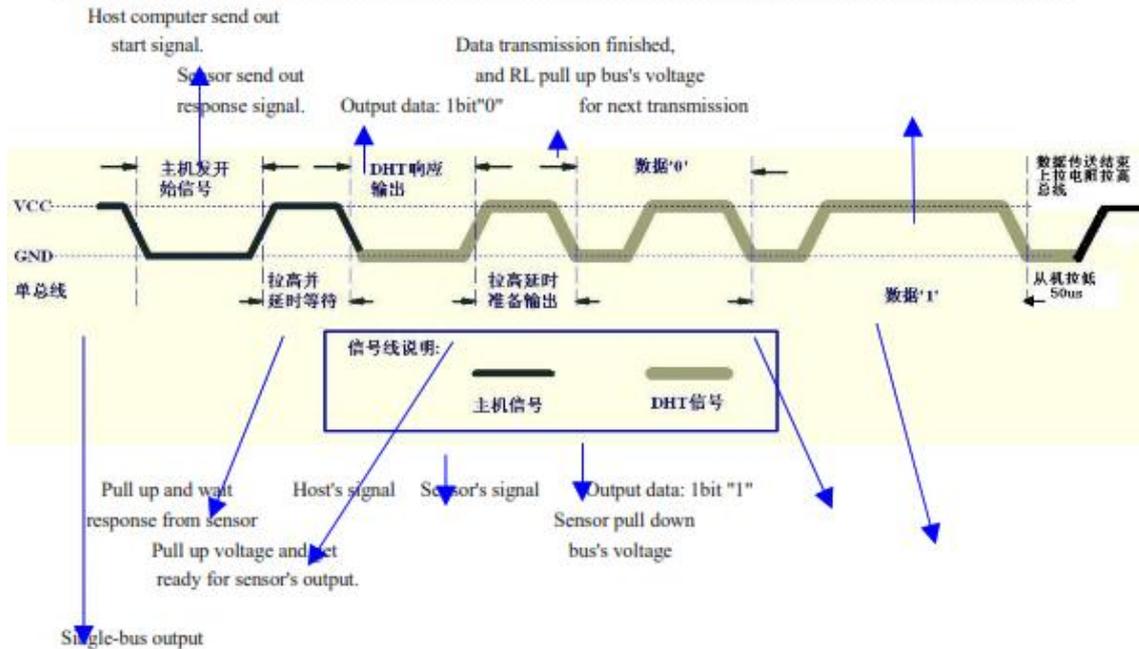
Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

and temperature information to MCU. Without start signal from MCU, DHT22 will not give response signal to MCU. One start signal for one time's response data that reflect the relative humidity and temperature information from DHT22. DHT22 will change to low-power-consumption-mode when data collecting finish if it don't receive start signal from MCU again.

1) Check bellow picture for overall communication process:



