



TECNOLOGÍA SUPERIOR EN REDES Y TELECOMUNICACIONES

TEMA:

**“IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE
ILUMINACIÓN, MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y
AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN
PARA UN INVERNADERO UBICADO EN LA
COMUNIDAD DE MOLLEPAMBA”**

Proyecto Integrador de grado previo a la obtención del título
de Tecnólogo Superior en Redes y Telecomunicaciones

AUTOR:

Marco Antonio López Tigre

Victor Alexander Toscano Nacimba

DIRECTOR: Cristian Orlando Pumacuro Quillupangui

D.M. Quito marzo 2023

AGRADECIMIENTO

El presente trabajo de investigación fue realizado bajo la supervisión del Ing. Cristian Orlando Pumacuro Quillupangui y del Ing. Gustavo Ramírez, a quienes me gustaría expresar un enorme agradecimiento, por hacer posible la realización de este estudio. Además, de agradecer su paciencia, tiempo y dedicación que tuvieron para que este proyecto sea exitoso.

Gracias por su apoyo, por ser parte principal de nuestra tesis.

-Victor y Marco

A mis padres, les agradezco por apoyarme en todo lo que han podido ayudarme.

A mi padre, Por ser un ejemplo a seguir, por enseñarme a seguir aprendiendo y que todo en la vida es un aprendizaje nuevo y un camino nuevo que seguir.

A mi Madre, Le agradezco que el tiempo de dificultad que pasamos de haya disipado y que el cariño y la protección que nos da a mi hermano a mi será la misma que cuando éramos niños.

A mi hermano, mi ñaño, tú eres uno de mis motores que me impulsa a ser mejor cada día para que siempre te sientas orgulloso de mi y te agradezco todo lo que me has apoyado en todo, yo haré lo mismo por ti siempre te tengo presente mi hermano con mucho cariño gracias.

A mis amigos, por avernos conocido en lo largo de nuestras carreras las cuales hemos pasado con dificultades y con alegrías, me alegro avernos conocidos y que nuestros lazos de amistades sean prósperos.

A mis maestros, que compartieron conmigo sus conocimientos para convertirme en un profesional, por su tiempo, dedicación y por su pasión a la dedicación de docencia.

-Marco Antonio López Tigre

Durante este periodo he aprendido que todo trabajo tiene la experiencia como recompensa y que puedes aprender de las personas que te rodean. Por esa razón quiero agradecer.

A mis padres Cecilia y Mesías que, con apoyo incondicional, esfuerzo y dedicación y sobre todo al amor, pese a las adversidades e inconvenientes que pasamos.

A Caro, Jaime, Aitana y Nora por ser un pilar del cual puedo estar seguro que nunca me dejen caer siendo el motor que impulsan mi desarrollo e intelecto, de ellos aprendí que todos los problemas tienen soluciones.

A mis compañeros porque de ellos pude ver su humanidad, sus capacidades, sus habilidades y la forma en que actúan frente al trabajo, y totalmente agradecido de poder haberlos conocido y de poder interactuar junto a ellos.

Por último, sé que me van a faltar páginas y palabras para poder agradecer eternamente a mis tías Martha, Rocio y a mis abuelitos, porque sin ellos no hubiese podido dar este escalón tan grande de mi vida profesional, y de igual manera reconozco del apoyo de mis padrinos, para todos ellos que me ayudaron a culminar mi carrera y me dieron el afecto suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado.

-Victor Alexander Toscano Nacimba

AUTORÍA

Nosotros, Marco López y Victor Toscano, autores del presente informe, nos responsabilizamos por los conceptos, opiniones y propuestas contenidos en el mismo.

Atentamente,

Marco Antonio López Tigre

Victor Alexander Toscano Nacimba

Quito, 1 de marzo de 2023

Cristian Orlando Pumacuro Quillupangui
DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN

CERTIFICA

Haber revisado el presente informe de investigación, que se ajusta a las normas institucionales y académicas establecidas por el Instituto Tecnológico Internacional Universitario “ITI”, por tanto, se autoriza su presentación final para los fines legales pertinentes.

(NOMBRE Y FIRMA DE DIRECTOR)

Quito, de 2023

DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE TRABAJO

FIN DE CARRERA

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Quito, a los primeros días del mes de marzo de 2023, firmo conforme: Conste por el presente documento la cesión de los derechos del trabajo de fin de carrera, de conformidad con las siguientes cláusulas:

PRIMERA: Nosotros, Marco Antonio López Tigre y Victor Alexander Toscano Nacimba, bajo la dirección de Cristian Orlando Pumacuro Quillupangui declaro ser el autor del trabajo de fin de carrera con el tema “Implementación de sistemas de iluminación, medición de temperatura y automatización del sistema de ventilación para un invernadero ubicado en la comunidad de Mollepamba”, como requisito fundamental para optar por el título de Tecnólogo superior en redes y telecomunicaciones, a su vez autorizo a la biblioteca del Instituto Tecnológico Internacional Universitario ITI, para que pueda registrar en el repositorio digital y difunda esta investigación con fines netamente académicos, pues como política del Instituto Tecnológico Internacional Universitario ITI, los trabajos de fin de carrera se aplican, materializan y difunden en beneficio de la comunidad.

SEGUNDA: Los comparecientes Cristian Orlando Pumacuro Quillupangui, en calidad de director del trabajo fin de carrera y los Srs. Marco Antonio López Tigre y Victor Alexander Toscano Nacimba, como autores del mismo, por medio del presente instrumento, tienen a bien ceder en forma gratuita sus derechos del trabajo fin de carrera y conceden la autorización para que el ITI pueda utilizar este trabajo en su beneficio y/o de la comunidad, sin reserva alguna. El Instituto Tecnológico Internacional Universitario ITI no se hace responsable por el plagio o copia del contenido parcial o total de este trabajo.

TERCERA: Las partes declaradas aceptan expresamente todo lo estipulado en la presente cesión de derechos.

Cristian Orlando Pumacuro Quillupangui

Marco Antonio López Tigre

Victor Alexander Toscano Nacimba

(NOMBRE Y FIRMA TUTOR)

(NOMBRE Y FIRMA ESTUDIANTE)

Quito, de 2023

ÍNDICE

| | |
|---|----|
| AGRADECIMIENTO | 2 |
| AUTORÍA..... | 5 |
| CERTIFICA | 6 |
| DECLARACIÓN DE CESIÓN DE DERECHOS DE TRABAJO FIN DE CARRERA..... | 7 |
| ÍNDICE | 8 |
| ÍNDICE DE TABLAS | 11 |
| ÍNDICE DE FIGURAS..... | 12 |
| RESUMEN..... | 14 |
| INTRODUCCIÓN | 15 |
| NOMBRE DEL PROYECTO | 15 |
| ANTECEDENTES | 15 |
| MARCO CONTEXTUAL | 16 |
| PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN..... | 17 |
| DEFINICIÓN DEL PROBLEMA | 17 |
| IDEA A DEFENDER | 17 |
| OBJETO DE ESTUDIO Y CAMPO DE ACCIÓN | 18 |
| JUSTIFICACIÓN | 18 |
| OBJETIVOS | 19 |
| GENERAL | 19 |
| ESPECÍFICOS..... | 19 |
| SÍNTESIS DE LA INTRODUCCIÓN..... | 20 |
| CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA | 21 |
| ANÁLISIS DE LA ZONA DE ESTUDIO..... | 21 |
| UBICACIÓN..... | 21 |
| LONGITUD Y LATITUD..... | 21 |
| TIPO DE SUELO | 21 |

| | |
|--|----|
| HUMEDAD | 22 |
| TEMPERATURA..... | 23 |
| FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL | 24 |
| <i>Invernaderos</i> | 24 |
| <i>Tipos de Invernadero</i> | 25 |
| <i>Invernadero Automatizado</i> | 27 |
| <i>Arduino</i> | 27 |
| <i>IDE Arduino</i> | 28 |
| <i>Lenguaje de programación</i> | 28 |
| <i>Fundamentación Legal</i> | 29 |
| FUNDAMENTACIÓN TÉCNICA Y/O TECNOLÓGICA | 30 |
| <i>Arduino Mega</i> | 30 |
| <i>Sensor de Temperatura y Humedad</i> | 33 |
| <i>Sensores de Contacto (Finales de carrera)</i> | 34 |
| <i>Modulo relé</i> | 35 |
| <i>Puente H Driver BTS7960</i> | 36 |
| <i>Extensor de alimentación</i> | 37 |
| <i>Fuentes de alimentación</i> | 38 |
| <i>Motores</i> | 39 |
| <i>Motorreductor</i> | 42 |
| <i>Motor empleado</i> | 43 |
| SÍNTESIS DEL CAPÍTULO | 44 |
| CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO..... | 45 |
| TIPO DE INVESTIGACIÓN..... | 45 |
| MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN | 46 |
| SÍNTESIS DEL CAPÍTULO | 46 |
| CAPÍTULO III: PROPUESTA..... | 47 |
| DESCRIPCIÓN DE LA PROPUESTA | 47 |
| VIABILIDAD | 47 |
| IMPACTO | 49 |
| DESARROLLO DE LA PROPUESTA | 49 |

| | |
|--|----|
| SISTEMA DE ILUMINACIÓN | 49 |
| <i>Diagrama esquemático del sistema de iluminación</i> | 51 |
| <i>Diagrama eléctrico del sistema de iluminación</i> | 52 |
| SISTEMA DE TEMPERATURA Y HUMEDAD | 52 |
| <i>Diagrama esquemático del sistema de los sensores de temperatura</i> | 54 |
| <i>Diagrama eléctrico del sistema de los sensores de temperatura</i> | 55 |
| <i>Diagrama de bloques para programación</i> | 56 |
| SISTEMA DE VENTILACIÓN | 56 |
| <i>Diagrama esquemático del sistema ventilación</i> | 58 |
| <i>Diagrama eléctrico del sistema de ventilación</i> | 58 |
| <i>Diagrama de bloques para programación</i> | 59 |
| PLANOS ESTRUCTURALES | 60 |
| IMPLEMENTACIÓN FINAL | 61 |
| <i>Mecanismo de funcionamiento</i> | 61 |
| <i>Requerimientos Eléctricos</i> | 62 |
| <i>Funcionamiento y Características eléctricas</i> | 62 |
| <i>Distribución de Elementos</i> | 64 |
| <i>Diagrama Esquemático General</i> | 65 |
| <i>Diagrama eléctrico General</i> | 66 |
| <i>Diagrama de cableado general</i> | 67 |
| SÍNTESIS DEL CAPÍTULO | 68 |
| CONCLUSIONES | 69 |
| RESULTADOS DE MEDICIÓN DE TEMPERATURA | 69 |
| RECOMENDACIONES | 72 |
| REFERENCIAS | 73 |
| ANEXOS | 75 |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| TABLA 1. TAXONOMÍA DEL SUELO EN SAQUISILÍ | 21 |
| TABLA 2. DESCRIPCIÓN Y CARACTERÍSTICAS DE LOS COMPONENTES DE LA TARJETA ARDUINO MEGA..... | 32 |
| TABLA 3. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR DHT22 | 33 |
| TABLA 4. CARACTERÍSTICAS DE UN INTERRUPTOR FINAL DE CARRERA | 34 |
| TABLA 5. CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO RELÉ | 35 |
| TABLA 6. CARACTERÍSTICAS DEL MÓDULO PUENTE H | 37 |
| TABLA 7. TIPOS DE MOTORES ELÉCTRICOS DC | 40 |
| TABLA 8. CARACTERÍSTICAS DEL MOTOR ELEVAVIDRIOS | 44 |
| TABLA 9. COMPARATIVA ENTRE SISTEMAS DE VENTILACIÓN ACTIVA Y PASIVA .. | 48 |
| TABLA 10. COSTOS Y MATERIALES DE LA VENTANA | 48 |
| TABLA 11. CARACTERÍSTICAS PARA OTRO TIPO DE CULTIVOS | 49 |
| TABLA 12. PROMEDIO DE LA TEMPERATURA IDEAL EN EL INVERNADERO | 53 |
| TABLA 13. REQUERIMIENTOS ELÉCTRICOS DE LAS PARTES | 62 |
| TABLA 14. REGISTRO DE TEMPERATURA EN EL INVERNADERO..... | 69 |
| TABLA 15. CAUSAS Y CONSECUENCIAS DEL PROBLEMA..... | 75 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| FIGURA 1. MAPA DE LA TAXONOMÍA DEL SUELO DE SAQUISILÍ | 22 |
| FIGURA 2. ESTADÍSTICAS DE LA HUMEDAD EN SAQUISILÍ..... | 23 |
| FIGURA 3. ESTADÍSTICA DE LA TEMPERATURA EN SAQUISILÍ | 23 |
| FIGURA 4. ESQUEMA DE INVERNADERO TIPO TÚNEL | 25 |
| FIGURA 5. ESQUEMA DE INVERNADERO TIPO CENITAL..... | 26 |
| FIGURA 6. ESQUEMA Y CIRCULACIÓN DE AIRE DE UN INVERNADERO TIPO SIERRA | 26 |
| FIGURA 7. ESQUEMA DE UN INVERNADERO TIPO CAPILLA..... | 27 |
| FIGURA 8. PLACA ARDUINO MEGA 2560 | 31 |
| FIGURA 9. COMPONENTES DE LA TARJETA ARDUINO MEGA | 31 |
| FIGURA 10. SENSOR DHT22 | 33 |
| FIGURA 11. INTERRUPTOR FINAL DE CARRERA..... | 34 |
| FIGURA 12. MODULO RELÉ..... | 35 |
| FIGURA 13. MÓDULO PUENTE H | 36 |
| FIGURA 14. EXTENSOR DE ALIMENTACIÓN | 38 |
| FIGURA 15. TIPO DE FUENTE DE ALIMENTACIÓN | 39 |
| FIGURA 16. PARTES DE UN MOTOR CON ESCOBILLAS | 43 |
| FIGURA 17. MOTOR ELEVAVIDRIOS | 43 |
| FIGURA 18. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN..... | 51 |
| FIGURA 19. DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE ILUMINACIÓN..... | 52 |
| FIGURA 20. ESQUEMA DE CONEXIÓN DE SENSORES DHT22 | 54 |
| FIGURA 21. DIAGRAMA ELÉCTRICO DE CONEXIÓN DE SENSORES DHT22 | 55 |
| FIGURA 22. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE SENSORES DHT22..... | 56 |
| FIGURA 23. ESQUEMA DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN | 58 |
| FIGURA 24. DIAGRAMA ELÉCTRICO DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN..... | 58 |
| FIGURA 25. PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN | 59 |
| FIGURA 26. PLANOS DE LA ESTRUCTURA DE LA VENTANA | 60 |
| FIGURA 27. UBICACIÓN DEL MOTOR..... | 60 |
| FIGURA 28. UBICACIÓN DE LOS INTERRUPTORES FINAL DE CARRERA | 61 |
| FIGURA 29. ELEMENTOS EN LA CAJA DE CONTROL | 64 |
| FIGURA 30. DIAGRAMA ESQUEMÁTICO GENERAL..... | 65 |
| FIGURA 31. DIAGRAMA ELÉCTRICO GENERAL | 66 |

| | |
|--|----|
| FIGURA 32. CABLEADO GENERAL EN EL INVERNADERO | 67 |
| FIGURA 33. CABLEADO CON SUS CORRESPONDIENTES CONEXIONES EN EL GABINETE DE CONTROL | 67 |
| FIGURA 34. APP TERMÓMETRO | 70 |
| FIGURA 35. REGISTRO DE TEMPERATURA DE NOVIEMBRE EN SAQUISILÍ | 71 |

RESUMEN

El proyecto de implementar sistemas domóticos que ayuda al control y gestionar de las diferentes variables que involucra el cuidado de la plantación en un invernadero, están propuestos los sistemas de: iluminación, para facilitar la visibilidad interna y externa tanto en el invernadero y en el gabinete de control cuando anochezca que mediante un método de conmutación los usuarios pueden activarlo por medio de la interfaz o por interruptores normales; medición de temperatura y humedad relativa, para leer y conocer exactamente los datos de la temperatura interna del invernadero y ayuda al sistema de ventilación; y por ultimo está el sistema automático de ventilación de forma pasiva con una estructura de ventana corrediza para que permita el cambio entre el aire caliente acumulado con el aire frío del exterior. Uno de los componentes principales es el Arduino Mega que es el microprocesador que gestiona todos los datos de entrada y salida de los actuadores y sensores para que el funcionamiento de los sistemas sea el correcto.

Palabras claves: INVERNADERO, ARDUINO, TEMPERATURA,
ILUMINACIÓN, VENTILACIÓN.

INTRODUCCIÓN

Nombre del proyecto

“IMPLEMENTACIÓN DE SISTEMAS DE ILUMINACIÓN, MEDICIÓN DE TEMPERATURA Y AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE VENTILACIÓN PARA UN INVERNADERO UBICADO EN LA COMUNIDAD DE MOLLEPAMBA”

Antecedentes

El trabajo realizado por Amaya García y Eduardo Antonio (2015), quienes realizaron el Diseño e implementación de sistema de riego automatizado en un invernadero de la Escuela Nacional de Agricultura, que pertenecen a La Escuela Especializada en Ingeniería ITCA Fepade en el Salvador, en este informe se plantea la solución de riego automatizado a un invernadero con materiales adquiridos localmente para favorecer al programa de agricultura nacional el cual tiene la finalidad del estudio bibliográfico de los diferentes tipos de invernaderos, el diseño del sistema de riego automatizado y la implementación en un invernadero propiedad de la Escuela Nacional de Agricultura (ENA), y en cuanto al sistema de riego éste permite controlar la frecuencia y la duración del riego, el cual incluye la fertilización, mediante un Controlador Lógico Programable (PLC) y electroválvulas.

El trabajo se podría relacionar y tomar de base el sistema de riego con la investigación en curso, ya que presenta diagramas de las conexiones tanto de la conexión de PLC, de las electroválvulas, las conexiones en bloques y el sistema en el invernadero y facilita el entendimiento para que funcione correctamente en el proyecto en curso.

En este caso de estudio realizado por Pedro Ponce, Arturo Molina, Omar Mata (2017), quienes desarrollaron el informe de Controladores inteligentes para invernadero hidropónico. En donde se presenta el diseño de un prototipo funcional de un invernadero hidropónico inteligente que reacciona a variables específicas como la temperatura y la humedad del microclima dentro del invernadero, además de que se adjunta información sobre el prototipo de la estructura del invernadero, e implementar diferentes técnicas de control básico e inteligente y dispositivos para la automatización y se describe la simulación del comportamiento estructural y del sistema de control inteligente del invernadero que desarrollaron.

Se toma igualmente como base la información que se ve fiable y ayuda para tener una idea clara del proceso y la implementación en el invernadero y de las conexiones con los sensores del proyecto en desarrollo.

