

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “TOMÁS FRÍAS”
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
TECNOLÓGICA
FACULTAD DE INGENIERÍA TECNOLÓGICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DEL
INVERNADERO DE LA LOCALIDAD DE CHAQUI
“INVESTIGACIÓN”**

AUTOR: CRISTIAN GADIEL ALARCON CHOQUE

POTOSÍ – BOLIVIA

2018

**UNIVERSIDAD AUTÓNOMA “TOMÁS FRÍAS”
DIRECCIÓN DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y
TECNOLÓGICA
FACULTAD DE INGENIERÍA TECNOLÓGICA
CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**



**AUTOMATIZACIÓN Y MONITOREO DEL
INVERNADERO DE LA LOCALIDAD DE CHAQUI
“INVESTIGACIÓN”**

AUTOR: CRISTIAN GADIEL ALARCON CHOQUE

POTOSÍ – BOLIVIA

2018

INTRODUCCIÓN.

Ante el constante cambio climatológico hoy en día es difícil encontrar un clima estable que pueda garantizar una producción agrícola de calidad, por ello y debido a la falta de implementación de tecnología y a otros factores, la agroindustria ha tenido problemas para el desarrollo y producción de cultivos.

Según la base de datos FAOSTAT, las emisiones agrícolas en la región latinoamericana crecieron de 388 millones de toneladas de equivalentes de dióxido de carbono (CO₂) en 1961, a más de 1000 millones de toneladas en 2017.

Los invernaderos se han convertido en una potente arma contra el cambio climático que hoy en día sufre el planeta, ha quedado demostrado que los cultivos eliminan una cantidad importante de CO₂ del ambiente porque las plantas absorben este gas para su crecimiento. De hecho, un estudio constata que las plantas de los cultivos de invernadero absorben unas 10 toneladas de CO₂ por hectárea al año.

La producción bajo invernadero es un tipo de tecnología sustentable combinado con la implementación de la automatización de estos, el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales favorecen el establecer las condiciones necesarias, así como la aceleración de la producción. El contar con un sistema autónomo nos ofrece ahorro en tiempo y personal humano, seguridad constante, generación de tendencias para poder tomar decisiones posteriores, facilidades y comodidad mientras nos podemos ocupar en otras actividades, y solo la supervisión será necesaria para que un invernadero automatizado pueda realizar el trabajo.

En Bolivia se tiene variedad de climas, pero no se aprovecha al máximo nuestra riqueza en la agricultura, Además que en nuestro país sufrimos de cambios climáticos drásticos y desastres naturales que dañan incluso a veces completamente nuestros cultivos, la producción de éstos se puede mejorar bastante con los invernaderos y más aún con un control total de todos los parámetros que se deben tomar en cuenta para su cuidado, es aquí donde la tecnología se presta a resolver nuestras necesidades, para lo cual se pretende realizar una investigación amplia con el fin de mejorar lo que sería un invernadero común, dotando de un control de nuestras cosechas, realizando un monitoreo todas estas mejoras realizadas por medio de conocimientos aplicados en la electrónica.

RESUMEN.

El proyecto consiste en realizar la automatización y monitoreo de un invernadero localizado en Chaqui, dentro de un invernadero es posible obtener condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas, al no estar expuesto a los cambios drásticos de clima y a las causas naturales, los cultivos que estén dentro del invernadero estarán totalmente protegidos, así también lo estarán de las posibles plagas o bacterias. El cultivo bajo invernadero siempre ha permitido obtener producciones de primera calidad y mayores rendimientos, en cualquier época del año.

Se pretende realizar una investigación para el desarrollo de la automatización y monitorización; Para la automatización se requieren sensores de humedad, de viento y de temperatura y actuadores los cuales trabajaran con variables de temperatura, humedad y viento, realizando un control PID mediante un PLC se pretende establecer las condiciones de forma ideal para el cultivo, permitiendo ingresar un punto de ajuste para cada variable, accionando el riego automático por goteo, abriendo dos ventanas cenitales y accionando el sistema de ventilación si la temperatura es alta, o accionando un sistema de calefacción si la temperatura es baja, de esta forma todas estas variables serán monitoreadas por el PLC y llevado a una computadora para su visualización mediante un sistema SCADA que facilite la interacción, y supervisión.