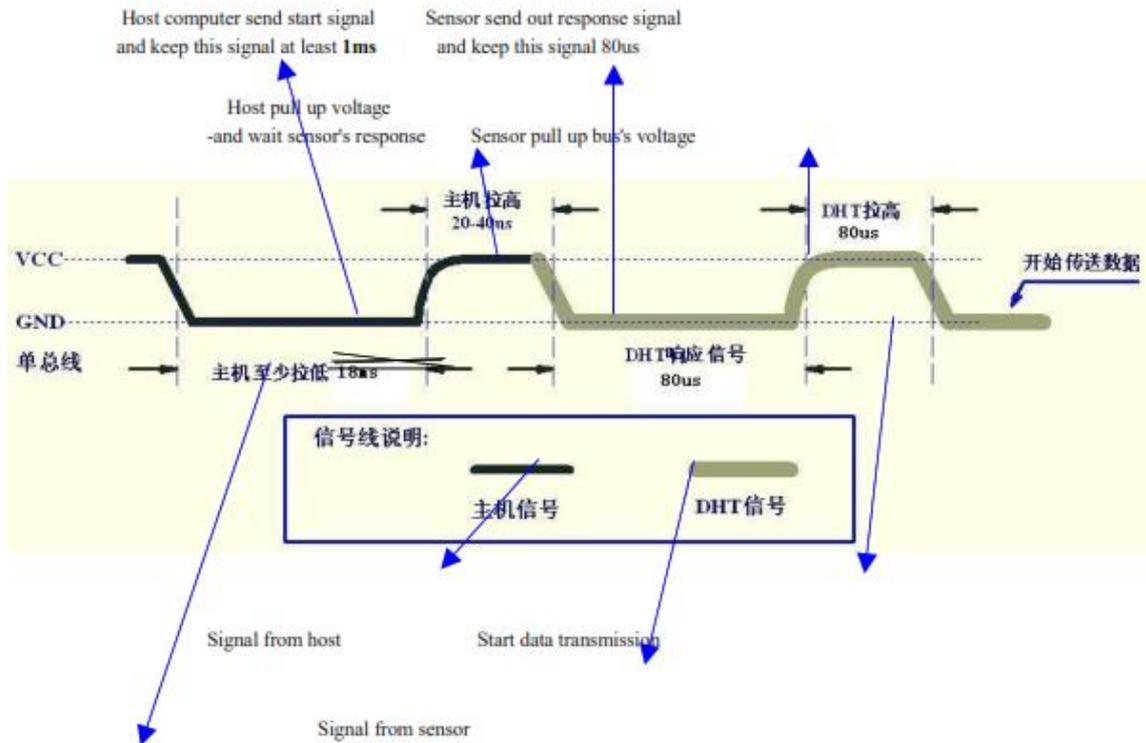
2) Step 1: MCU send out start signal to DHT22

Data-bus's free status is high voltage level. When communication between MCU and DHT22 begin, program of MCU will transform data-bus's voltage level from high to low level and this process must beyond at least 1ms to ensure DHT22 could detect MCU's signal, then MCU will wait 20-40us for DHT22's response.

Check bellow picture for step 1:

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Single-bus signal

Step 2: DHT22 send response signal to MCU

When DHT22 detect the start signal, DHT22 will send out low-voltage-level signal and this signal last 80us as response signal, then program of DHT22 transform data-bus's voltage level from low to high level and last 80us for DHT22's preparation to send data.

Check bellow picture for step 2:

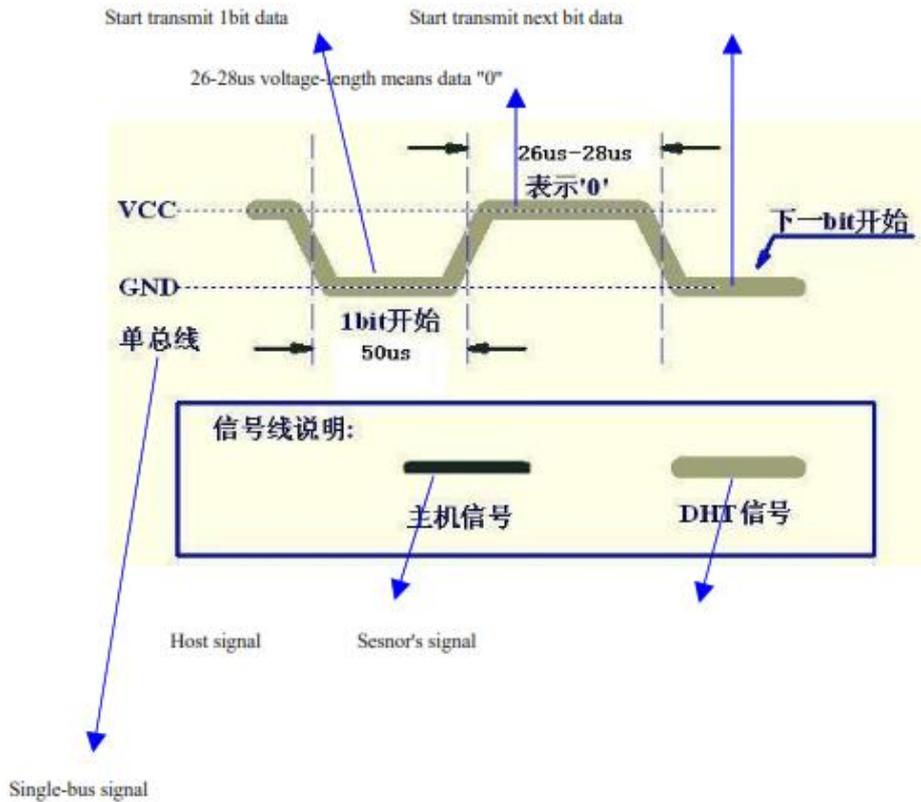
7

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Step 3: DHT22 send data to MCU

When DHT22 is sending data to MCU, every bit's transmission begin with low-voltage-level that last 50us, the following high-voltage-level signal's length decide the bit is "1" or "0".

Check bellow picture for step 3:

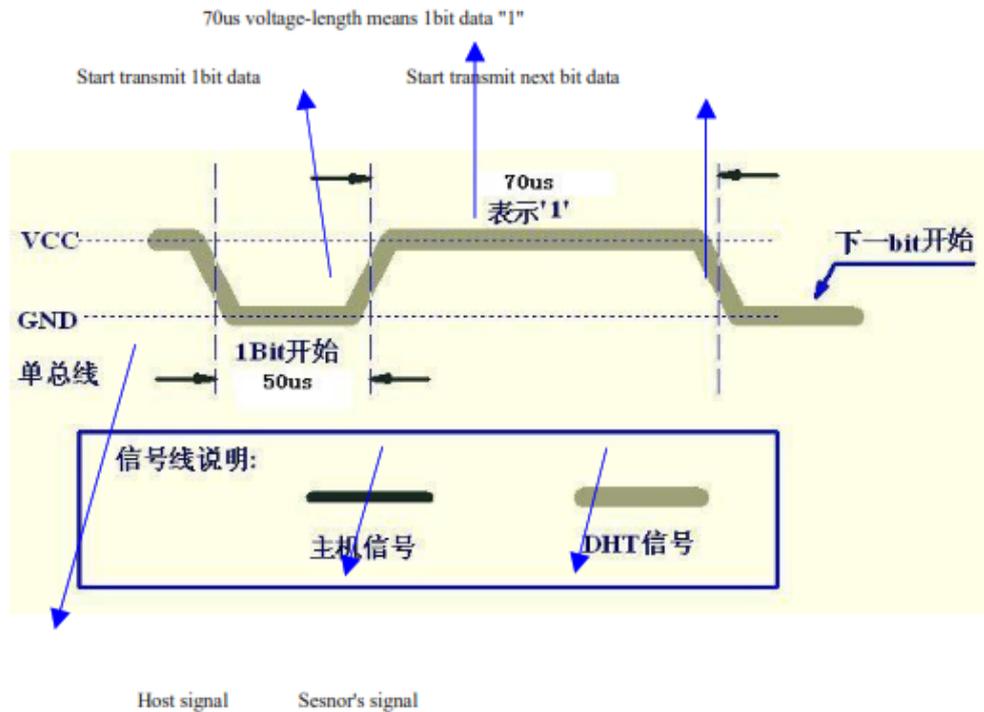
8

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors



Single-bus signal

If signal from DHT22 is always high-voltage-level, it means DHT22 is not working properly, please check the electrical connection status.

7. Electrical Characteristics:

Item	Condition	Min	Typical	Max	Unit
Power supply	DC	3.3	5	6	V
Current supply	Measuring	1		1.5	mA
	Stand-by	40	Null	50	uA
Collecting period	Second		2		Second

*Collecting period should be : >2 second.

9

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

Aosong Electronics Co.,Ltd

Your specialist in innovating humidity & temperature sensors

8. Attentions of application:

(1) Operating and storage conditions

We don't recommend the applying RH-range beyond the range stated in this specification. The DHT22 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 DHT22's sensitive-elements and debase DHT22's sensitivity.