Marco contextual

Una simple forma de definir un invernadero es diciendo que es un lugar diseñado en un espacio de terreno que aporta un buen estado climático para cualquier producto cultivado, pero gracias a la modernidad se puede implementar mejoras como sistemas que se gestionen solos para ayudar a los usuarios teniendo presente y de forma más precisa los datos para poder regular las variables que beneficien al desarrollo del cultivo.

El principal problema de la agricultura son los factores naturales ya que no se puede tener control, por eso cualquier producto cultivado con condiciones controladas y protegidas pueden ser de mejor calidad, e incluso se pueden producir en cualquier tiempo del año teniendo mayor producción, y teniendo en cuenta la

ubicación de este proyecto se puede variar entre cultivos de la región costa y de la sierra, siempre teniendo en cuenta las condiciones óptimas de cada producto.

Por otra parte, es un desafío para los usuarios o dueños del invernadero manejar los sistemas implementados principalmente por el uso de un teléfono móvil, por esa razón se dan métodos fáciles en las que ellos si comprenden como colocar interruptores dando otra alternativa de uso.

Problema de investigación

En la parroquia de Mollepamba la principal problemática que se puede notar son las altas temperaturas y pocas precipitaciones, debido a esto se ha planteado adicionar a un invernadero con sistemas domóticos para el control eficaz de los factores que beneficien al cultivo como el control de temperatura, humedad y de iluminación, de forma automática y remota con la finalidad de no realizar trabajo exigente para obtener un mejor cuidado y calidad en el cultivo.

Definición del problema

Para que un conjunto de sistemas pueda controlar el cultivo bajo cubierta como lo es en un invernadero, se necesita conocer los factores presentes en la zona de estudio, el tipo de plantación deseada con sus características de cuidado optimas en un invernadero, para poder desarrollar, implementar y ajustar los sistemas principalmente los de control de temperatura y de humedad de la tierra, teniendo en cuenta la facilidad de uso para los usuarios y de las debidas protecciones para los componentes y sistemas.

Idea a defender

Este proyecto implementara los sistemas de iluminación para una mejor visión, censo de temperaturas en varios puntos del invernadero para que ayude al sistema

automático de la ventilación y poder tener el sistema que controle la temperatura, con la finalidad de preservar un cultivo de buena calidad y facilitando el trabajo del cuidado del cultivo.

Objeto de estudio y campo de acción

Objeto de estudio:

Se fundamenta en la electrónica de control en el ámbito agrícola, enfocado en el sistema que permitan controlar factores de temperatura e iluminación para un cultivo óptimo de plantas, con el diseño, implementación de sistemas electrónicos de control para el cultivo, tomando en cuenta factores como el clima de la zona y las necesidades del cultivo, involucrando el uso de tecnologías como sensores, actuadores, entre otros para los sistemas de iluminación. También podría incluir la investigación y desarrollo de tecnologías y prácticas agrícolas sostenibles para mejorar la eficiencia y la rentabilidad del cultivo.

Campo de acción:

El campo de acción de la electrónica de control en la agricultura se enfoca en el desarrollo y mejora de sistemas electrónicos de control para optimizar el rendimiento del cultivo, mediante la aplicación de tecnologías avanzadas implementar los sistemas en un invernadero para tener una red domótica con sistemas que se gestionan automáticamente con ayuda de microprocesadores.

Justificación

- Beneficios personales

El presente proyecto tiene como iniciativa obtener productos de buena calidad como se produjera en cualquier invernadero de la zona, pero dando un valor agregado, principalmente al contar con un invernadero las plantas están protegidas de factores

naturales bruscos que puedan afectar en el desarrollo del producto, dando un punto a favor en comparación con productos sembrados a la intemperie y por otra parte es implementar sistemas que controlen la temperatura y humedad en el invernadero utilizando sensores dedicados a tareas específicas y a módulos que controlan su accionamiento, aparentando a un sistema domótico en el cual mediante una interfaz en cualquier dispositivo móvil conectado a la red del invernadero puede ver la temperatura interna y pueda manipular la iluminación, en cuanto a la ventilación, es una propuesta y a la vez prototipo de una ventilación pasiva que funciona de forma automática para brindar el mejor ambiente al producto. Estos sistemas benefician y facilitan a los dueños del terreno ya que al ser de la tercera edad no pueden mantener un cuidado adecuado del producto constantemente al día.

Objetivos

General

Implementar los correspondientes sistemas de ventilación, iluminación, medición de temperatura y humedad a un invernadero, mediante el planteamiento del funcionamiento con sensores, actuadores y otros componentes, para el facilitar el trabajo que implica cuidar un cultivo bajo cubierta.

Específicos

- Implementar los sistemas de iluminación y control de temperatura para poder producir cultivos de buena calidad y facilitar el uso a los usuarios.
- Implementar un método mecánico y automático de ventilación pasiva utilizando un motor eléctrico elevavidrios para el control de temperatura en el invernadero.

- Utilizar la interfaz ajena para visualizar las variables de temperatura registradas y poder accionar los sistemas de iluminación mediante un teléfono móvil.

Síntesis de la introducción

En la introducción se planifica la implementación de sistemas tipo domóticos, para el control y gestión de variables en un invernadero, como la iluminación, la medición de temperatura y humedad relativa, y el control de temperatura automática, enfocado en mejorar la eficiencia y el rendimiento del cultivo y producir cultivos viables, proporcionando beneficios para los usuarios como menos esfuerzo en el cuidado del cultivo, y de poder tener otro tipo de cultivos. A continuación, se describirá los conceptos previos a la implementación para tener fundamentos del proyecto.

CAPÍTULO I: FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

Análisis de la zona de estudio

Ubicación

El proyecto desarrollado está ubicado en la provincia de Cotopaxi, a las afueras de la ciudad de Latacunga, específicamente en el cantón de Saquisilí se encuentra la parroquia de Mollepamba.



Longitud y Latitud

Utilizando la herramienta de búsqueda gratuita de Google Maps, se puede especificar que el terreno que se utilizó para el desarrollo del presente proyecto está ubicado en la longitud -0.8519096, y latitud de -78.6821775. Además de esas coordenadas otras coordenadas que se puede especificar son de GMS (grados, minutos, segundos), que corresponderían a: 0°51'06.9"S 78°40'55.8"O.

Tipo de suelo

En el cantón Saquisilí están presentes tres tipos de suelos principales, y son conocidos por su taxonomía como se muestra en la Tabla 1, son Mollisol, Entisol e Inceptisol de los cuales se dice que:

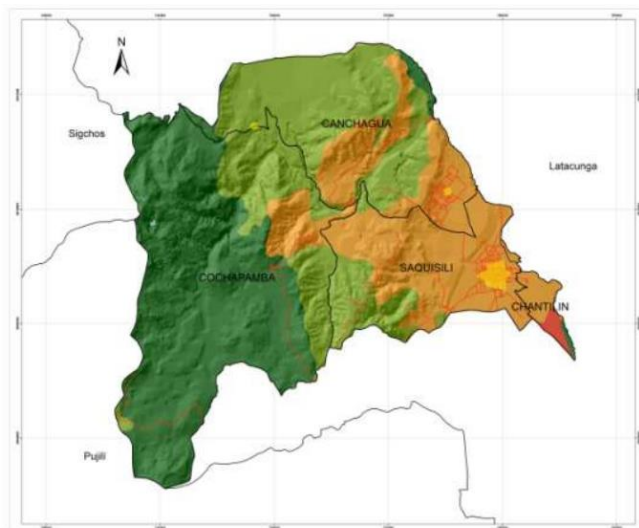
Tabla 1.
Taxonomía del Suelo en Saquisilí

| Taxonomía | Características | Porcentaje |
|---|--|------------|
| Mollisol  | Presentan una vegetación de pastizal, también se encuentra vegetación forestal. En áreas cálidas se usan principalmente para el cultivo de granos como maíz o soja. | 31,47 |
| Entisol  | Suelos típicos de laderas a causa de la erosión hídrica, con zonas forestales. | 28,32 |

| Taxonomía | Características | Porcentaje |
|------------|---|------------|
| | También en zonas de barrancos con aluviones constantes a lo cual son suelos fértiles principalmente para cultivos hortícolas y frutícolas. | |
| Inceptisol | Suelos de praderas y tierras de cultivo. Son buenos suelos para pastos y agricultura. En pendientes se aprovecha el bosque, pero con tendencia a una erosión. | 39,7 |

Nota. Es el tipo de suelo estudiado en el cantón que contiene a la comunidad de Mollepamba y se ve representado en la Figura 1. Tomado de Equipo técnico PD y OT, Saquisilí (2015)

Figura 1.
Mapa de la Taxonomía del Suelo de Saquisilí

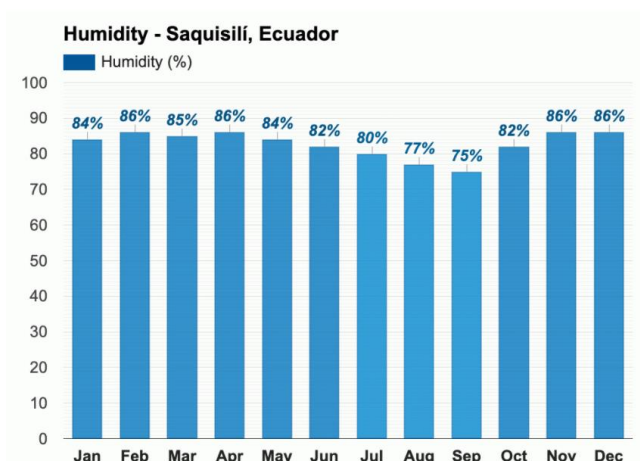


Nota. Cantones más cercanos a la comunidad de Mollepamba. Tomado de Equipo técnico PD y OT, Saquisilí 2015

Humedad

Porcentaje de la humedad registrada en Saquisilí entre el 2021, representada en la Figura 2.

Figura 2.
Estadísticas de la Humedad en Saquisilí



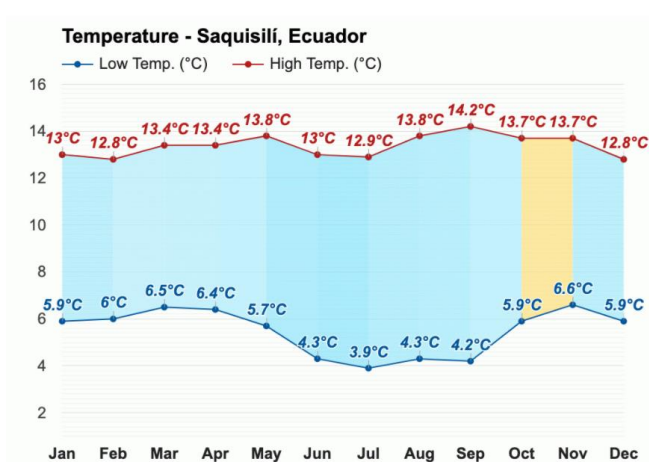
Nota. Porcentaje de humedad de la zona de Saquisilí. Tomado de Weather Atlas 2022

La cantidad de humedad, se puede definir que en la zona es muy constante las precipitaciones dando a entender que es un punto de tener en consideración ya que se ven afectados los cultivos cuando tienen un exceso de riego.

Temperatura

La media de la temperatura registrada en Saquisilí en el año 2021, representado en la Figura 3.

Figura 3.
Estadística de la Temperatura en Saquisilí



Nota. Promedio de temperaturas en el cantón Saquisilí. Tomado de Weather Atlas (2022)

El mes más cálido es Septiembre con 14.2°C, en los meses con la temperatura alta más baja fueron, febrero y diciembre con una media de 12.8°C, en conclusión, la temperatura cálida en la zona de Saquisilí se mantenía igual en el mismo rango y sin mucha diferencia, y por otro lado para el mes con el promedio de temperatura baja más alto fue noviembre y el mes más frío fue julio, pudiendo notarse que la zona es más común encontrarse con una temperatura muy baja e incluyendo factores como corriente de vientos fuertes.

Se tiene en cuenta la acción del efecto invernadero, que durante el día la acumulación de calor es mayor internamente que en el exterior, pero en la tarde o noche el suelo se produce el fenómeno conocido como cuerpo negro, que libera el calor acumulado del día. La temperatura de este fenómeno que influye sobre el cultivo depende de los materiales del invernadero.

Fundamentación Conceptual

Invernaderos

Cuando se habla de invernaderos se viene a la mente un invernadero estándar en un gran terreno llano, agrupados, de forma de túnel y muy extensos colocados en columnas, pero no siempre es de esa manera, porque depende de varios factores como: el área del terreno, ubicación, el presupuesto para su elaboración, los materiales, los sistemas de control de temperatura y riego y principalmente el producto que se va a sembrar ya que esto depende del tipo de invernadero.

Según el Instituto Nacional de Seguridad Y Salud En El Trabajo [INSST] (2015) un invernadero es un lugar aislado recubierto que permite controlar el ambiente y la temperatura perfecta para el cultivo. Además de que facilita el

cuidado de las plantas, generando factores idóneos para que se puedan desarrollar de mejor manera los productos sembrados internamente.

Tipos de Invernadero

Cuando se habla de tipos de invernaderos el factor que más se utiliza es la forma de la estructura, específicamente del techo, otros datos que varían son el material de la estructura como metálicas o de madera y del material que cubre el invernadero ya sea de diferentes categorías de plásticos o de vidrio, algunas de las estructuras más utilizadas en invernaderos son:

Túnel o túnel de pared como se ve en la Figura 4, son invernaderos con dimensiones y entre dos formas que varían, es ideal para cultivos pequeños y una de sus mejores ventajas es su capacidad de aire que ingresa y la forma en que transmite la luz.

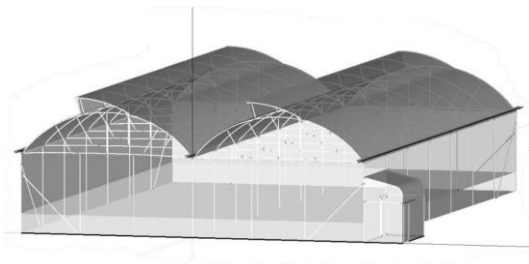
Figura 4.
Esquema de Invernadero Tipo Túnel



Nota. Diagrama de la estructura del invernadero tipo túnel. Tomado de invernaderos CONTUB (s.f.)

El invernadero cenital es el más eficiente en relación a la salida del aire caliente interno y entrada de aire fresco, representando un tipo de ventilación pasiva como se ve en la Figura 5.

Figura 5.
Esquema de Invernadero Tipo Cenital



Nota. Diagrama de la estructura del invernadero tipo cenital. Tomado de invernaderos CONTUB (s.f.)

Un invernadero similar es el tipo sierra que igual circulación de aire y en la parte superior en el techo tiene aperturas o ventanas laterales para expulsar el aire caliente con el mismo mecanismo de ventilación pasiva, pero tiene ciertas desventajas con relación al anterior, este debe tener ventanas amplias.

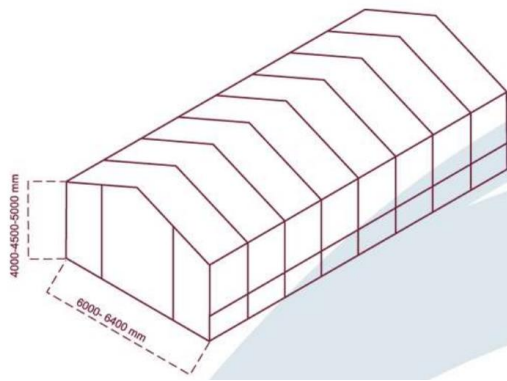
Figura 6.
Esquema y Circulación de Aire de un Invernadero tipo Sierra



Nota. Diagrama de la estructura del invernadero tipo sierra. Tomado de invernaderos CONTUB (s.f.)

Y por último y más parecido al invernadero que se utiliza en este proyecto es el invernadero capilla como se ve en la Figura 7, ya que es una estructura simple con un techo amplio y muy óptimo para la recepción de luz solar y en cuestión de ventilación se pueden adaptar fácilmente ventanas en los laterales o como una mezcla con el techo cenital para ventilación pasiva y de igual manera implementar un mecanismo de ventilación activa.

Figura 7.
Esquema de un Invernadero Tipo Capilla



Nota. Diagrama de la estructura del invernadero tipo capilla. Tomado de Novagric (s.f.)

Invernadero Automatizado

Un invernadero Automatización nos permite controlar los diferentes cambios internos del clima que afecta al sembrío del invernadero, con el fin de monitorear diversos mecanismos como sensores de humedad, temperatura, ventilación e iluminación, para tener información y establecer soluciones de manera autónoma para el cuidado de los cultivos dentro del invernadero y reducir costos del trabajo de mano de obra. (SPAGNOL, s.f.)

Arduino

Fernández (2020) menciona que “Arduino es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores.”

Al hablar de Arduino se debe mencionar dos partes, la primera es su gran categoría de placas con microcontrolador integrado que varían de potencial según el trabajo que le dé el usuario, pero también cuentan con hardware libre que permite desarrollar placas específicas que necesita un usuario, pero son públicas para los demás usuarios.

IDE Arduino

Previamente se mencionó dos partes de Arduino, continuando, la otra parte es su complemento que es el software que al ser libre permite utilizar bases ya existentes o poder modificar el código el cual da paso a la programación y desarrollar trabajos dependiendo de la necesidad del usuario.

En la misma página oficial de Arduino se encuentra el software gratuito llamado IDE Arduino o también entorno de desarrollo integrado, el cual permite escribir, depurar, editar y grabar los programas llamados “bocetos” o “sketch”, de una forma muy sencilla.

En la página de la tienda oficial de Arduino indican que “Las posibilidades de realizar desarrollos basados en Arduino tienen como límite la imaginación.” (ARDUINO.cl, s.f.)

Dando a entender que al utilizar Arduino es estar en un mundo abierto a muchas posibilidades de desarrollar proyectos desde muy simples a muy complejos.

Lenguaje de programación

Para poder desarrollar un proyecto de Arduino se necesita un software en el cual se pueda escribir las ordenes, comandos o lo que se conoce como programación, actualmente Arduino tiene su propio entorno de desarrollo (IDE), pero este se basó en dos tipos de programas, el primero es el Processing, es un lenguaje de código abierto utilizando java que se utiliza en cualquier entorno de desarrollo siendo muy similares.

Y el otro tipo de programa es el Wiring, que es más enfocado como una plataforma que utiliza el Processing, y de igual manera utiliza Java añadiendo una

compilación simplificada del lenguaje C/C++. Con la finalidad de programar las operaciones de una manera fácil.

Elena Hidalgo Martín (2014), afirma que “Wiring es una plataforma de hardware desarrollada por Hernando Barragán para que personas no doctas en programación pudieran aprender en un contexto más visual.”

Estos tipos de programas dieron base para la mayoría de entornos de desarrollo como su estructura, empezando con una función principal y con otra función en bucle.