JUSTIFICACIÓN.

Las plantas necesitan cierta cantidad de humedad para poder realizar la transpiración, la transpiración vegetal es el motor necesario para que la planta pueda absorber agua y nutrientes desde el suelo y el aire. Además, al humedecer el ambiente, la planta se refresca consiguiendo rebajar su temperatura.

En este caso las flores proceden de zonas cálidas y húmedas. La humedad ambiental en estos lugares puede ser del 75 % y su temperatura se encuentra en unos 30°C, además los altos niveles de humedad ambiental producen una reducción de la transpiración por lo que una planta no adaptada puede asfixiarse al aumentar demasiado su temperatura.

Este es el motivo por el cual se ha propuesto la realización de esta investigación; el diseño de un sistema que permita controlar las variaciones climáticas del aire dentro del invernadero.

Hoy en día encontrar productos de buena calidad, con precios asequibles es casi un reto, pero es todavía más difícil como agricultor cumplir con todo lo que demanda el mercado y para esto hay que tener a mano buenas herramientas para hacer de los cultivos los mejores, por esta razón se originaron los invernaderos, no solo para mejorar la calidad también para incrementar la producción y reducir el tiempo de desarrollo del cultivo y es precisamente por esta razón que hay que automatizarlo, es decir, que se cumplan funciones con un mínimo de intervención humana, lo cual hace que el resultado sea preciso y rápido.

Con este proyecto se busca desarrollar una opción para los productores, inclusive si no tienen grandes empresas, ya que el manejo será muy práctico y el cultivo se mejorará técnicamente.

El control de la climatización en invernaderos supone un incremento en la calidad y la productividad de las plantas. Con este sistema es posible mantener una humedad y temperatura determinada y uniforme, de forma rápida y efectiva, consiguiendo controlar adecuadamente plagas y enfermedades y mejorando el aspecto de varias plantas.

Realizar la tecnificación de un invernadero mediante la implementación de un sistema automatizado basado en plc, es relevante desde el punto de vista de demostrar que una tecnología económica como un plc, puede ser la base para la automatización de invernaderos; garantizando supervisar y controlar diferentes variables de manera eficiente. Puede la solución planteada en este proyecto ser la base para la implementación de sistemas automatizados en invernaderos de gran tamaño y de esta manera ayudar a maximizar las ventajas de este tipo de cultivo.

ÍNDICE

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO

| | |
|---|---|
| 1. ANTECEDENTES | 1 |
| 2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... | 4 |
| 3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN | 5 |
| 3.1.CAUSAS QUE ORIGINAN EL PROBLEMA | 5 |
| 3.2.CONSECUENCIAS O MANIFESTACIONES DEL PROBLEMA | 5 |
| 4. OBJETIVO GENERAL | 5 |
| 5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS | 5 |
| 6. CAMPO DE ACCIÓN | 5 |
| 7. OBJETO | 6 |
| 8. HIPÓTESIS | 6 |
| 9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES..... | 6 |
| 9.1.IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES | 6 |
| 9.2.DEFINICIÓN DE VARIABLES..... | 6 |
| 9.3.MEDICIÓN DE VARIABLES..... | 6 |
| 10. FUENTES Y/O TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE INFORMACIÓN | 6 |

FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

| | |
|---|----|
| 11. INVERNADERO | 7 |
| 11.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO | 7 |
| 11.2. ORIENTACIÓN..... | 8 |
| 11.3. RADIACIÓN SOLAR | 8 |
| 11.4. VENTAJAS DE LA PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO | 9 |
| 11.5. CLIMA EN LOS INVERNADEROS | 9 |
| 11.6. INVERNADEROS TIPO CAPILLA | 11 |
| 11.7. PARÁMETROS A CONSIDERAR EN UN CONTROL CLIMÁTICO | 11 |
| 12. AUTOMATIZACIÓN..... | 11 |
| 13. MONITOREO | 12 |
| 14. INTERFAZ HOMBRE – MÁQUINA (HMI)..... | 12 |
| 15. SCADA | 12 |
| 15.1. LABVIEW | 13 |