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

Step one: Keep the DHT22 sensor at condition of Temperature 50~60Celsius, humidity <10%RH for 2 hours;

Step two: After step one, keep the DHT22 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.

DHT22 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 DHT22'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 DHT22 may cause personal injury.

1

Thomas Liu (Business Manager)

Email: thomasliu198518@yahoo.com.cn

Conector	Rotulación					
I1	Automatico					
I2	Manual					
I3	Paro de Emergencia					
I4	SL1CERRADO					
I5	SL2CERRADO					
I7	Temperatura					
I8	Humedad					
M1	AUTOMATICO					
M2	L1					
M3	L2					
M4	SL1Abierto					
M5	SL2Abierto					
M6	L1Cerrado					
M7	L2Cerrado					
M9	L1HMI					
M10	L2HMI					
M19	MANUAL					
Q1	L1					
Q2	L2					
Q3	V1					
Q4	V2					
Q5	V3					
Q6	V4					
Q7	V5					
Autor:	Ing. William León	Plataformadora San Martín	Proyecto:	Automatización del Control Ambiental	Cliente:	
Comprobado:			Instalación:		Nº Diagrama:	
Fecha de creación/modificación:	2023-03-15 10:13:03 03:17:10		Archivo:	LOGOI & Inc	Página:	3 / 3

ANEXO 9. Actas de los Revisores

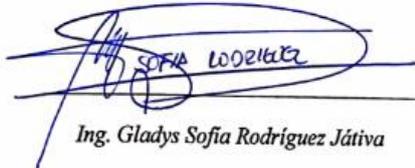
ACTA DE EVALUACIÓN AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL AMBIENTAL DE LA PLANTULADORA "SAN MARTÍN"

Escala de evaluación. Elaborada por: Ing. Gladys Sofia Rodriguez Játiva

CRITERIOS	EVALUACION SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto				✓	
Aplicabilidad					✓
Conceptualización				✓	
Actualidad					✓
Calidad Técnica					✓
Factibilidad					✓
Pertinencia				✓	

Comentario:

El sistema de control implementado satisface las necesidades de controlar las variables de Temperatura y porcentaje de humedad, al interior del invernadero obteniendo un desarrollo más eficiente de las plantas, consiguiendo un mayor rédito económico.


Ing. Gladys Sofia Rodriguez Játiva

**ACTA DE EVALUACIÓN AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL AMBIENTAL DE LA
PLANTULADORA "SAN MARTIN"**

Escala de evaluación. Elaborada por: MSc. Francisco Xavier Grijalva Mantilla

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Comentario:

El sistema de control implementado satisface las necesidades de controlar
las variables de temperatura y porcentaje de humedad al interior del
invernadero obteniendo un desarrollo mas eficiente de las plantas,
conigiendo un mayor redito economico.



MSc. Francisco Xavier Grijalva Mantilla
1003727870

**ACTA DE EVALUACIÓN AUTOMATIZACIÓN DEL CONTROL AMBIENTAL DE LA
PLANTULADORA "SAN MARTÍN"**

Escala de evaluación. Elaborada por: M.I. Alexis Damián Montalvo Guerrero

CRITERIOS	EVALUACIÓN SEGUN IMPORTANCIA Y REPRESENTATIVIDAD				
	En Total Desacuerdo	En Desacuerdo	Ni de Acuerdo Ni en Desacuerdo	De Acuerdo	Totalmente Acuerdo
Impacto					X
Aplicabilidad					X
Conceptualización					X
Actualidad					X
Calidad Técnica					X
Factibilidad					X
Pertinencia					X

Comentario:

Las físicas y recomendaciones mostradas en la instalación de los elementos físicos y virtuales del sistema de control toman en poco de los escenarios posibles, esto hace que el sistema posee un alto grado de robustez y confiabilidad.

Alexis Montalvo
 M.I. Alexis Damián Montalvo Guerrero
 040170247-7