Fundamentación Legal

En la Ley Orgánica de Agrobiodiversidad, Semillas y Fomento de la Agricultura Sustentable, fue publicada en el Suplemento del Registro Oficial No. 10 de 08 de junio de 2017, tiene por objeto proteger, revitalizar, multiplicar y dinamizar la agrobiodiversidad en lo relativo a los recursos fitogenéticos para la alimentación y la agricultura; asegurar la producción, acceso libre y permanente a semillas de calidad y variedad, mediante el fomento e investigación científica y la regulación de modelos de agricultura sustentable; respetando las diversas identidades, saberes y tradiciones a fin de garantizar la autosuficiencia de alimentos sanos, diversos, nutritivos y culturalmente apropiados para alcanzar la soberanía alimentaria y contribuir al Buen Vivir o Sumak Kawsay. (TAXFINCORP CÍA LTDA., 2020)

En el artículo 2 de definiciones del Reglamento A La Ley Orgánica De Agrobiodiversidad, Semillas Y Fomento De La Agricultura Sustentable, en el punto 12 se manifiesta La Permacultura, es el diseño de hábitat humano regenerativo y sostenible. Se basa en la aplicación de conocimientos científicos, la comprensión de prácticas ancestrales y la observación personal. Integra aspectos de cultivo,

crianza de animales, manejo hidrológico del paisaje, construcción, tecnologías apropiadas, economía y otros. (TAXFINCORP CÍA LTDA., 2020)

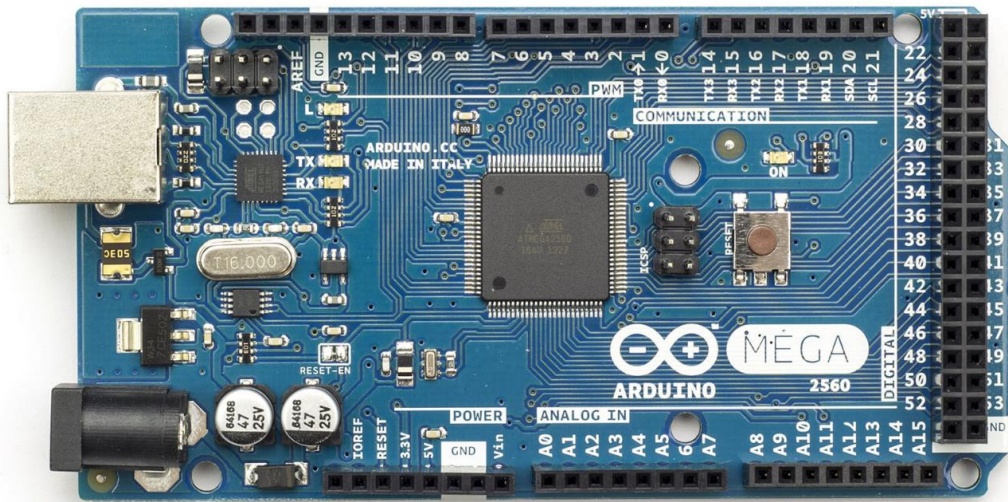
Del mismo artículo del punto 20 se menciona La Transferencia tecnológica, es el proceso mediante el cual los avances tecnológicos desarrollados por un sistema de investigación son trasladados al contexto agroeconómico y social, donde se van a aplicar. Este proceso implica actividades de validación, protección de activos intelectuales, difusión, capacitación y otras que den como resultado la innovación. Así la transferencia tecnológica es un nexo entre la Investigación y el sector productivo, y no deberá confundirse con procesos de extensionismo o asistencia técnica. (TAXFINCORP CÍA LTDA., 2020)

Fundamentación Técnica y/o Tecnológica

Arduino Mega

Una placa de la gran familia de Arduino es el Arduino Mega 2560, y su importancia en este proyecto principalmente es por la cantidad de pines digitales para entrada/salida, esta placa cuenta con un total de 54 pines digitales y 16 analógicos, también al contar con su chip microcontrolador muy potente del cual se deriva su nombre que lo hace superior a un Arduino básico, además de sus componentes integrados.

Figura 8.
Placa Arduino Mega 2560

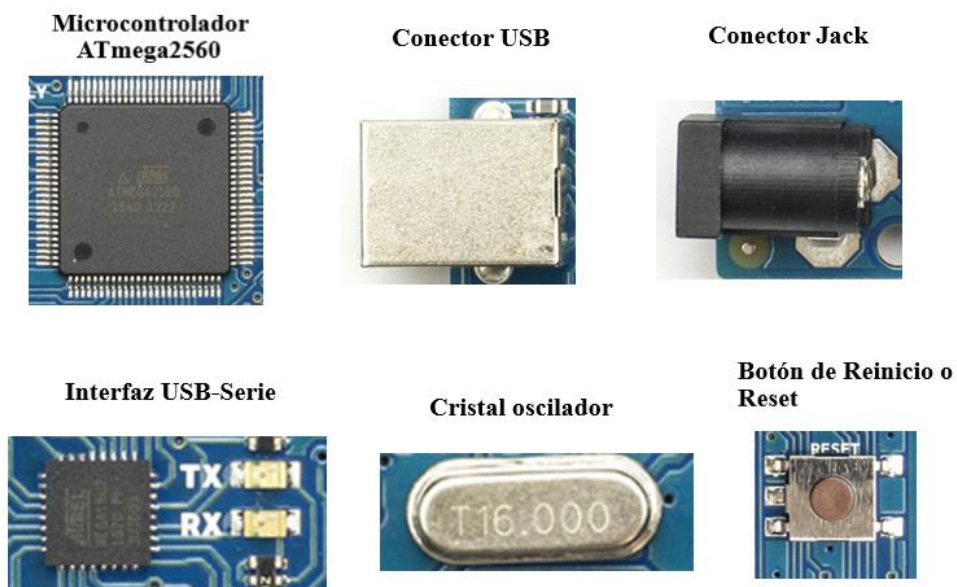


Nota. Tarjeta microcontroladora Arduino Mega detallada. Tomado de ARDUBASIC

Algunos de sus componentes integrados se aprecian de mejor forma en la

Figura 9:

Figura 9.
Componentes de la Tarjeta Arduino Mega



Nota. Estos son algunos componentes más relevantes en la tarjeta Arduino.

Tabla 2.
Descripción y Características de los Componentes de la Tarjeta Arduino Mega

| Componentes | Características |
|-----------------------------|--|
| Microcontrolador ATmega2560 | <p>Es el cerebro del Arduino ya que procesa el código desarrollado, están conectados prácticamente todos los pines.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Memoria FLASH es el espacio disponible para almacenar el programa con un total de 256 kB. • Memoria SRAM, es donde se crean las variables declaradas en el programa y tiene 8 kB. • Memoria EEPROM, es la que almacena los datos para que se conserven, aunque se reinicie o falle la alimentación y tiene 4 kB. • Frecuencia máxima de la CPU es de 16MHz. <p>Voltaje de Operación máximo: 6V.</p> |
| Conector USB | <p>Tiene un conector USB tipo B, mediante la cual:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Alimentar a la placa dando 5V. • Transfiere el sketch al microcontrolador mediante el puerto interfaz USB-Serie. |
| Conector Jack | <p>Es utilizado para alimentar la placa cuando no esté conectado mediante el conector USB-B.</p> <p>La alimentación en este puerto debe estar entre 7V y 12V con ayuda de reguladores de voltaje.</p> |
| Interfaz USB-Serie | <p>Es un microcontrolador extra que ayuda a establecer el enlace entre un ordenador y el microcontrolador que permite transportar el código.</p> |
| Cristal oscilador | <p>Genera variaciones de voltaje a una frecuencia de 16MHz, son utilizados para generar sus correspondientes señales de reloj generadas por las variaciones de voltaje obtenidas y define la velocidad el microcontrolador al ejecutará las operaciones.</p> |
| Botón de Reset | <p>Reinicia el sistema, todo el código programado será ejecutado nuevamente.</p> |
| Otros | <p>La placa tiene 4 Leds integrados correspondientes a:</p> |

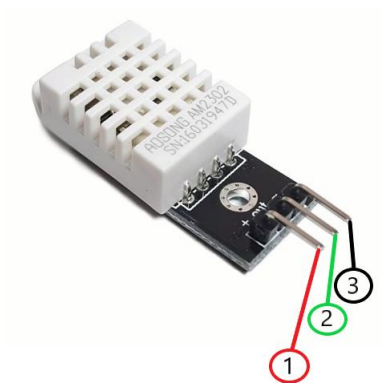
| Componentes | Características |
|-------------|---|
| | LED ON: Indica que la placa está alimentada correctamente. |
| | LED Tx: Pestañea cuando se transmite información al monitor serie y permite comprobar si la placa está realmente transmitiendo información. |
| | LED Rx: Pestañea cuando recibe información del monitor serie, se comprueba si realmente se está efectuando la comunicación. |
| | LED Integrado. |

Nota. Se describe la mayoría de los componentes que se detectan a la vista por esa razón se omiten los microcomponentes.

Sensor de Temperatura y Humedad

El sensor DHT 22 permite monitorear temperatura y humedad relativa de forma precisa y sencilla a un bajo precio. La salida procesa información de tipo digital.

Figura 10.
Sensor DHT22



Nota. Es un sensor económico para la lectura de temperatura ambiental y de humedad relativa.

Tabla 3.
Características del Sensor DHT22

| Pines | Características |
|---------|---|
| 1. VCC | Pin de alimentación, requiere 5v para funcionar. |
| 2. DATA | Pin de datos, procesa datos analógicos a digitales de las variantes de humedad relativa y de temperatura. |

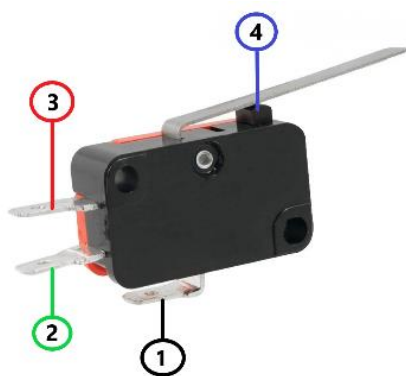
| Pines | Características |
|--------|--|
| 3. GND | Pin de tierra, es la masa de la alimentación y proporciona 0v, completa el circuito. |

Nota. Son los requerimientos eléctricos de cada pin del sensor.

Sensores de Contacto (Finales de carrera)

También conocidos como interruptor de posición, son sensores de contacto que al contacto de un elemento móvil genera una señal para que se detenga mediante accionamiento mecánico.

Figura 11.
Interruptor Final de Carrera



Nota. Por lo general existen interruptores similares, pero de diferentes formas y tamaños para distintos trabajos, pero tiene estas partes en común.

Tabla 4.
Características de un Interruptor Final de Carrera

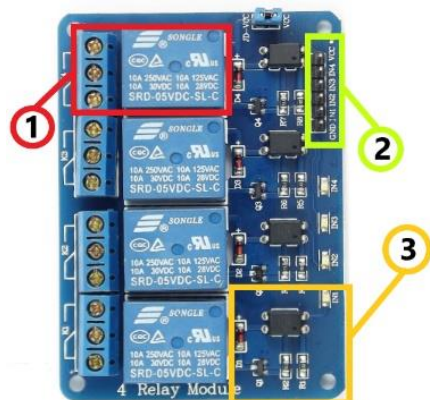
| Pines | Características |
|-------------|--|
| 1. COM | Común, contacto donde ingresa la corriente y tiene contacto con la lámina interna. |
| 2. NO | Normalmente abierto, en reposo no tiene contacto con la lámina y no tiene continuidad de corriente. |
| 3. NC | Normalmente cerrado, en estado de reposo está haciendo contacto con el pin común. |
| 4. Pulsador | Ayudado por una palanca, presiona una lámina interna para que se abra o cierre el contacto entre los pines NO y NC |

Nota. Este es el uso común que se le da a este tipo de interruptores.

Modulo relé

Es un componente actuador que facilita el control, tanto de voltajes altos como los 110V estándar de electricidad que rige en el Ecuador, como también de una acción programada mediante cualquier microprocesador.

Figura 12.
Modulo Relé



Nota. Estos módulos tienen protecciones en caso de fallos con altos voltajes.

Tabla 5.
Características del Módulo Relé

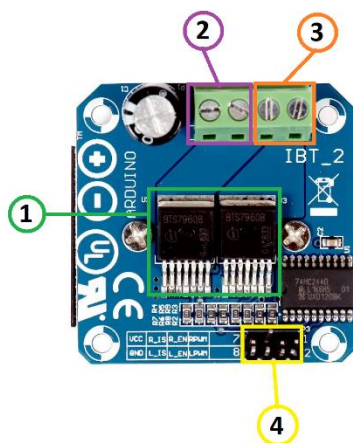
| | Partes | Características |
|------------------------------|---|--|
| 1. Reley: | Bobina Terminales: Com, NO, NC | Componente electromecánico, funciona al dar corriente eléctrica a la bobina y genera un campo electromagnético que controla el terminal común. |
| 2. Pines: | VCC, GND, IN (1,2,3,4) | Vcc: alimentación de 5V. Gnd: tierra o masa de 0V. In: terminales de control. |
| 3. Componentes electrónicos: | Optoacoplador, Resistencias, Diodo led, Transistor | Optoacoplador, compuesto por dos partes, un led y un transistor fotosensible, dan paso para la activación del relé. Las resistencias y el diodo externo controlan y limitan la corriente. El transistor externo permite controlar la corriente y energiza la bobina del relé |

Puente H Driver BTS7960

Es un módulo es capaz de controlar motores desde 5V hasta 27V de corriente continua que controla la polaridad del giro para ambas direcciones con una corriente de salida de hasta 43 amperios, pero este módulo tiene sus propias mediadas de seguridad ante sobrecalentamiento y de sobrecorriente que las aísla el circuito principal de control, cuenta con dos chips del cual se le da su nombre, estos son transistores que internamente funcionan como un circuito de puente H para designar la polaridad al motor, adicionalmente tiene otro chip pero este es de tipo controlador, pues gestiona todo el trabajo que hace el módulo además de que permite la conexión con un controlador o microcontrolador externo.

Este módulo cuenta con entradas de tipo PWM y da opciones como controlar la potencia y la velocidad del motor.

Figura 13.
Módulo Puente H



Nota. Dependiendo del voltaje de motor existen drivers más económicos.

Tabla 6.
Características del Módulo Puente H

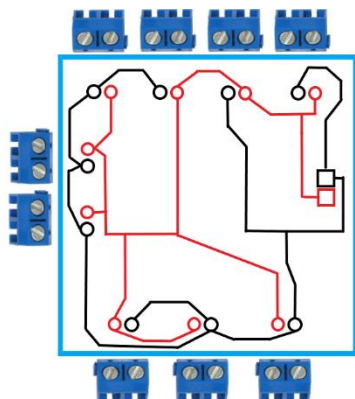
| Partes | Características |
|------------------------------------|---|
| 1. driver | La parte principal de este módulo es el driver BTS7960 que tiene la capacidad de controlar motores, internamente está compuesto por dos grupos de cuatro interruptores o de transistores que forman una “H”. Adicionalmente cuenta con un gran disipador de calor en la parte inferior controlando que no se sobrecaliente. |
| 2. bornes de alimentación | Cuenta con dos borneras que corresponde a la fase y neutro de la fuente de alimentación que depende del voltaje del motor. |
| 3. bornes de salidas para el motor | Los bornes tienen su correspondiente lugar que indican como debe ser conectada la polaridad de los cables del motor. |
| 4. pines de entrada | Este módulo cuenta con ocho pines de los cuales, el 1 es para controlar el pulso modulado con sentido a derecha, el 2 es lo mismo, pero con sentido a la izquierda, los pines 3 y 4 habilitan su control correspondientemente, los pines 5 y 6 no se utilizan con frecuencia, pero sirven para conectar sensores de potencia, el 7 es el pin de alimentación que es de 5V y el pin 8 que corresponde a la alimentación de tierra. |

Nota. Verificar que toda la parte electrónica y principalmente que el disipador funcione correctamente.

Extensor de alimentación

Es un componente PCB o placa de circuito impreso que tiene el objetivo de poder distribuir las cargas de VCC y de GND con la ayuda de una fuente de alimentación de 5 V, para todos los componentes presentes en el invernadero y para los módulos que se encuentra en el gabinete de control, su esquema funciona mediante nodos en paralelo que distribuye el mismo voltaje por los nodos.

Figura 14.
Extensor de Alimentación



Nota. Este diseño funciona para ampliar mediante borneras los voltajes de forma paralela.

Fuentes de alimentación

Existen diversas formas de alimentación de electricidad para este proyecto, siendo la principal la corriente alterna que se toma desde el suministro de la casa y a su vez protege el gabinete de control con un interruptor termomagnético.

Y posteriormente para tener el voltaje necesario para cada parte de los sistemas se utiliza una fuente de 12 voltios y de 10 amperios para alimentar al motor, el cual es un motor elevavidrios para el sistema de ventilación del invernadero, como extra también cuenta con un ventilador pequeño que enfría los sistemas en el gabinete de control.

Se utiliza otra fuente de alimentación de 5 voltios de 5 amperios para alimentar los sensores DHT22, los interruptores finales de carrera, el módulo relé y el módulo driver BTS7960, con la finalidad de no sobrecargar con varios dispositivos a la tarjeta Arduino Mega.

Figura 15.
Tipo de Fuente de Alimentación



Nota. Estas fuentes no son exactas pero cuentan con un regulador o potenciómetro para ajustar al voltaje deseado. Tomado de Megatronica (s.f.)