| | |
|---|----|
| 16. PLC..... | 13 |
| 16.1. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN PLC..... | 14 |
| 16.2. TIPOS DE PLC | 15 |
| 17. CONTROLADOR PLC MICROLOGIX 1100..... | 16 |
| 18. RSLogix 500..... | 17 |
| 18.1. LENGUAJE ESCALERA..... | 18 |
| 19. METODOLOGÍA DE CONTROL | 18 |
| 19.1. CONTROL AUTOMÁTICO | 20 |
| 19.1.1. CONTROL DE LAZO CERRADO..... | 20 |
| 19.2. CONTROL PID..... | 22 |
| 20. REQUISITOS DE DISEÑO PARA EL INVERNADERO DE CHAQUI | 22 |
| 20.1. Emplazamiento..... | 22 |
| 20.2. Descripción del invernadero de Chaqui | 23 |
| 20.3. Descripción de los invernaderos y viveros en la instalación agrícola..... | 23 |
| 21. TEMPERATURA | 23 |
| 22. HUMEDAD RELATIVA (HR) | 24 |
| 23. SENSOR DE VELOCIDAD DE VIENTO..... | 26 |
| 24. VENTILACIÓN EN INVERNADEROS | 26 |
| 24.1. VENTILADORES | 26 |
| 24.2. TIPOS DE VENTILACIÓN | 27 |
| 24.3. LA VENTILACIÓN PASIVA | 28 |
| 25. ILUMINACIÓN..... | 28 |
| 26. SISTEMA DE RIEGO | 29 |
| 26.1. SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO..... | 30 |
| 26.2. RIEGO POR GOTEO | 31 |
| 26.2.1. COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO | 32 |
| 27. PROTOTIPO DEL PROYECTO | 32 |
| 27.1. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO..... | 33 |
| 27.2. ARDUINO MEGA 2560 (CONTROLADOR)..... | 33 |
| 27.3. SENSOR DE TEMPERATURA LM35..... | 34 |
| 27.4. SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO FC 28..... | 35 |

| | |
|---|----|
| 27.5. MÓDULO RELÉ 5VDC DE 4 CANALES | 36 |
| 27.6. VENTILACIÓN DEL SISTEMA..... | 37 |
| 27.7. CALEFACCIÓN DEL SISTEMA FOCO INFRARROJO 250W | 37 |
| 27.8. PROGRAMACIÓN ARDUINO | 37 |
| 27.9. SISTEMA SCADA DEL PROTOTIPO DEL INVERNADERO EN LABVIEW | 40 |
| CAPÍTULO 2. INGENIERÍA DEL PROYECTO | |
| 28. CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL INVERNADERO | 41 |
| 28.1. SENSOR DE TEMPERATURA..... | 41 |
| 28.2. SENSORES DE INICIO Y FINAL DE CARRERA | 41 |
| 28.3. CÁLCULO DE VOLUMEN DEL INVERNADERO | 42 |
| 28.4. CÁLCULO DE BTU's..... | 43 |
| 28.5. CALEFACTOR A DIESEL MODELO BGO – 210K 210000 BTU..... | 43 |
| 28.6. CÁLCULO DE AGUA | 45 |
| 28.7. SISTEMA DE BOMBEO, BOMBA METABO 3300..... | 46 |
| 28.8. CÁLCULO DE CAUDAL DE AIRE | 46 |
| 28.9. SISTEMA DE VENTILACIÓN VENTILADOR VAP 24..... | 46 |
| 28.10. CÁLCULOS ELÉCTRICOS | 47 |
| 28.10.1. Cálculo de la Línea: Bomba | 47 |
| 28.10.2. Cálculo de la Línea: Calefactor | 47 |
| 28.10.3. Cálculo de la Línea: Iluminación | 48 |
| 28.10.4. Cálculo de la Línea: Ventilación | 48 |
| 28.10.5. Potencia y Corriente total para el invernadero | 48 |
| 29. COSTOS Y MATERIALES PARA EL PROTOTIPO | 49 |
| 30. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROYECTO | 50 |
| 30.1. VENTAJAS..... | 50 |
| 30.2. DESVENTAJAS | 50 |
| 31. CONCLUSIONES..... | 51 |
| 32. RECOMENDACIONES | 52 |
| 33. BIBLIOGRAFÍA..... | 53 |