Motores

Dentro de la gran cantidad y tipos de motores eléctricos, los mejores y más eficientes para el proyecto son la categoría de motores electromagnéticos que solo basta con corriente continua o directa para generar un campo magnético y permite girar el motor, pero dentro de esa categoría se encuentran motores con ingenierías similares pero que varían. Algunos de los motores son los siguientes:

Tabla 7.
Tipos de Motores Eléctricos DC

| Tipos de motores | Partes | Mecanismo | Características |
|------------------|---|---|--|
| Paso a paso | Tanto para este motor y para el motor Brushless son similares al referirnos que no tienen escobillas y que el motor está conformado por | El motor necesita un controlador de paso a paso. Al intercalar la corriente por las entradas activa el campo magnético de un solo grupo de bobinas permite al eje girar en una dirección a pasos, pero esto puede ser más suave si se aumentan las bobinas y se energizan las dos bobinas a la vez. | De dos entradas Barias bobinas, pero solo son dos grupos que son los polos intercalados. Cada bobina tiene en su punta conductores electromagnéticos, y cuenta con dientes de diferentes polaridades. |
| Brushless (BLDC) | DC dos partes una es el rotor y la otra el estator. | Necesita un contador de velocidad electrónico que proporciona la señal en las tres entradas y las conmuta rápidamente para que las bobinas empujen y atraigan correspondientemente a cada polaridad de los imanes, para que generen el giro del eje del rotor. | Entrada de triple fase en las que van variando la entrada del voltaje, la tierra y una entrada libre o flotante. A pesar de aparentar tener muchas bobinas, estas están agrupadas con relación a las tres entradas. El número de bobinas y de imanes tienen relación predefinida |
| Servomotor | Un motor, un retroalimentador | El motor principal está relacionado con el retroalimentador y este está | No tiene un motor fijo, puede ser de corriente continua o alterna. |

| Tipos de motores | Partes | Mecanismo | Características |
|------------------|---|--|---|
| | caja de engranajes. | de conectado a eje y permite conocer la posición de eje. Para controlar la posición del eje o del rotor se necesita señales PWM* | Su retroalimentador puede ser un codificador o un potenciómetro. |
| Motorreductor | En el motor se encuentra tres piezas, el rotor, el estator y las escobillas, y aparte una caja de engranajes. | Al aplicar electricidad a las escobillas hacen contacto con placas de cobre que son las entradas y salidas de la bobina generan una polaridad, y en estator se encuentran dos imanes de diferentes polaridades que empujan y atraen la bobina del rotor. | Tiene una caja la cual cuenta con un grupo de engranajes que reduce la velocidad producida por el motor, pero genera mayor fuerza en el giro o en el eje. |

Nota. Las escobillas son una parte de un mecanismo que conduce la electricidad, algunos motores no los necesitan y funcionan de igual manera.

*PWM es un tipo de señal mayormente analógica que digital que trabaja en ciclos, la cual es modificada para un óptimo uso o conocido como modulado, del cual recibe el nombre de modulación por ancho de pulso. Sirve para transmitir información, pero también controla la cantidad de energía.

Motorreductor

Este motor es tomado en cuenta por su resistencia y durabilidad además de generar un impresionante torque el cual es necesario para poder mover la ventana del mecanismo de ventilación que se emplea en este proyecto.

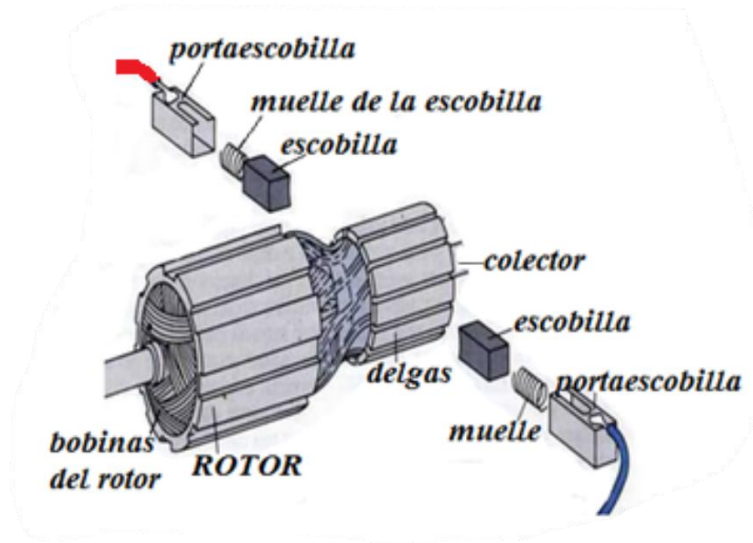
Pero ¿Cómo funciona el motorreductor?, como antes se menciona que el motor tiene tres partes, la primera es el rotor que es eje que se gira ya que le inducen un tipo de campo magnético en una bobina a la vez y en un extremo se encuentra un colector, este está compuesto por pequeñas placas de cobre conocidas como pads que son las entadas y salidas de la bobina que hacen contacto con las escobillas y generan una polaridad.

Otra parte son las escobillas que son dos piezas de materiales conductivos que deben hacer contacto con los pads del colector para transmitir la energía o corriente.

Y finalmente se encuentra el estator que además de ser una pieza que protege al rotor, es una pieza fija que tiene en sus laterales imanes con diferentes polaridades los cuales proporcionan el campo magnético que hará que las bobinas giren en un sentido.

Pero la pieza clave para su mayor torque es la caja reductora o caja de engranajes que viene integrada, en la parte del eje se encuentran los dientes que hace juego con los engranajes, perdiendo velocidad, pero dando mayor control y fuerza al eje final o piñón.

Figura 16.
Partes de un Motor con Escobillas



Nota. Este mecanismo es la base para motores similares. Tomado de AulaFacil

Motor empleado

El tipo de motor utilizado es motorreductor, alimentado de 12 Voltios de corriente directa y consta de dos partes, la primera de color plomo es la parte es el motor y la otra de color negro es su caja reductora de velocidad que funciona de esa forma para que la pieza que rota o conocido como piñón lo haga con fuerza.

Y como características adicionales se encuentra descritas en la Tabla 8, que:

Figura 17.
Motor Elevavidrios



Nota. Estilo de motor genérico para automóviles

Tabla 8.
Características del Motor Elevavidrios

| Características | Datos |
|---------------------|---------|
| Voltaje máximo | 12 V |
| Potencia máxima | 14 W |
| Corriente mínima | 10 A < |
| Corriente máxima | 34 A |
| Velocidad de torque | 67 min |
| Torque | 2 Nm < |
| Fuerza de torque | 13,5 Nm |

Nota. Son características del motor empleado para la ventilación del invernadero.

Síntesis del capítulo

Un invernadero en el cual se adaptó sistemas electrónicos con el objetivo de controlar la temperatura, humedad e iluminación para el cuidado de cultivos. Estas estructuras se usan para cultivar frutas, verduras y flores a lo largo del año y son protegidas ante factores extremos como la lluvia. Los invernaderos mantienen una temperatura mayor a los niveles exteriores, para permitir la producción de cultivos a lo largo del año.

Además de contar con la placa microcontroladora Arduino Mega que es de fácil uso para programación básica de sistemas, cuenta con más puertos digitales disponibles los cuales son ocupados por módulos y sensores para poder tener control automático del sistema, a excepción del sistema de iluminación.

Adicionalmente se cuenta con una tarjeta de la familia Shield Arduino el cual ayuda mucho en este proyecto, pues, se logra comunicar mediante una red de un router con la interfaz del proyecto ajeno, en las que se ven los datos de la temperatura y se puede accionar el sistema de iluminación.

CAPÍTULO II: DIAGNÓSTICO

Tipo de investigación

Al contar con un invernadero y con la oportunidad de poder reducir el trabajo que conlleva estar siempre cuidando del cultivo bajo cubierta, se analiza cuáles son los factores principales que afectan a un cultivo en invernadero, y se logró notar que se deben cubrir factores principales como el control de la temperatura, la humedad y el riego, además de esos factores se vio la necesidad de poder ver en la noche. Es por eso que se propuso varias formas de cubrir esas necesidades.

Para el control de temperatura, se necesita un sensor que mida la temperatura de forma digital o analógica para que sea procesada por la tarjeta Arduino Mega, la otra parte es la ventilación en la que existe un gran mercado y formas de poder extraer el aire interno pero que sea económico para el proyecto, por eso se definió en utilizar la ventilación pasiva como primer aporte, pero proponiendo una estructura no tan tradicional para invernaderos que con la ayuda de un motor con un buen torque poder hacer que se recorra hacia los lados y controlados con interruptores.

Y para que funcione de forma automática se toma el dato de temperatura de un sensor para que el Arduino mande impulsos a los pines de salida PWM conectados a un driver para que según los requisitos programados el motor abra la ventana o la cierre.

La otra parte de la ayuda es la iluminación, que se pudo haber realizado de forma fácil y casera, pero aprovechando el uso de Arduino se puede realizar un sistema con módulos relés que soporte altos voltajes, que mediante el uso de una interfaz ajena se puedan accionar de forma remota, pero esto generaría

inconvenientes para los dueños del terreno y se solucionó mediante el método conocido como conmutación, el cual consta de conectar los bornes del relé con los del interruptor entre ellos para que el accionamiento entre la parte digital y la parte física no afecte al otro.

Métodos de investigación

Para definir un proyecto que beneficie a una familia en una comunidad, se enfocó en una pareja de adultos mayores de la parroquia de Mollepamba y que su principal ingreso económico es la venta de sus cultivos, principalmente el maíz, se pudo notar que en los alrededores de Mollepamba hay varios terrenos con invernaderos tradicionales, así fue como se enfocó en la elaboración de un invernadero para que se pueda cultivar más variedad de productos. Pero como adquirimos estudios de forma inductiva se planeó entre dos grupos de estudiantes adicionar sistemas que cubran las necesidades del cultivo y de otros que ayuden a la pareja de adultos reduciendo el trabajo del cuidado, mediante sensores, actuadores, microprocesadores, programación de control, otros componentes y materiales y una red LAN a la que se conecten dispositivos móviles y tengan acceso a la interfaz que controla de forma remota y visibilidad de valores de temperatura y humedad.

Síntesis del capítulo

Se tenían contempladas y experimentado varias formas de poder realizar cada parte de los sistemas que controlen el invernadero, pero se decidió que sea de la siguiente forma demostrada en el capítulo 3, porque si bien no son tan complejas de ejecución ni de programación, estas se pueden replicar para proyectos de automatización similares o que faciliten una idea para sistemas de control.

CAPÍTULO III: PROPUESTA

Descripción de la propuesta

Por lo general existen varios mecanismos de ventilación para invernaderos, uno de ellos es la ventilación activa que cuenta con un sistema de ventiladores industriales que tienen un valor unitario aproximado de \$250 dólares americanos.

El otro mecanismo de ventilación es la pasiva, que utilizan el viento natural para renovar el aire y controlar la temperatura, cuentan con ventanas en las cuales se deben recoger o enrolla el plástico y protegidas con mallas, siendo una solución más económica, pero produce más trabajo físico para el dueño o el encargado del cuidado, ésta propuesta de mecanismo de ventilación está basada en la ya antes mencionada, pero con la finalidad de no producir trabajos forzados para la gente mediante un sistema automático.

Y de igual forma cuenta con la ayuda de los sensores DHT22 para poder activar el funcionamiento en base al dato de la temperatura interna, además de contar dispositivos como los sensores finales de carrera que son un tipo de interruptores para poder controlar la ventana cuando llegue al tope del marco.

Y finalmente un sistema conmutado de iluminación para que se accione con interruptores de luz y mediante un dispositivo móvil con acceso a la interfaz ajena de control.

Viabilidad

La Tabla 9 muestra una comparativa entre el precio aproximado que costaría implementar un sistema de ventilación activa y el sistema propuesto de este proyecto de ventilación pasiva, además la Tabla 10 muestra los costos de materiales para la ventana.

Tabla 9.
Comparativa Entre Sistemas de Ventilación Activa y Pasiva

| Características a Tomar en Cuenta | Ventilación | |
|-----------------------------------|--|---|
| | Activa | Pasiva |
| Costo | Un ventilador – 250\$ Instalación y adicionales – 35\$ | El mecanismo propuesto – 167.68\$. Instalación y adicionales – 30\$ |
| Ventajas | <ul style="list-style-type: none"> •Al extraer renueva el aire. •Controlan grandes volúmenes de aire. | <ul style="list-style-type: none"> •Bajo consumo de electricidad. •Aprovecha el viento de la zona. |
| Desventajas | <ul style="list-style-type: none"> •Al ser un lugar pequeño si no se controla bien se afecta a la humedad relativa. •Tiempos prolongados de consumo de energía electica. | <ul style="list-style-type: none"> •Poco efectivas en días sin vientos •Pueden ingresar insectos o plaga. |

Nota. Estas características son pensadas para el invernadero implementado en Mollepamba.

Tabla 10.
Costos y Materiales de la Ventana

| Material | Descripción | Cantidad | Costo |
|-------------|---------------------------|----------|--------|
| Metal | Ángulos en “U” | 2 | 21.26 |
| Metal | Carriles (6m x 2cm x 4cm) | 4 | 70.72 |
| Rodachines | Ruedas auxiliares | 2 | 1.60 |
| Cadena | Cadenilla de 4m | 4 | 24.00 |
| Piñón chino | | 3 | 18.00 |
| Platina | Metal para soldar | 5 | 7.00 |
| Total | | | 142.68 |

Nota. A estos costos no se toma en cuenta el cableado ni el motor, es el costo solo del marco.

Impacto

Como primer aporte, una de los impactos que se logra es economizar el consumo de electricidad para los sistemas de este proyecto, pese a tener un gabinete de control con módulos y componentes estos no consumen gran electricidad y son suministradas por fuentes de alimentación que controlan doce y cinco voltios.

Por otra parte, para el tema de cuidado de cultivo se cumple con los niveles de temperatura óptimos para el cultivo de rosas, flores, tomates como se muestra del estudio en el anexo 1, o de ser el caso, se deseará tener otro tipo de cultivo se deberán tomar en cuenta los diversos factores como se describe en la Tabla 11 para poder generar cultivos de buena calidad y que la familia pueda generar ingresos.

Tabla 11.
Características para Otro Tipo de Cultivos

| Por Ubicación | En el Invernadero | Los Sistemas |
|----------------|--------------------------|--------------------------|
| El clima | Cultivos no muy altos | Regular la medición de |
| La humedad | Adaptación de la semilla | temperatura que controla |
| La temperatura | Si necesitan iluminación | la ventilación. |
| El suelo | El riego | |

Nota. Esta es una descripción a breves rasgos que se deben tomar en cuenta, antes de plantar cualquier semilla en el invernadero

Desarrollo de la propuesta

Sistema de iluminación

El sistema de iluminación está presente en tres ubicaciones estratégicas que tienen la finalidad de mejorar la visibilidad cuando el clima empieza a oscurecerse, cuando sea de noche o en cualquier momento que los usuarios quieran activarlo.

La primera ubicación es la parte interna del invernadero y están instalados tres puntos, en la segunda está ubicado un punto en la parte externa del invernadero en la parte superior de a puerta, y en la tercera ubicación está en un cuarto designado

como bodega, el punto ilumina el panel de control en donde está ubicado el Arduino Mega y los demás componentes para los sistemas.

De las cuales el módulo relé la entrada IN1 corresponde a los tres focos internos del invernadero y los otros dos focos adicionales corresponden a la entrada IN2.

El funcionamiento de este sistema es en dos formas, la primera forma de cómo funciona la activación tanto para IN1 e IN2 del módulo de relés es mediante el uso de la plataforma ajena que manda las señales o valores para que se pueda prender o apagar, el proceso es, la plataforma manda el tipo de valor a través del servidor que es la placa Raspberry PI, la placa tiene una entrada ethernet que está conectado a una red LAN mediante ethernet en el puerto de un router, la placa del microcontrolador Arduino Mega tiene una placa adicional con un puerto ethernet conocida como Arduino Ethernet Shield, que también está conectada a otro puerto del mismo router, una vez ya recibido el valor mediante las dos placas de Arduino la señal se dirige a los puertos digitales D-22 y D-23 correspondientes conectados al módulo de relés, y por último los relés pasan de estar en la posición normalmente abierto a normalmente cerrado o viceversa.

La otra manera es mediante la conmutación entre los relés y un interruptor doble de luz, su funcionamiento es más simple que el anterior pues es poner físicamente en cualquier posición el interruptor de la forma común como se hace para prender o apagar.

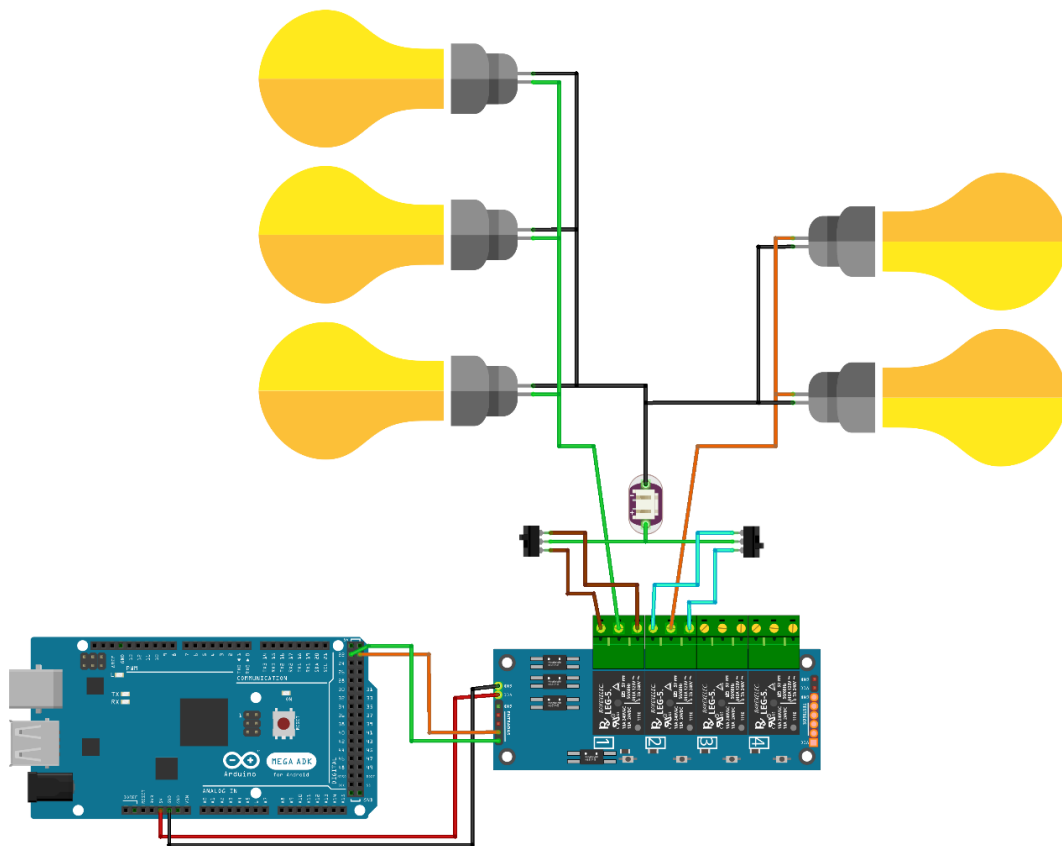
Con la finalidad de poder facilitar la activación de la iluminación para los usuarios del invernadero que son adultos mayores y no tienen mucho manejo de la interfaz de la plataforma.

Este sistema de iluminación al ser mediante conmutación no afecta en la plataforma, pero si es de tomar en cuenta que por ejemplo se pueda prender desde la plataforma en un teléfono móvil o cualquier dispositivo conectado a la red y se puede apagar físicamente desde la posición del interruptor o viceversa, dependiendo del juego de posiciones tanto en la proforma como en los interruptores.

Su conexión es simple y como se muestra en los diagramas, la primera parte es alimentar el módulo de los relés con 5 voltios y con GND, que son tomados de la fuente de alimentación de 5 voltios, después conectar los puertos digitales del Arduino a las entradas que controlan los relés.