| | |
|---|----|
| 34. ANEXOS | 54 |
| 34.1. TABLAS | 54 |
| 34.2. GRÁFICOS | 55 |
| 34.2.1. INSTALACIONES DEL INVERNADERO DE CHAQUI | 55 |
| 34.2.2. ARMADO DEL PROTOTIPO | 56 |
| 34.2.3. FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO..... | 59 |

LISTA DE TABLAS.

| | |
|---|----|
| Tabla 1: Características del PLC Micrologix 1100 | 16 |
| Tabla 2: Temperaturas aptas de diferentes especies de verduras | 24 |
| Tabla 3: Materiales y Costos para el Prototipo del Invernadero | 49 |
| Tabla 4: Consumos medios (l/m ² día) del cultivo de frutilla | 54 |
| Tabla 5: Potencia y Corriente total para el invernadero | 54 |

LISTA DE FIGURAS.

| | |
|---|----|
| Figura 1: Invernaderos con alta tecnología..... | 3 |
| Figura 2: Proceso de calefacción de un invernadero | 8 |
| Figura 3: Estructura de un PLC | 14 |
| Figura 4: Partes de un PLC..... | 15 |
| Figura 5: Micrologix 1100..... | 17 |
| Figura 6: Software de programación para Micrologix 1100 | 17 |
| Figura 7: Programación escalera en PLC Micrologix 1100 | 18 |
| Figura 8: Diagrama de bloques de control de lazo cerrado | 21 |
| Figura 9: Diagrama de bloques de un lazo de control cerrado | 21 |
| Figura 10: Esquema de Control PID de temperatura..... | 22 |
| Figura 11: Sensor de Viento | 26 |
| Figura 12: Ventiladores | 27 |
| Figura 13: Materiales para el sistema de riego por goteo..... | 33 |
| Figura 14: Arduino Mega 2560 | 34 |
| Figura 15: Conexión del LM35 al Arduino Mega..... | 35 |
| Figura 16: Conexión Sensor de Humedad al Arduino..... | 36 |

| | |
|---|----|
| Figura 17: Módulo Relé de 4 Canales 5VDC | 36 |
| Figura 18: Ventilador 12VDC | 37 |
| Figura 19: Foco Infrarrojo 250W | 37 |
| Figura 20: SISTEMA SCADA DEL PROTOTIPO | 40 |
| Figura 21: RTD PT100 | 41 |
| Figura 22: Fin de Carrera..... | 41 |
| Figura 23: Calefactor a Diesel BGO – 210K..... | 44 |
| Figura 24: VENTILADOR VAP24..... | 47 |
| Figura 25: Vivero en Chaqui | 55 |
| Figura 26: Invernadero Chaqui..... | 55 |
| Figura 27: Interior Invernadero Chaqui..... | 56 |
| Figura 28: Instalación de la Ventilación y Calefacción..... | 56 |
| Figura 29: Instalación del Sistema de Riego | 57 |
| Figura 30: Instalación de sensor de Humedad y Temperatura respectivamente | 57 |
| Figura 31: Interior Prototipo de Invernadero y Sistema de Riego Automático..... | 58 |
| Figura 32: Exterior Prototipo de Invernadero..... | 58 |
| Figura 33: Lectura en Display LCD 20 x 4 | 59 |
| Figura 34: Circuito del prototipo | 59 |

CAPITULO 1. MARCO TEÓRICO

1. ANTECEDENTES.

Las condiciones de producción agrícola en el Altiplano boliviano sólo permiten realizar una cosecha anual a los campesinos que se dedican a la agricultura. Como los terrenos productivos son pequeños, en el orden de 1 a 3 hectáreas, se ven en la necesidad de migrar para completar sus ingresos familiares.

Desde el año 1995 se ha intentado trabajar con la realización de invernaderos capaces de soportar cualquiera inclemencia del tiempo, una de las dificultades principales fue la falta de conocimiento tecnológico en cuanto a control y automatización.

La seguridad Alimentaria ya no es una elección, es un imperativo ya que se constituye en la garantía del vivir bien con buena alimentación para nuestras familias, por eso se ha convertido es una cuestión de Estado, de un Estado que ya no quiere depender de nadie y que quiere construir su destino futuro utilizando todos los recursos que tiene a su alcance, Bolivia es un país con buena tierra y mejor gente, hagámosla cada vez más prospera, libre e independiente y más que todo dueña de su propio futuro.

El proyecto y construcción de invernaderos automatizados es un objetivo principal en Bolivia, en algunas comunidades se cuenta con carpas solares familiares comunitarias para fortalecer la seguridad alimentaria: Mediante el consumo de verduras y hortalizas, y la generación de excedentes para la comercialización.

Los invernaderos permiten la producción de hortalizas durante todo el año y evitan las limitaciones climáticas adversas, como bajas y altas temperaturas; exceso de lluvias, vientos y se puede controlar mejor la incidencia de plagas y enfermedades.

Desde hace varios años, tal vez unos 30, se ha trabajado en Bolivia con diferentes sistemas de invernadero que tienen como objetivo principal el de ofrecer otra alternativa a la nutrición de sus habitantes en la zona del Altiplano. Es así que, se tiene bastante información en relación a Walipiñas, Pancar Huyu, carpas solares y otros denominados invernaderos, que en gran parte fueron generadas por Cipca, IDH, Benson Institute y otras instituciones.

Sin embargo, y de la información disponible, no se ha dado énfasis en la producción de hortalizas en invernaderos de alta tecnología que a decir verdad es un sistema industrial donde todos los factores de producción están bajo control. Es importante tomar en cuenta que este sistema de producción va incrementándose cada día y, a través de los años, se ha demostrado que los países con estaciones climáticas muy diferenciadas aprovechan lo más que pueden el cultivo en invernaderos para producir sus alimentos.

En Bolivia la producción de hortalizas mediante su cultivo en invernaderos tiene mucho potencial y podría, hasta cierto punto, reemplazar la exportación de otros cultivos por su enorme capacidad de producción y no se descuenta que muchos agricultores que migraron a otras regiones podrían volver al Altiplano y lograr su estabilidad económica y financiera.

EL ALTIPLANO BOLIVIANO COMO ECOSISTEMA DE PRODUCCIÓN.

El altiplano boliviano aparentemente no es un ecosistema favorable para el crecimiento de muchas o la mayoría de cultivos aprovechables al consumo humano. Esta apreciación es relativa si se compara a sistemas ecológicos como el de los valles y trópico. Sin embargo, con la metodología adecuada estos conceptos cambiarían en 180 grados.

Entre los aspectos negativos del altiplano, y en particular en Potosí, se tiene: inviernos con temperaturas bajas llegando en ciertos días del año a -20°C . La presencia de heladas que se presentan en unos 170 días de cada año calendario. Deficiencia de agua de precipitación que generalmente no llega a sobrepasar los 300 mm al año y según cálculos de Evapotranspiración Potencial se tiene un déficit de 1075 mm/año. Otros aspectos negativos son: Tenencia de la tierra donde sus habitantes no llegan a tener más de 10 ha., en general los suelos son superficiales, es decir que la capa arable no es profunda que en muchos casos no llega a los 20 cm, al mismo tiempo, el tenor de materia orgánica es baja para que permita el uso eficiente de riego y fertilizantes terminando en ser un substrato no adecuado para un crecimiento óptimo de las plantas. Además, muchos de los suelos tienen tendencia ser de pH alcalino o por encima del valor neutro de 7.0. Datos del INE (2011) muestran que solo 2.5% de los 53.000 km² de superficie son susceptibles a ser arados y que pertenecen a la categoría III de la clasificación internacional de suelos que identifica suelos con problemas para una agricultura intensiva. Además, por la falta de precipitación, la humedad relativa del ambiente es baja que en la mayor parte del año no llega a pasar de 80%.