Diagrama esquemático del sistema de iluminación

Figura 18.
Diagrama Esquemático del Sistema de Iluminación



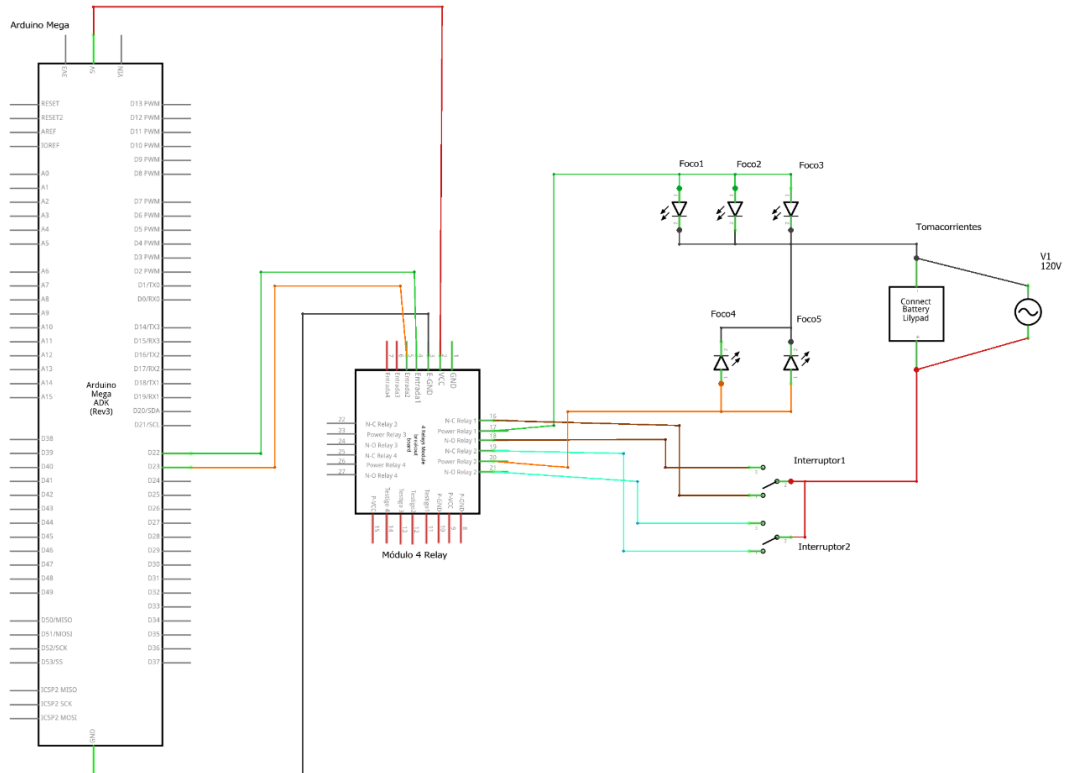
fritzing

Nota. La toma de corriente es una parte simbólica, puesto que la alimentación de los 120 V es tomada desde un interruptor termofusible.

Diagrama eléctrico del sistema de iluminación

Figura 19.

Diagrama Eléctrico del Sistema de Iluminación



fritzing

Sistema de Temperatura y Humedad

El sistema de sensores DHT22 que obtienen datos de temperatura y humedad relativa de forma digital tienen la finalidad de generar un registro de los valores obtenidos y mostrarlos mediante la plataforma del servidor ajeno. Pero aparte de ese objetivo, también se podrá activar el mecanismo de ventilación con el valor del sensor designado en la zona 1, porque este sensor estará más alejado de la ventana, los sensores están distribuidos en cuatro zonas representadas en la Figura 32.

El funcionamiento de los sensores DHT22 es simple como se ve en la Figura 20, solo cuenta con tres pines, el VCC que requiere 5 voltios que son entregados por la fuente de alimentación, el DATA que es un pin que manda los valores

censados al Arduino Mega de forma digital, y el GND que es la tierra y de igual manera es entregado por la fuente y además se necesita una tierra que es tomada desde cualquier pin GND del Arduino, que cierra el circuito permitiendo el funcionamiento del sensor.

Pero por que se utilizaron estos sensores, pues resulta que dentro de la familia DHT los DHT22 dan datos más precisos y tienen un mayor rango de censo y soporta hasta los 80° centígrados, obviamente en el mercado existen gran cantidad de sensores de temperatura, pero al tratarse de un proyecto no industrial se optó por un sensor económico, sencillo de utilizar y que cumpla con el objetivo antes mencionado de generar un registro de los valores, no se tenía necesidad de utilizar otro tipo de sensor.

Teniendo en cuenta las diferentes variantes de temperatura se hará un promedio aproximado de los dos valores de temperaturas ideales para cultivos de la zona como el tomate riñón y las rosas, tanto para el máximo y para lo mínimo, dándonos como resultado una temperatura máxima de: 30°C, y temperatura mínima de: 17°C, como se muestra en la Tabla 12. Con la finalidad de tener estos valores como limitantes para el accionamiento de la ventilación automáticamente.

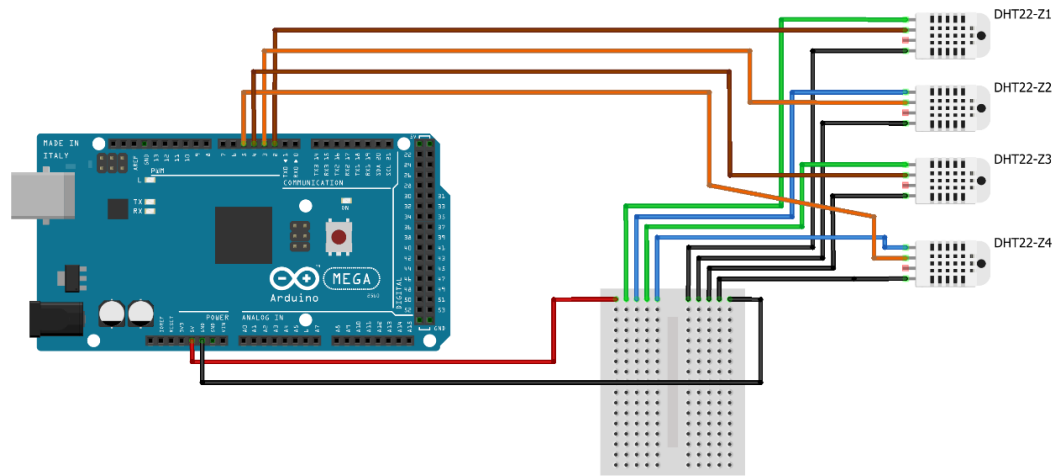
Tabla 12.
Promedio de la Temperatura Ideal en el Invernadero

| Cultivo | Temperatura en °C | |
|----------|-------------------|--------|
| | Máxima | Mínima |
| Tomate | 32° | 18° |
| Rosas | 29° | 17° |
| Promedio | 30° | 17° |

Nota. El valor de los promedios se encuentra redondeado para facilitar la parte de la programación, además de que estos valores están en un rango idóneo para cualquiera de los dos cultivos mencionados.

Diagrama esquemático del sistema de los sensores de temperatura

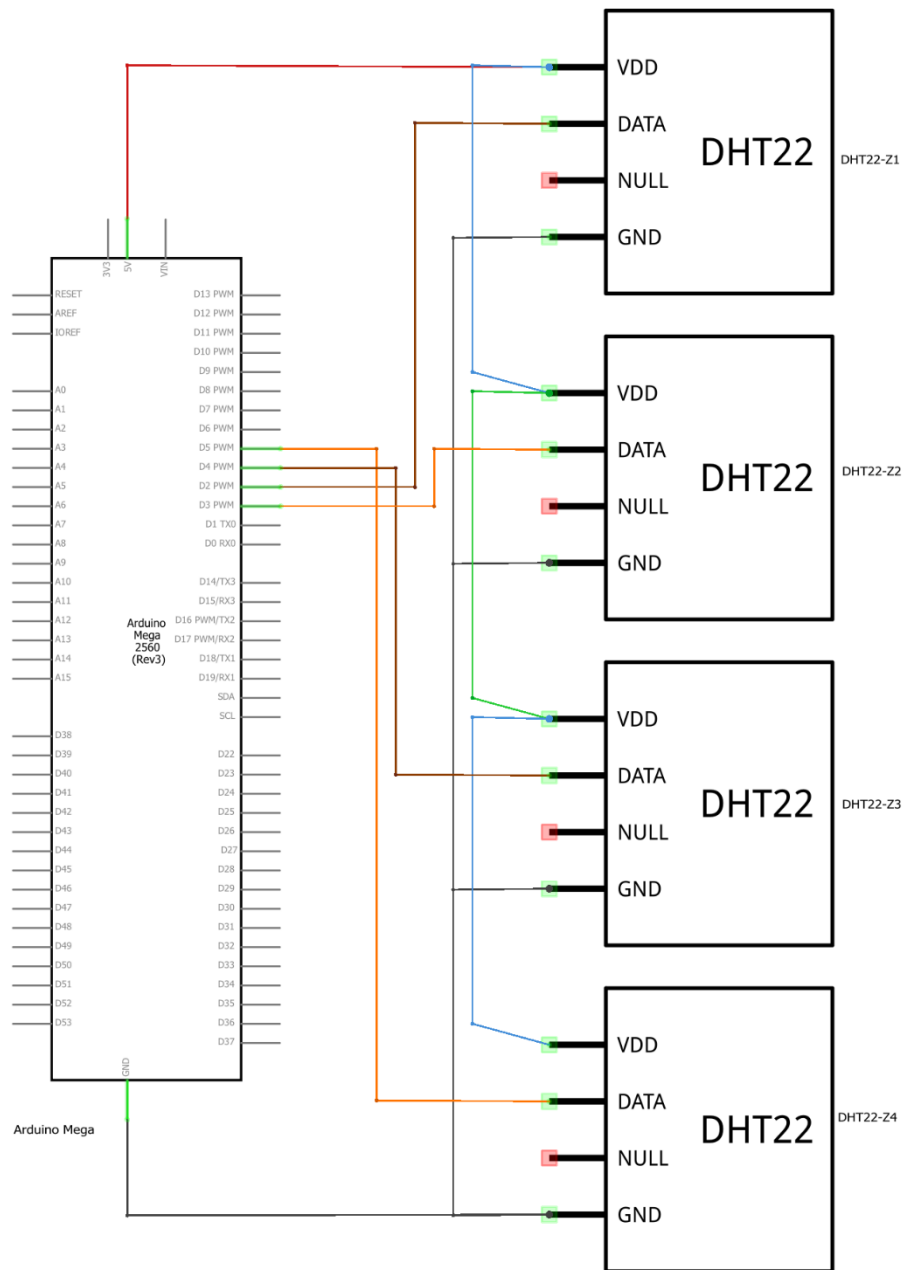
Figura 20.
Esquema de Conexión de Sensores DHT22



fritzing

Diagrama eléctrico del sistema de los sensores de temperatura

Figura 21.
Diagrama Eléctrico de Conexión de Sensores DHT22

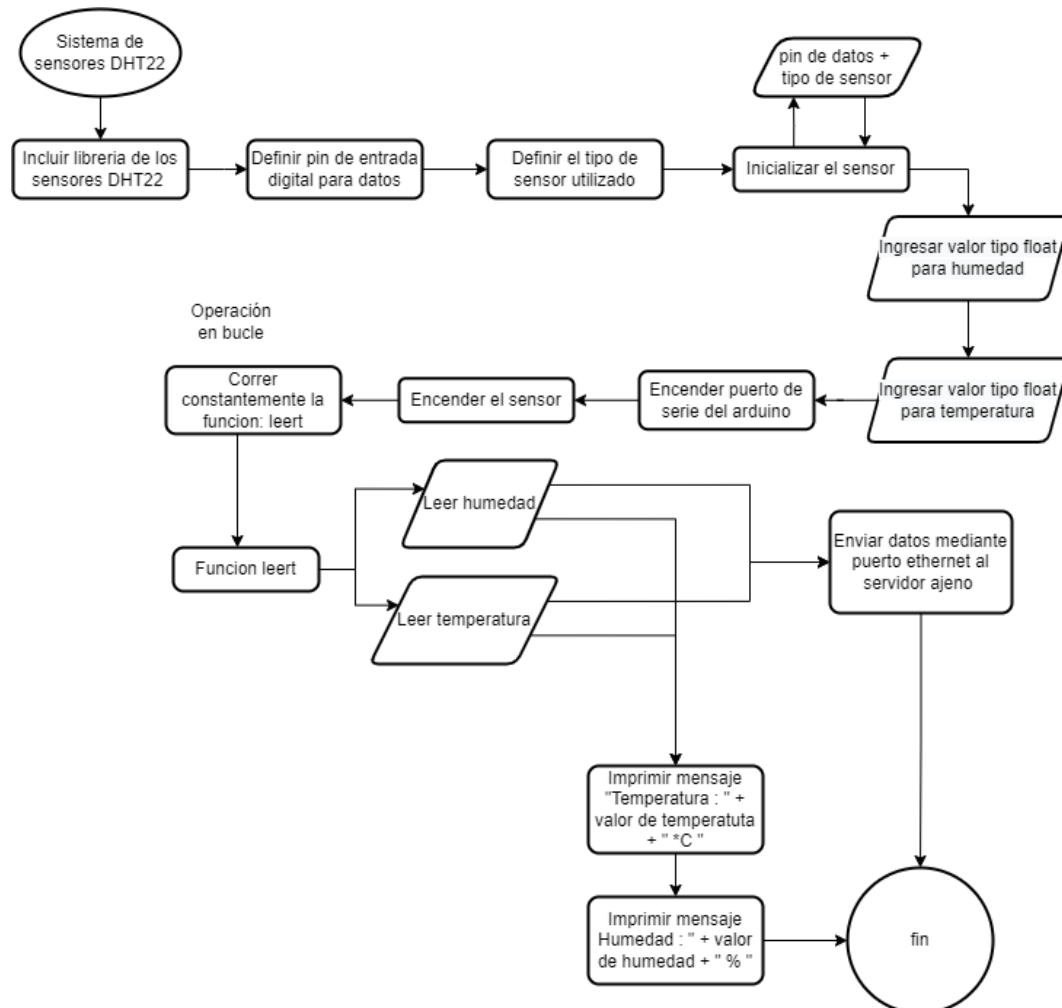


fritzing

Nota. En esta representación el diagrama de los sensores tiene un cuarto pin que no tiene mucha importancia y solo para el PCB en la que viene integrada.

Diagrama de bloques para programación

Figura 22.
Programación del Sistema de Sensores DHT22



Nota. Esta programación sirve únicamente para el censo de temperatura con sensores DHT 22 con Arduino, y puede ser adaptable a otros trabajos.

Sistema de ventilación

El sistema de ventilación empleado en el invernadero cumple el objetivo de poder intercambiar de forma pasiva el calor acumulado en el interior con aire fresco necesario para el cultivo de forma automática, y además se beneficia por la gran corriente de aire presente en la zona.

Este sistema cuenta con un mecanismo no muy común basado en el concepto de una puerta o ventana corrediza hacia los laterales.

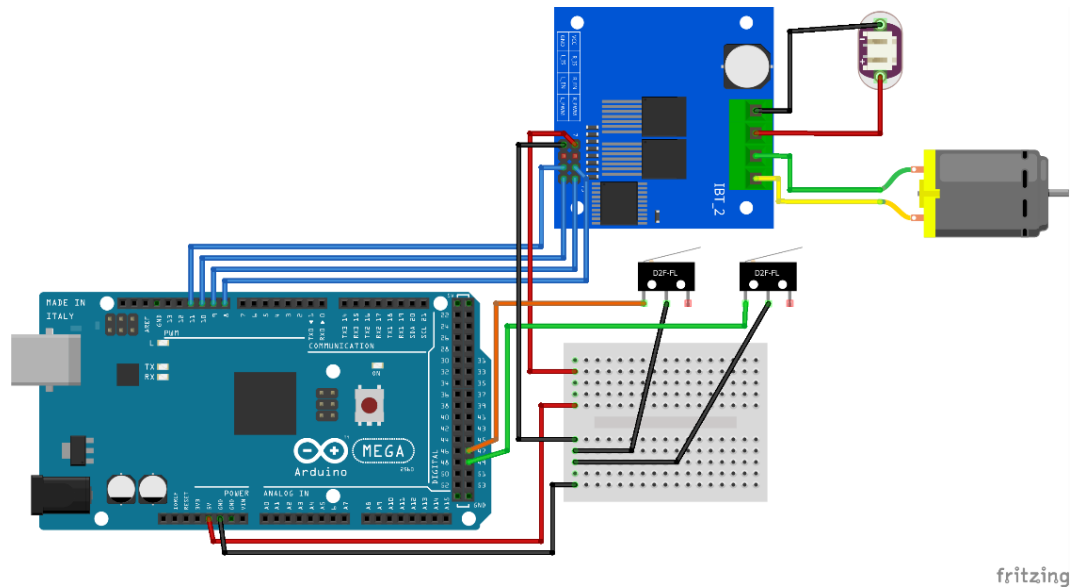
Su funcionamiento es interesante y tiene un poco de relación con la mecánica y la robótica gracias al driver BTS7960, puesto que cuenta con un motor de 12 voltios con caja de engranajes que permite más fuerza en el torque, el motor está adaptado con un piñón fijo de las que utilizan las bicicletas y cuenta con dos piñones más distribuidas en el marco de la ventana para que pueda circular una cadena de bicicletas y permite que la ventana pueda recorrer el espacio para abrirse o cerrarse.

Para poder controlar la dirección del eje del motor se utiliza el módulo puente H BTS7960 por su amplio control de voltaje y de amperaje, este denominado driver cuenta con pines digitales de tipo PWM que controlan la señal de energía, adicionalmente este módulo cuenta con dos borneras, una para conectar la fuente de alimentación de 12 voltios, y la otra para la conexión del motor.

Y por último cuenta con interruptores de posición o como final de carrera que dan la señal para que la ventana pare su movimiento tanto cuando se abra como cuando se cierre.

Diagrama esquemático del sistema ventilación

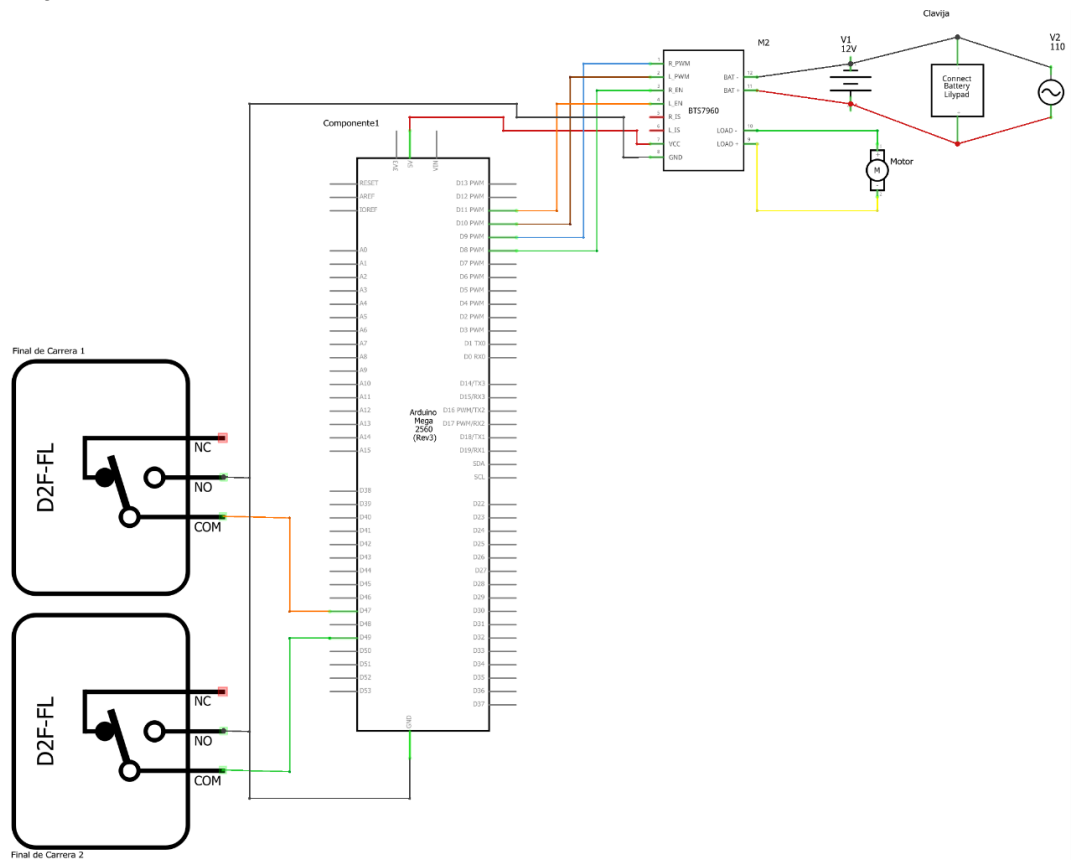
Figura 23.
Esquema del Sistema de Ventilación



fritzing

Diagrama eléctrico del sistema de ventilación

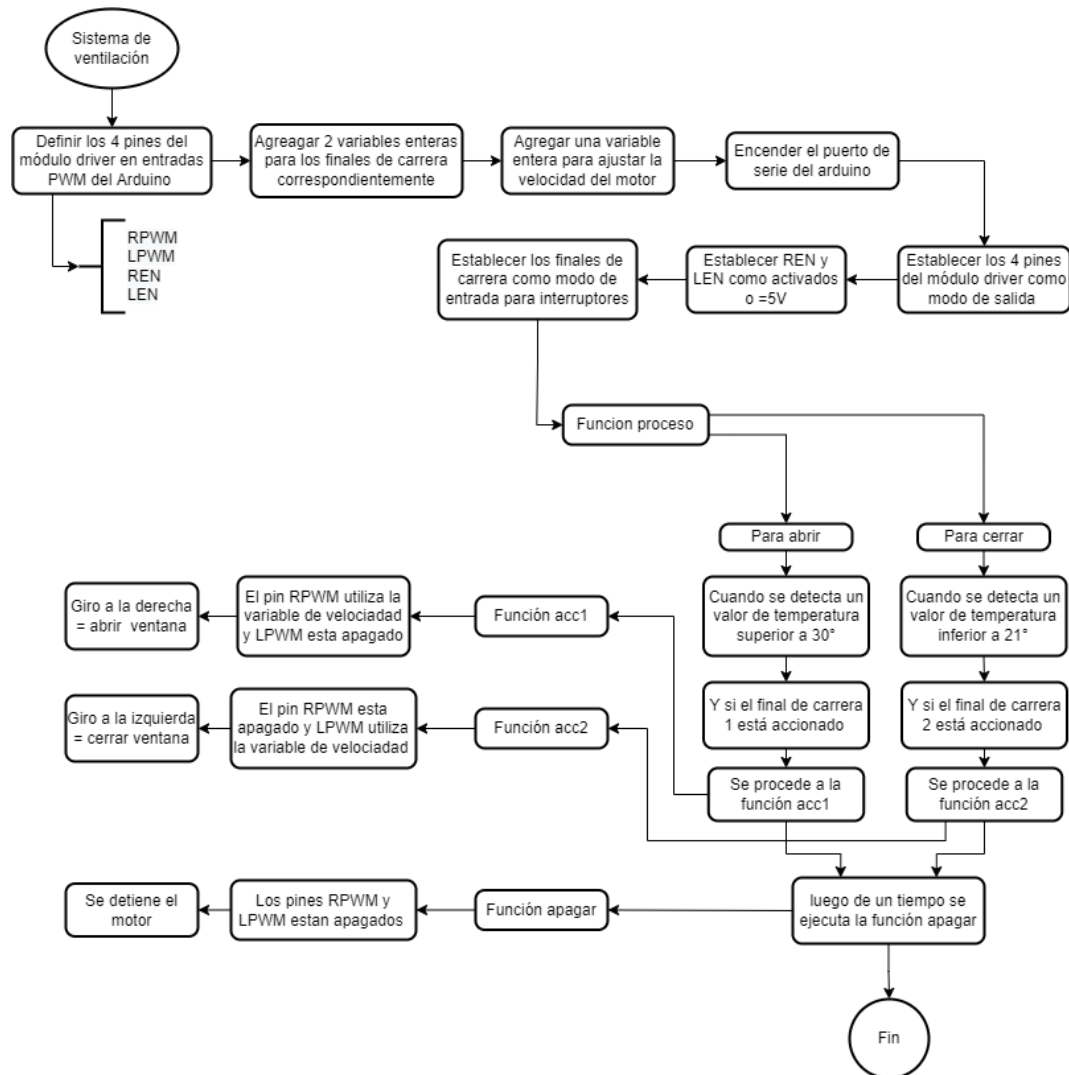
Figura 24.
Diagrama Eléctrico del Sistema de Ventilación



fritzing

Diagrama de bloques para programación

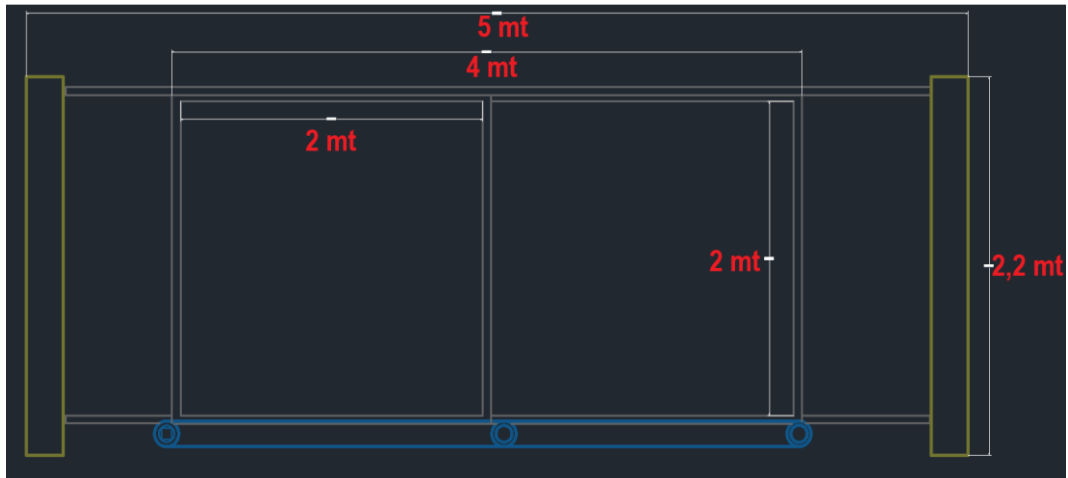
Figura 25.
Programación del Sistema de Ventilación



Nota. Definir correctamente cuales son los pines PWM de Arduino para que funcione correctamente.

Planos estructurales

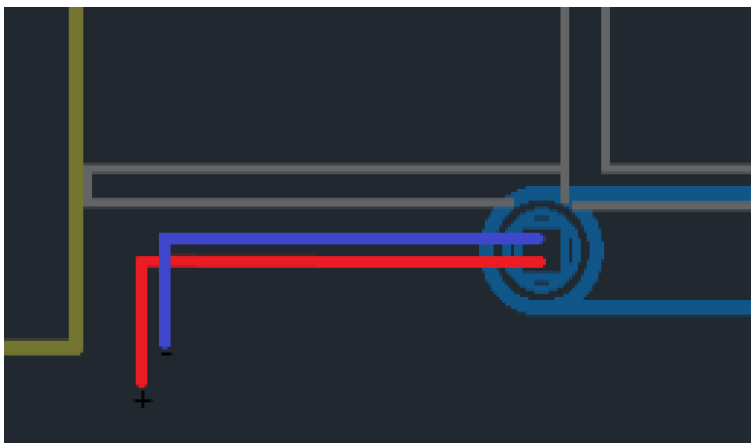
Figura 26.
Planos de la Estructura de la Ventana



Nota. Esta es la vista frontal de la ventana desde el punto interno del invernadero.

El motor está ubicado en la parte inferior y un poco salido del marco de la ventana como se muestra en la Figura 27, sujetado con una platina al igual que los otros dos piñones, en los laterales de la ventana al nivel de la cadena se encuentra otras platinas en las que esta soldada la cadena para poder arrastrar por completo la ventana.

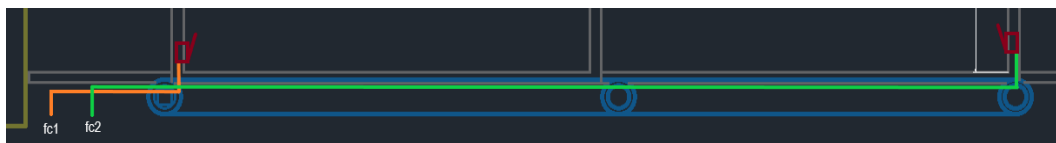
Figura 27.
Ubicación del Motor



Nota. El driver es el encargado de controlar las polaridades del motor, no es necesario preocuparse por los cables del motor, pero si de su correcta conexión.

Como se ve en la Figura 28 en estos puntos del marco de la ventana están ubicados los interruptores de posición o finales de carrera, de igual manera esta soldada dos pedazos de platina en los costados del marco de la ventana movible para que hagan contacto con los interruptores de posición, y en la Figura 28 se muestra con su respectivo cableado que pasa por debajo del marco de la ventana.

Figura 28.
Ubicación de los Interruptores Final de Carrera



Implementación final

Mecanismo de funcionamiento

Para el sistema de iluminación, desde una toma eléctrica del termofusible se saca una línea de fase desde la terminal de salida para conectar a la bornera central o común del interruptor conmutado, dos líneas salen de las borneras normalmente abierta y normalmente cerrada del interruptor conmutado y estas están conectadas a las borneras NC y NO de los relés correspondientemente, en el borne COM del relé se toma la línea para que lleve la fase que tiene contacto con el socket de fase de las boquillas, y para cerrar el circuito de las boquillas se toma la línea de neutro de la caja en donde está el termofusible.

Para el sistema de ventilación que está en conjunto con el sistema de temperatura, los sensores estarán dando datos de la temperatura cada cinco segundos y son mostrados en la plataforma ajena los datos de las cuatro zonas, pero además de eso la temperatura de la zona 1 es más relevante pues de esta se hace énfasis para activar automáticamente el sistema de ventilación, teniendo en cuenta que la temperatura con la ventana cerrada empiece a ser mayor de 28°C y el

interruptor final de carrera 1 este presionado, se activa la función acc1 para que el motor se active y gire para poder abrir la ventana, luego hace contacto con el interruptor final de carrera 2 para que se pare y apague, para luego de un tiempo indefinido cuando la temperatura empiece a ser menor de 18°C y se lea que el final de carrera 2 este presionado se procede a la función acc2 que gira el motor a la izquierda para poder cerrar la ventana, haciendo estas acciones durante todo el día, todos los días que sean necesarios para poder mantener la calidad del producto.

Requerimientos Eléctricos

Tabla 13.
Requerimientos Eléctricos de las Partes

| Partes | Voltajes |
|------------------------------------|----------------|
| Tomacorrientes | 120 voltios AC |
| Placa Arduino mega | 5 a 9 voltios |
| Sensores DHT22 | 5 voltios |
| Modulo rele | 5 voltios |
| Driver puente H BTS7960 | 5 voltios |
| Motor (ventilación) | 12 voltios |
| Interruptores finales de carrera | 5 voltios |
| Fuente de alimentación de 12V y 5V | 120 voltios AC |
| Circuito de focos | 120 voltios AC |

Nota. Tener precauciones al momento de manipular los altos voltajes y no quemar ningún componente y por seguridad propia.

Funcionamiento y Características eléctricas

Se toma 120 voltios de corriente alterna desde el medidor principal a una caja de revisión con dos termofusibles como medida de prevención ante descargas eléctricas, desde los termofusibles se toma una conexión para un tomacorriente doble, del cual una entrada está ocupada por una regleta para tener mayor disposición de entradas para alimentación, de las cuales una para conectar un

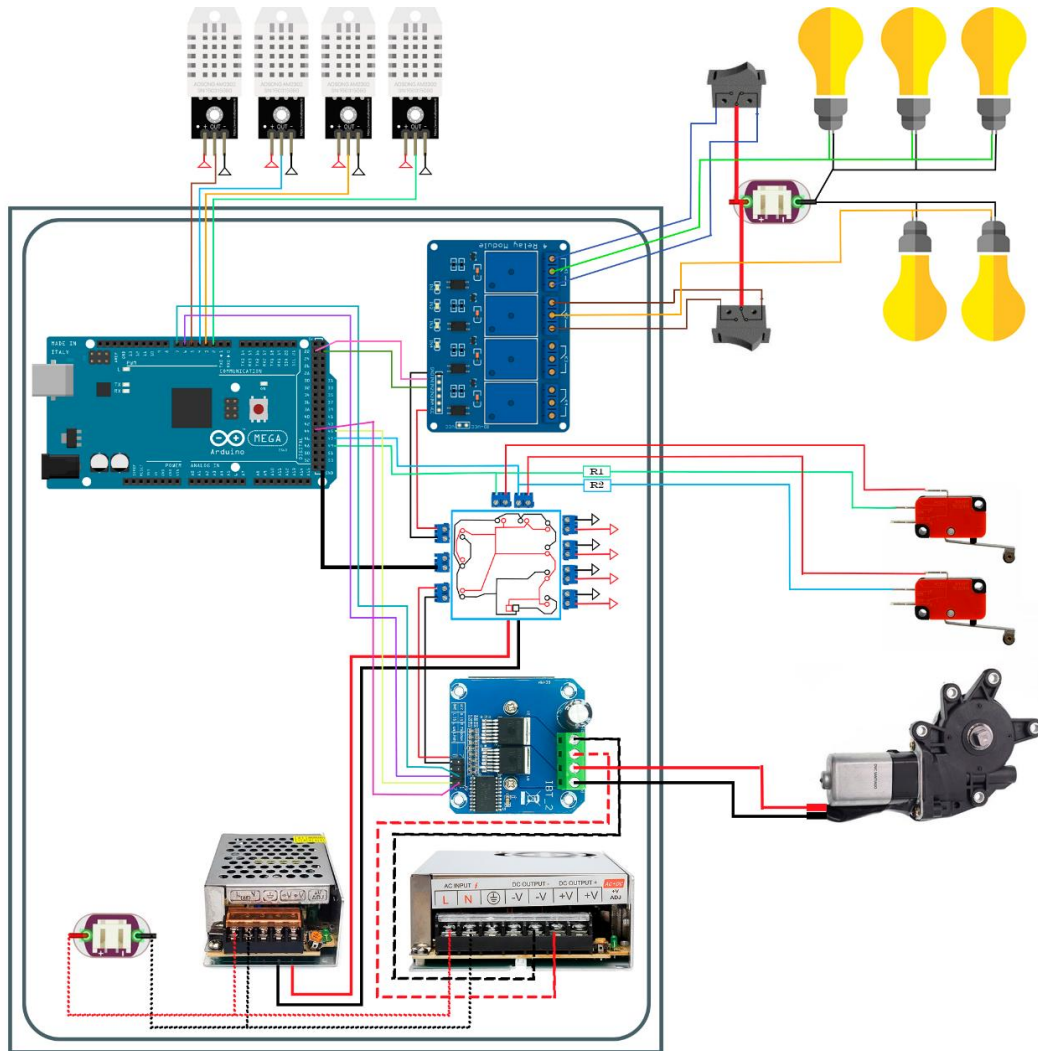
adaptador de fuente de 9 voltios DC de 2 amperios para la placa del microprocesador Arduino Mega.

Otra es para conectar la fuente de alimentación de 12 voltios DC de 10 amperios conectado a los bornes correspondientes a la batería del módulo puente H para que funcione el motor de la ventana, y haciendo puente para poder alimentar a otra fuente de alimentación de 5 voltios DC de 5 amperios, para poder alimentar de VCC y de GND mediante el extensor de pines a los cuatro sensores DHT22, las polaridades de los interruptores finales de carrera, y la alimentación de los módulos relé y puente H BTS7960.

La conexión de los interruptores finales de carrera es mediante el circuito PULL-DOWN para permitir la correcta entrada del dato al pin digital del Arduino, se hace mediante la conexión del pin digital a una parte de GND y entre el GND y la patita COM del interruptor de posición se encuentra una resistencia de 1000 ohmios.