Figura 1 : Invernaderos con alta tecnología

Según el Foro Rural Mundial, en el planeta hay más de 3,000 millones de personas que viven en el campo. La mayor parte de esas mujeres y hombres, unos 2,500 millones, son agricultores.

Nuestro país cada año sufre problemas de desastres naturales y por tanto desabastecimiento del mercado lo cual obliga al encarecimiento de algunos productos de consumo.

El desconocimiento de la tecnología y la poca investigación en la parte de ingeniería aplicada a la agricultura, no ayudan a impulsar el sector agrícola boliviano, a crecer de forma sostenible y lograr aumentar la productividad y la rentabilidad de las cosechas. Además, en nuestro país existe un desconocimiento por parte del sector agrícola de las zonas rurales, sobre sistemas de riego automatizado que les permitan obtener una mayor cosecha en menos tiempos y optimizar el uso del recurso agua y energía eléctrica.

En las visitas a los invernaderos de Chaqui y el vivero de Chinoli se pudo apreciar que están descuidadas y sin tecnificación produciendo en poca cantidad.

Las empresas que distribuyen productos y materiales agrícolas en el país, se encargan de vender a los pequeños y medianos agricultores solamente los insumos para su producción, pero ninguna de ellas se encarga de realizar consultorías técnicas, con las cuales determinen las técnicas de riego que se deben de utilizar para cada tipo de cosecha y menos la

implementación de invernaderos, que les permitan a los agricultores proteger sus cosechas de las inclemencias del clima y controlar las plagas.

2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

Actualmente los invernaderos en nuestro país y más específicamente en nuestro departamento cuentan con muy poca tecnificación, no cuentan con sistemas electrónicos de supervisión y control. En nuestro país se tiene grandes riquezas que no son aprovechadas debidamente, el uso de la tecnología se incorpora en nuestras actividades y procesos de una manera más lenta que en otros países, si bien la tecnología tiene que ser una aliada en contra de los problemas que dañan al planeta en nuestro ámbito aun no es considerada en su totalidad, para lo cual se necesita implementar la tecnología con el fin de mejorar las deficiencias que se tiene.

El planeta en su totalidad está pasando por un gran problema el cual es el calentamiento global si bien algunas personas dejan de lado este problema, realmente éste está afectando bastante en la agricultura a causa de los desastres naturales. El aislamiento de los cultivos a las condiciones ambientales permite lograr mayores rendimientos, así como una oferta menos estacionada, generando producciones en todo momento del año y en diversas zonas donde el cultivo a campo no sería posible debido al clima.

En nuestro departamento Potosí se pasa por varias causas naturales como el granizo, inundaciones, sequías, y demás que dañan las cosechas que hasta en algunos casos perderlo totalmente.

Además de las causas naturales, siempre existe el riesgo de las plagas en los cultivos, que dañan bastante económicamente al agricultor, eso conlleva a alzas de precios en el mercado y como consecuencia afecta a la economía de todo el pueblo.

De esa forma la mejor manera de evitar estas pérdidas es utilizar invernaderos, para evitar estos daños causados por el clima, y para la optimización de los cultivos se pretende realizar un amplio estudio e investigación para posteriormente tener la capacidad de desarrollar este proyecto tan útil y necesario para el servicio de las personas, aplicando los conocimientos en electrónica se pretende obtener el control todos los parámetros que se toman en cuenta en este proceso, monitoreando en tiempo real las medidas de humedad y temperatura.

3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.

¿Cómo realizar la automatización y el monitoreo de un invernadero para mejorar la producción agrícola según las condiciones climatológicas en el departamento de Potosí?

3.1 CAUSAS QUE ORIGINAN EL PROBLEMA.

- La principal causa que da origen a este problema son los cambios drásticos climatológicos por los cuales atravesamos, inundaciones, sequías, granizos y demás.
- Plagas que son potencialmente riesgosas para los cultivos.
- Bacterias que pueden producir enfermedades.
- Falta de implementación tecnológica en la agricultura.

3.2 CONSECUENCIAS O MANIFESTACIONES DEL PROBLEMA.

- Pérdidas económicas significativas de los agricultores.
- Alza de precios en el mercado.
- Aparición de plagas en las cosechas.
- Posibles bacterias en los cultivos.