Distribución de Elementos

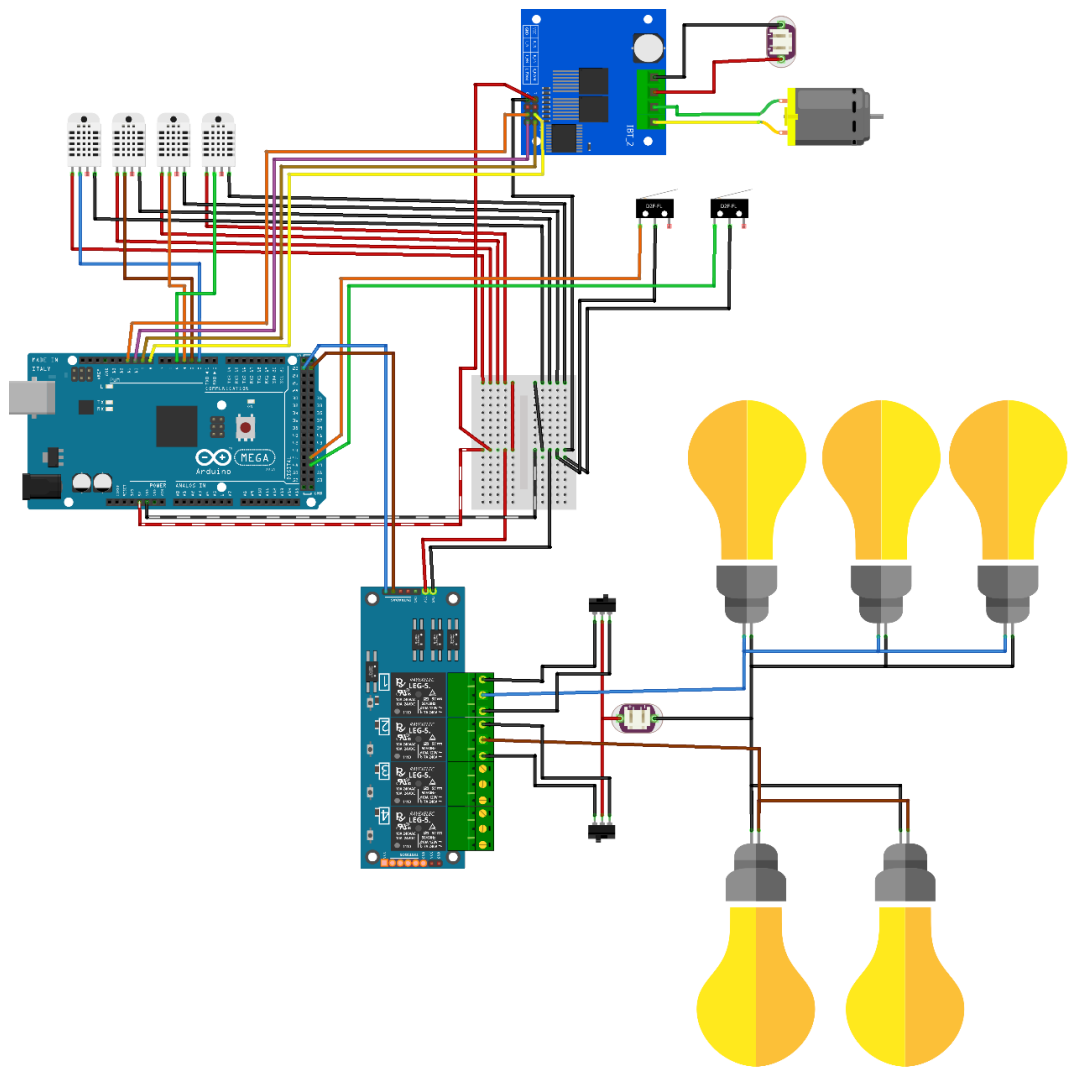
Figura 29.
Elementos en la Caja de Control



Nota. Este diagrama es una representación exacta de las conexiones, el cableado y de los colores implementados en la parte física.

Diagrama Esquemático General

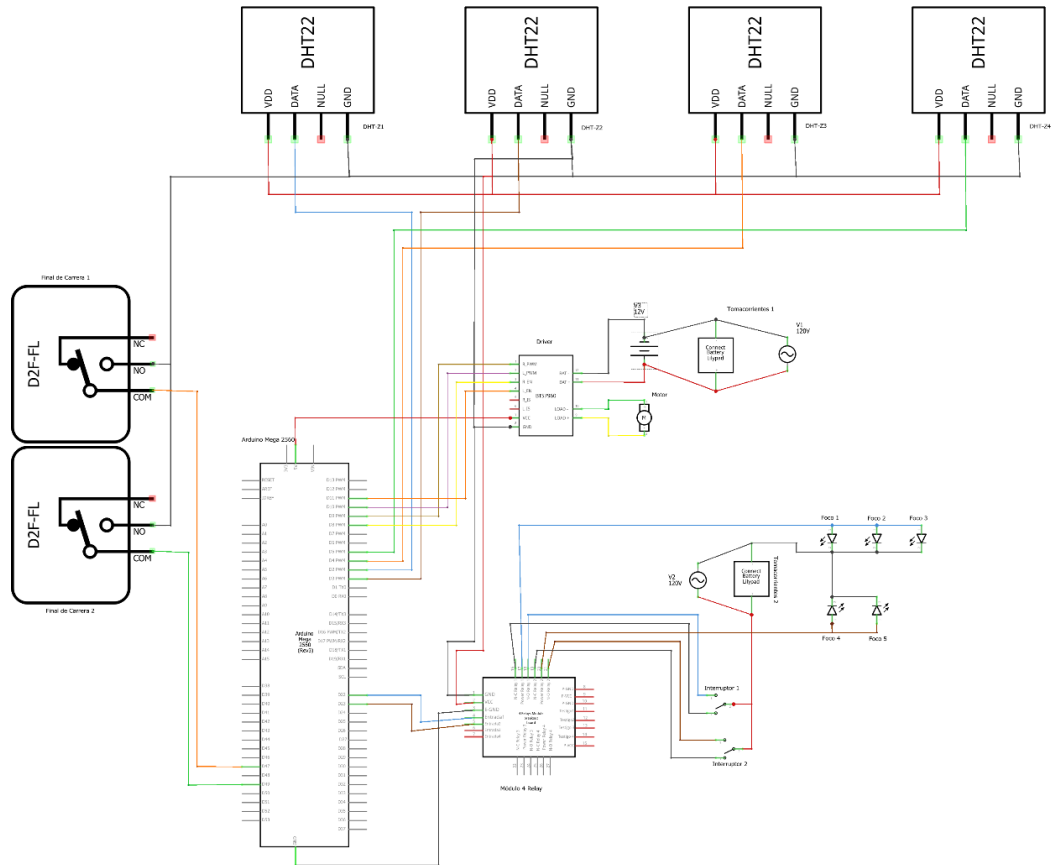
Figura 30.
Diagrama Esquemático General



fritzing

Diagrama eléctrico General

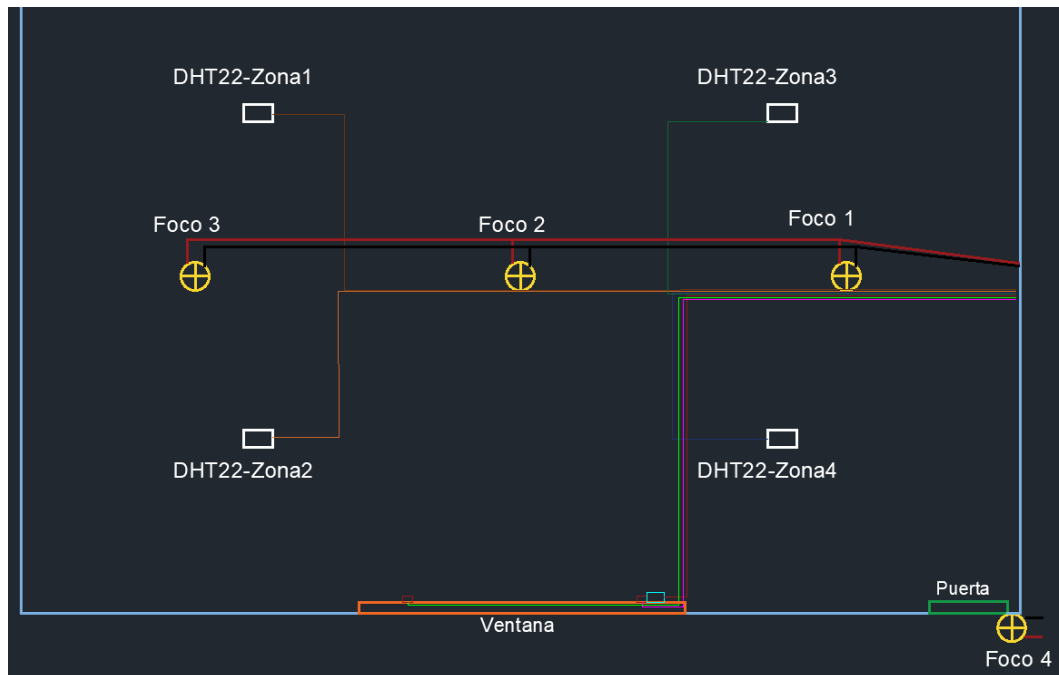
Figura 31.
Diagrama Eléctrico General



fritzing

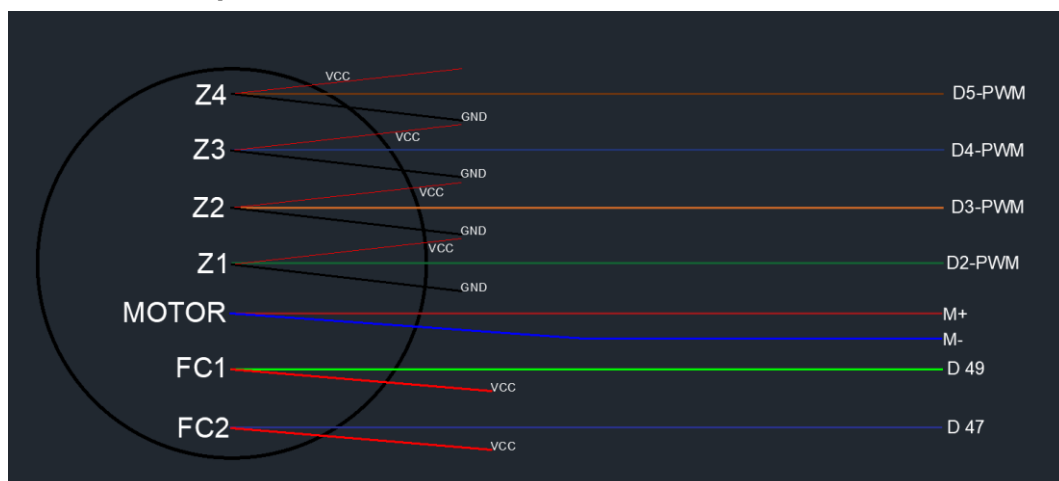
Diagrama de cableado general

Figura 32.
Cableado General en el Invernadero



Nota. El cableado de los sensores y de los focos están colocados de forma aérea en medio del invernadero, y el cableado del motor y finales de carrera están de forma soterrada como se muestra en la Figura 32.

Figura 33.
Cableado con sus correspondientes Conexiones en el Gabinete de Control



Nota. A través de esta manga de cables no está tomado en cuenta el cableado de los focos, ya que, se encuentra de forma aérea y el resto del cableado esta de forma soterrada.

Síntesis del capítulo

En cuanto a la instalación de los sistemas, fue un proceso que puede ser realizado por una persona con conocimientos básicos en electrónica y mecánica, que no toma mucho tiempo y puede ser realizado con herramientas básicas, pero que requiere de mucho cuidado para evitar dañar el dispositivo. Los sensores se instalaron en la parte superior del invernadero, para que tenga una medición más precisa de la temperatura, además de que se realizó la instalación de una ventana corrediza, para mantener un control de la temperatura en todo momento, con un sistema de abertura automático acompañado de una moto Elevavidrios en combinación de unas partes mecánicas de bicicleta, con un par de piñones de bicicleta se logró adaptar un sistema de cadenas para poder guiar la ventana corrediza, de manera que pueda abrir o cerrar la misas con unos finales de carrera a final de cada borde de la ventana.

CONCLUSIONES

Utilizar la interfaz ajena para visualizar las variables de temperatura registradas por los sensores y poder accionar los sistemas de iluminación del invernadero mediante un teléfono móvil, facilita su uso y permite un monitoreo remoto de las condiciones del invernadero en todo tiempo mientras se esté conectado a la red del servidor.

Resultados de medición de temperatura

En esta Tabla 14 se presentan los datos recopilados del censo realizado para poder saber la temperatura tanto del invernadero por su parte interna, como la temperatura en la zona.

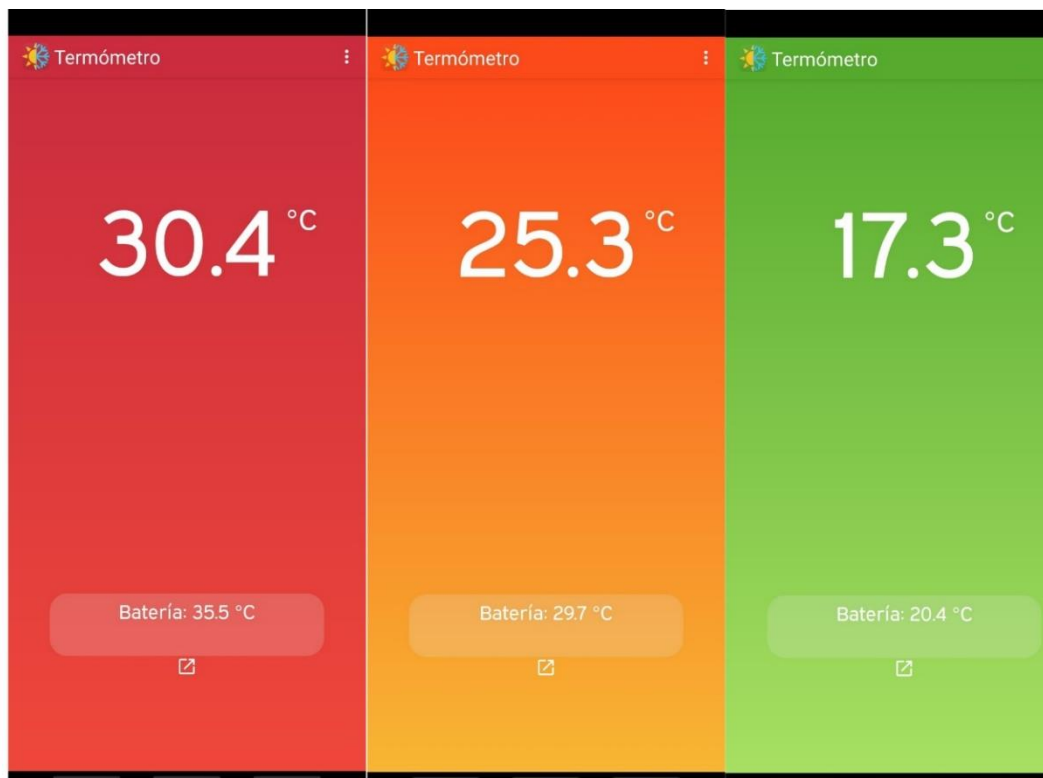
Tabla 14.
Registro de Temperatura en el Invernadero

| Fecha | jueves- 22 | viernes- 23 | lunes- 26 | martes- 27 | miércoles- 28 | jueves- 29 |
|---|---------------|----------------|--------------|---------------|------------------|---------------|
| Fuera del invernadero | | | | | | |
| Temperatura máxima en el día | 15 - 19 | 14 - 20 | 13 - 18 | 14 - 20 | 14 - 20 | 16 - 19 |
| Temperatura máxima en el la tarde | 17 - 14 | 19 - 14 | 17 - 14 | 19 - 10 | 18 - 13 | 18 - 14 |
| En invernadero | | | | | | |
| Temperatura máxima en el día | 30.4 | 29.8 | 30.6 | 32.4 | 31.3 | 31.5 |
| Temperatura máxima en el la tarde | 17.3 | 16.8 | 17.1 | 16.5 | 16.9 | 17.1 |

Nota. Para la parte de invernadero se toma en cuenta que el sistema funciona, pero falta revisar mejor la parte de la programación o revisar los contactos correctamente.

La recopilación de los datos de la temperatura fue realizada en varias partes, por un lado, se ocupó la aplicación móvil Termómetro, para tener una referencia de la temperatura, estas muestras fueron tomadas aproximadamente entre las 10:00 A.M., las 14:00 P.M. y las 17:00 P.M. y está registrado como la temperatura interna del invernadero cuando la ventana está abierta.

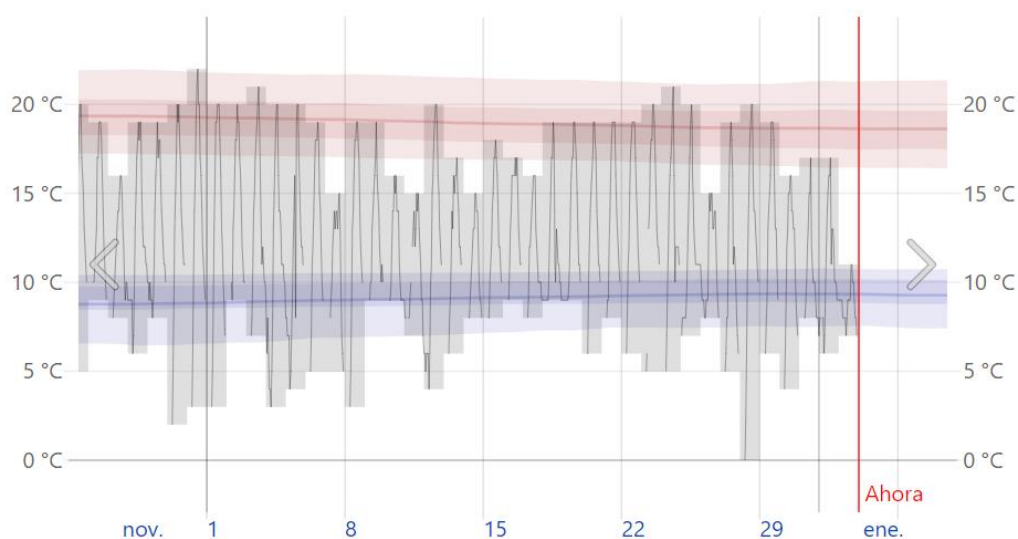
Figura 34.
App Termómetro



Nota. Una mejor manera de medir la temperatura es utilizar un termómetro analógico.

La otra parte del censo de temperatura se tiene gracias a la ayuda de la página web <https://es.weatherspark.com/>, la cual brinda datos exactos de la temperatura en la zona de Saquisilí, datos los cuales se hace una aproximación de la temperatura al mismo tiempo que se tomaron las muestras dentro del invernadero para poder tener puntos para comparar.

Figura 35.
Registro de Temperatura de Noviembre en Saquisilí



Nota. Los datos de un instituto dedicado a la medición de temperatura son muy confiables, pero dependiendo de que tan cerca están de proyecto. Tomado de (Weather Spark, 2022)

Pese a ser una zona más alta y estar cerca del volcán Cotopaxi se esperaría que el sector sea de clima frío y con constantes precipitaciones, pero, por el constante paso de avionetas fumigadoras por los alrededores estos mejoran la generación de nubes dando como resultado un cielo despejado y un sol radiante, por eso se registra temperaturas en un promedio mayores a 15°C.

En cuanto a los resultados obtenidos, se pudo comprobar que la combinación de estos dispositivos permite un control eficiente de la temperatura en el invernadero, logrando mantenerla en un rango adecuado para el cultivo de plantas. Además, la automatización de la ventilación a través de un motor adaptado con un mecanismo de control automático es una solución viable y económico para el invernadero, utilizando sensores de temperatura y sistema de iluminación de bajo consumo, que permiten controlar y ajustar la temperatura y la iluminación de manera eficiente para mejorar la calidad de los cultivos y facilitar su uso a los usuarios.

RECOMENDACIONES

En general, se puede concluir que la instalación de sensores para la medición de temperatura y la automatización de la ventilación son medidas fundamentales para garantizar el éxito en el cultivo de plantas en un invernadero. Se espera que los resultados obtenidos en este trabajo sean de utilidad, se recomienda mantener un registro de las reparaciones y mantenimientos realizados en los dispositivos, para llevar un control eficiente de su funcionamiento y evitar posibles fallos en el futuro.

También se sugiere realizar mantenimientos preventivos periódicos en los dispositivos, para detectar posibles fallos antes de que ocurran y evitar interrupciones en el funcionamiento del invernadero, es importante brindar capacitaciones y entrenamiento a los usuarios en el manejo y mantenimiento de los sistemas de ventilación y medición de temperatura, para asegurar su uso adecuado y prolongar su vida útil.

Por último, se sugiere realizar una evaluación constante de las condiciones del invernadero y de las necesidades de las plantas, para ajustar los parámetros de ventilación y temperatura de manera oportuna y lograr un cultivo óptimo.

REFERENCIAS

ARDUINO.cl. (n.d.). *Arduino Mega 2560*. Recuperado el Julio 2022, de. <https://arduino.cl/producto/arduino-mega-2560/>

Gestiriego. (21 de noviembre de 2019). RIEGO POR GOTEO EN EL CULTIVO DE TOMATE. Obtenido de <https://www.gestiriego.com/riego-por-goteo-en-el-cultivo-de-tomate/#:~:text=En%20el%20cultivo%20de%20tomate%20bajo%20invernadero%20el%20aporte%20de,como%20el%20tiempo%20de%20riego.>

Espinosa, E. (2011). <https://www.novagric.com/es/invernaderos-rosas> [versión PDF]. Obtenido de <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/1829/12/UPS-YT00096.pdf>

Fernández, Y. (2020, Agosto 3). *Qué es Arduino, cómo funciona y qué puedes hacer con uno*. Xataka: <https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno#:~:text=El%20Arduino%20es%20una%20placa,en%20el%20entorno%20Arduino%20IDE.>

Instituto Nacional de Seguridad Y Salud En El Trabajo (INSST). (2015). *¿Qué es un invernadero?* Recuperado de: <https://www.insst.es/-/que-es-un-invernader-1>

invernaderos CONTUB. (n.d.). *Tipos de invernaderos*. Recuperado agosto 2022, de, <https://invernaderoscontub.com/tipos-de-invernaderos/>

Martín, E. H. (2014, Julio 13). *¿QUÉ ES ARDUINO?* DIARIO DE UNA INGENIERA: <https://himarele.wordpress.com/tag/processingwiring/>

Novagric. (n.d.). *modelos de invernaderos*. Recuperado de.
https://www.novagric.com/images/Documents/APR_invernaderos.pdf

NOVAGRIC. (n.d.). *Invernaderos para Cultivo de Rosas*. Recuperado el julio de 2022, de <https://www.novagric.com/es/invernaderos-rosas>

SPAGNOL. (n.d.). *Invernadero automatizado*. Recuperado el agosto 2022, from <https://www.spagnol.com/es-es/soluciones/invernadero-automatizado#:~:text=En%20un%20invernadero%20automatizado%20el,que%20estos%20sean%20escurpolasamente%20obtenidos>

TAXFINCORP CÍA. LTDA., (2020). Reglamento a la ley orgánica de agrobiodiversidad, semillas y fomento de la agricultura sustentable.

Recuperado de:

https://www.tfc.com.ec/uploads/noticia/adjunto/668/REGLAMENTO_A_LA_LEY_ORG%C3%81NICA_DE_AGROBIODIVERSIDAD__SEMILLAS_Y_FOMENTO_DE_LA_AGRICULTURA_SUSTENTABLE.pdf

Zeidan, O. (11 de mayo de 2015). *TOMATO PRODUCTION UNDER PROTECTED CONDITIONS*. Obtenido de fdocuments:
<https://fdocuments.in/document/o-zaidan-tomato-production.html>

ANEXOS

Tabla 15.
Causas y Consecuencias del Problema

| Causas | Consecuencias |
|--|--|
| 1. Tener una manera de respaldo manual de los sistemas. | 1. No presentaría complejidad para que personas que no controlan un teléfono móvil puedan accionar los sistemas. |
| 2. Gastos en el consumo de servicios básicos. | 2. Se tiene un estimado de bajo consumo tanto de electricidad como de agua. |
| 3. Seguridad eléctrica. | 3. No se presentarían estos fallos, ya que se cuenta con componentes que soportan y controlar 110 voltios, además de contar con un termofusible que protege el gabinete de la acometida eléctrica. |
| 4. Fallo de lectura en valores de temperatura. | 4. Gran afectación en el desarrollo del cultivo. |
| 5. Registro de las variantes en un servidos. | 5. Monitorear el desempeño de los sistemas. |
| 6. Control sobre cambios bruscos del clima y sobre plagas. | 6. Cultivos con buena calidad. |

Anexo 1. Información sobre productos que pueden sembrarse en el invernadero.

Por características del invernadero y de la zona en la que se encuentra ubicado el proyecto, estos dos productos serian factibles o tendrían un buen desarrollo en el invernadero, pero se va a describir las condiciones óptimas de cada variante que cubre los sistemas de control.

1.- El Tomate (*Solanum Lycopersicum*)

- *Humedad*

Según el estudio realizado por, Zeidan (2005) define que la humedad relativa óptima para el desarrollo del cultivo de tomate debe estar entre un 50% y un 65% para su óptimo crecimiento y fertilidad.

Este tipo de humedad va a estar presente en la lectura de datos, pero es un dato irrelevante para a automatización, porque es más preciso los datos de la humedad de la tierra, pero de eso se encargará el sistema ajeno de riego.

- *Temperatura*

Tomando como referencia esta descripción más acertada y que cuenta con estudios previos se logró concretar que:

En el cultivo de tomate, las temperaturas mayores de 32 °C en el día y 22 °C en la noche, o temperaturas por debajo de los 18 °C en el día y de 10 °C en la noche son consideradas perjudiciales para la planta de tomate e interfieren en una adecuada floración y en el proceso de llenado de frutos. (Zeidan, 2015)

Teniendo en cuenta que existen varios artículos que informan estas características, la importancia del estudio realizado por Zeidan. Posee fundamentos corroborados y el desarrollo de pruebas totalmente detalladas.

- *Riego*

Las raíces del tomate son muy superficiales al principio de su crecimiento, por ende, el riego debe ser constante para tener un buen desarrollo y buenos resultados, el riego se recomienda por goteo ya que debe ser de forma cuidadosa para no dañar a los brotes durante su desarrollo con la fuerza del agua, además, la cantidad de agua que se debe suministrar es de un litro al día aproximadamente.

Además, una clara ventaja frente a otros tipos de riego para tomates es el bajo consumo que tiene, ya que en el sitio web Gestiriego (2019) afirman que

“permite ahorrar mucha agua y dosificar tanto la cantidad de agua aportada como el tiempo de riego. Además, el suelo se humedece de manera más gradual sin alterar la estructura del suelo.”

2. Las rosas (*Rosaceae*)

Este tipo de producción requiere más atención y cuidado que los tomates, ya que, si falla por mucho o por poco cualquiera de sus características de conservación, se puede generar variaciones que afectan a un buen producto final.

- *Humedad*

En la página web NOVAGRIC (s.f.) afirman que la humedad relativa internamente en el invernadero debe ser entre los 70 y 75 % de humedad.

- *Temperatura*

Las rosas tienen un rango de temperaturas que dependen de cómo son tratadas, para un invernadero de producción es entre máximo de 32°C y con un mínimo de 15°C (Espinosa, 2011).

- *Riego*

Igualmente es recomendado el riego por goteo entre un litro a dos litros diarios, los riegos deben ser cortos y frecuentes para que se pueda mantener el suelo húmedo y que tenga un buen desarrollo las rosas (Espinosa, 2011).

Anexo 2. Elaboración del marco y ventana



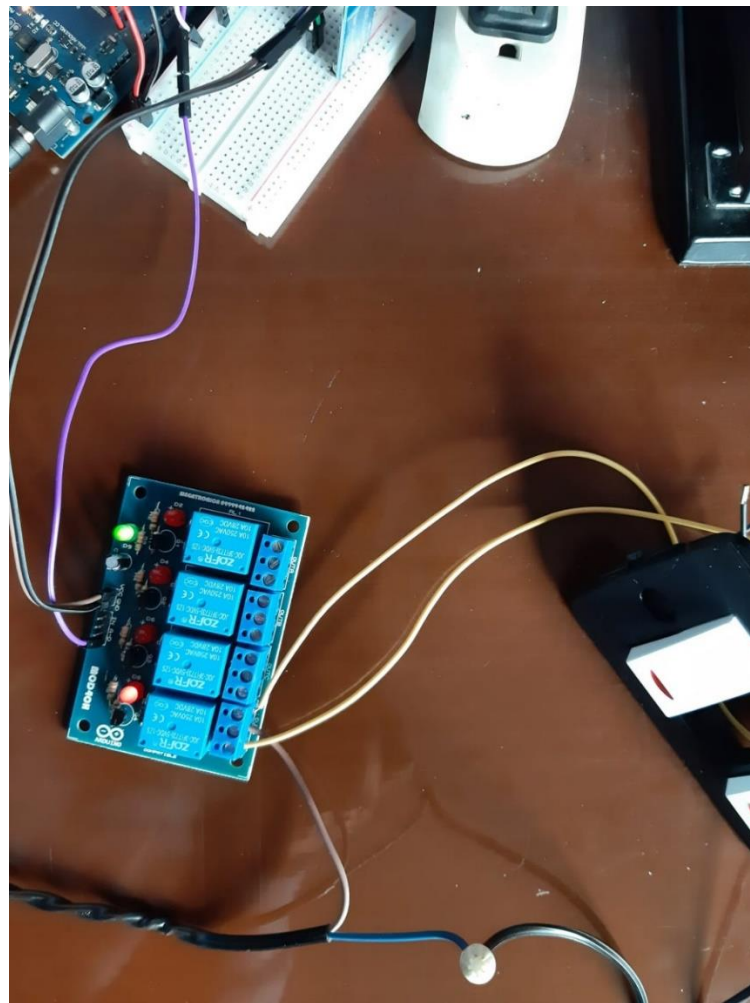
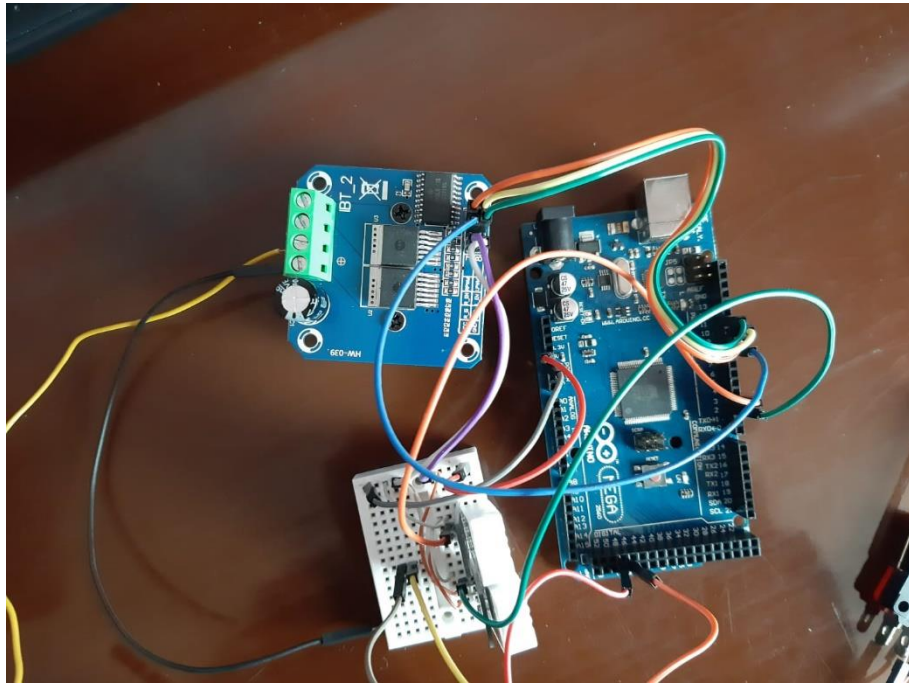
Anexo 3. Templado de plástico para el invernadero

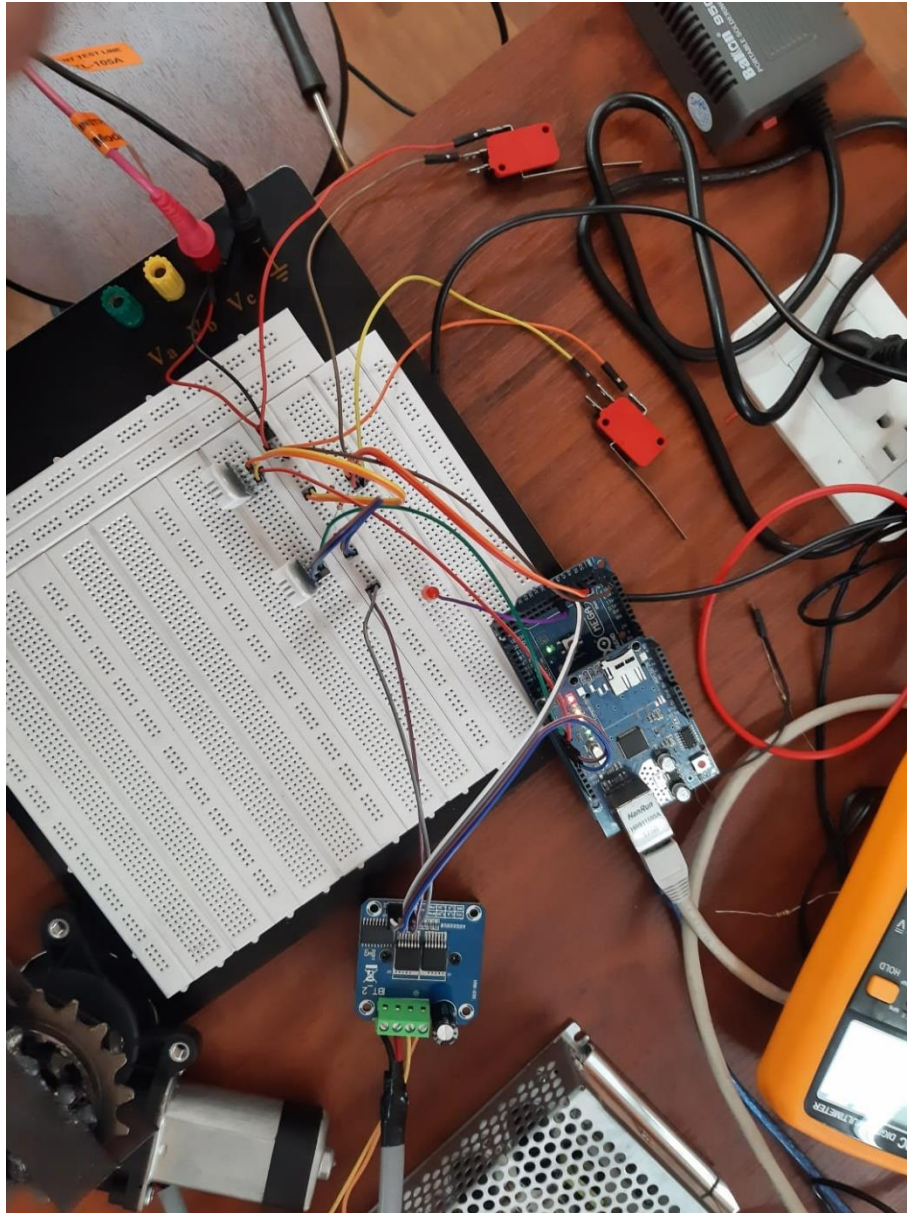


Anexo 4. Instalación de la ventana para el invernadero



Anexo 5. Conexiones y pruebas de los sistemas con Arduino





Anexo 6. Programación de sistema de automatización del motor

MEGA_CONTROL_MOTOR_FC_DHT Arduino 1.8.19

Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda

```

MEGA_CONTROL_MOTOR_FC_DHT $
1 int fc1=49;           // final de carrera
2 int fc2=47;
3
4 #define RPWM 9       // modulo BTS7960
5 #define LPWM 10
6 #define REN 8
7 #define LEN 11
8
9 #include "DHT.h"
10 #define DHTPIN1 2
11 #define DHTPIN2 3
12 #define DHTTYPE DHT22 // DHT 22 (AM2302)
13 DHT dht1(DHTPIN1, DHTTYPE);
14 DHT dht2(DHTPIN2, DHTTYPE);
15
16 float h1;           // variables de temperatura
17 float t1;
18 float h2;
19 float t2;
20
21 int x=255;         // velocidad motor (0 a 255)
22
23 void setup() {
24   pinMode(fc1, INPUT_PULLUP);
25   pinMode(fc2, INPUT_PULLUP);
26   Serial.begin(9600);
27
28   pinMode(RPWM, OUTPUT);
29   pinMode(LPWM, OUTPUT);
30   pinMode(LEN, OUTPUT);
31   pinMode(REN, OUTPUT);
32   digitalWrite(REN, HIGH);
33   digitalWrite(LEN, HIGH);
34   dht1.begin();
35   dht2.begin();
36   apagar();
37 }
38
39 void loop() {
40   leert();
41   proceso();
42 }

```

```

43
44 void proceso() {
45
46 if (t1 > 29) {
47     if (digitalRead(fc1) == HIGH) {
48         acc1();
49     }
50     while (digitalRead(fc1) == HIGH) {
51         leert();
52     }
53     apagar();
54 }
55 if (t1 < 24) {

56     if (digitalRead(fc2) == HIGH) {
57         acc2();
58     }
59     while (digitalRead(fc2) == HIGH) {
60         leert();
61     }
62     apagar();
63 }
64 }
65
66 void acc1() {
67     analogWrite(RPWM, x);
68     analogWrite(LPWM, 0);
69 }
70
71 void acc2() {
72     analogWrite(RPWM, 0);
73     analogWrite(LPWM, x);
74 }
75
76 void apagar() {
77     analogWrite(RPWM, 0);
78     analogWrite(LPWM, 0);
79 }
80
81 void leert() {
82     h1 = dht1.readHumidity();
83     t1 = dht1.readTemperature();

84     h2 = dht2.readHumidity();
85     t2 = dht2.readTemperature();
86
87     Serial.print("Temp1: ");
88     Serial.println(t1);
89     Serial.print("Hum1: ");
90     Serial.println(h1);
91
92     Serial.print("Temp2: ");
93     Serial.println(t2);
94     Serial.print("Hum2: ");
95     Serial.println(h2);
96
97     delay(1000);
98 }

```