4. OBJETIVO GENERAL.

Implementar un sistema para automatizar y monitorear un invernadero el cual nos permita ajustar las variables de temperatura, humedad y realice el riego automático, los cuales se controlen por PID mediante un PLC y se supervisen mediante un sistema SCADA para el Invernadero de la localidad de Chaqui.

5. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.

- Recabar información mediante la investigación dirigida al proyecto.
- Aplicar técnicas de automatización y control para optimizar un ambiente controlado en invernadero y la fertirrigación de ésta.
- Controlar variables que se manejan dentro del invernadero mediante un control PID por PLC.
- Realizar la lectura de sensores y actuadores, para su monitoreo.
- Diseñar un sistema SCADA para el sistema de automatización.

6. CAMPO DE ACCIÓN.

Proceso de automatización y monitoreo del invernadero en Chaqui.

7. OBJETO.

Sistema de automatización y monitoreo para el invernadero ubicado en la localidad de Chaqui.

8. HIPOTESIS.

La automatización y el monitoreo del invernadero de Chaqui mejorará notoriamente la producción agrícola del mismo, y por consiguiente puede significar ingresos económicos para que el invernadero sea sustentable.

9. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.

9.1 IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES.

Se tiene como variables la automatización y la producción agrícola.

9.2 DEFINICIÓN DE VARIABLES.

Variables dependientes. Producción agrícola.

Variables independientes. Automatización con los parámetros de temperatura, humedad y viento.

9.3 MEDICIÓN DE VARIABLES.

Para la medición de las variables las cuales serán un valor de temperatura, humedad y viento se debe asignar en la escala de la **razón o proporción**.

10. FUENTES Y/O TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN.

Como fuentes se considera que se obtuvo de fuente primaria y fuente secundaria debido a que fue necesario estar en la localidad de Chaqui para tomar medidas y conocer el estado de los invernaderos, así también fue necesaria la información de otros autores.

Como técnica de recolección de información se utilizó la observación.

FUNDAMENTOS TEÓRICOS.

Es necesario conocer los diferentes conceptos, y términos para poder comprender de una manera óptima el desarrollo de la investigación para lo cual profundizaremos estos conceptos y analizaremos el porqué de las técnicas y materiales a utilizar.

11. INVERNADERO.

Un invernadero (o invernáculo) es un lugar cerrado, estático y accesible a pie que se destina a la horticultura, dotado habitualmente de una cubierta exterior translúcida de vidrio o de plástico, que permite el control de la temperatura, la humedad y otros factores ambientales, que se utiliza para favorecer el desarrollo de las plantas. En la jardinería antigua española, el invernadero se llamaba estufa fría.

Según la FAO de Bolivia se denomina Invernadero a una construcción cuya cubierta o techo es de un material que deja pasar la luz solar, facilitando la acumulación de calor durante el día y desprendiéndolo de manera lenta durante la noche, permite controlar el ambiente interno creando un microclima y creando las condiciones para el desarrollo del cultivo en cualquier época del año.

El invernadero aprovecha el efecto producido por la radiación solar que, al atravesar un vidrio o un plástico traslúcido, calienta el ambiente y los objetos que hay dentro; estos, a su vez, emiten radiación infrarroja, con una longitud de onda mayor que la solar, por lo cual no pueden atravesar los vidrios a su regreso, y quedan atrapados y producen el calentamiento del ambiente. Las emisiones del Sol hacia la Tierra son de onda corta, mientras que de la Tierra al exterior son de onda larga. La radiación visible puede traspasar el vidrio, mientras que una parte de la infrarroja no lo puede hacer.

El cristal o plástico trabajan como medio selectivo de la transmisión para diversas frecuencias espectrales, y su efecto consiste en atrapar energía en el invernadero, que calienta el ambiente interior. También sirve para evitar la pérdida de calor por convección. Esto puede demostrarse abriendo una ventana pequeña cerca de la azotea de un invernadero: la temperatura cae considerablemente. Este principio es la base del sistema de enfriamiento automático (autoventilación).

11.1. DESCRIPCIÓN DEL PROCESO.

El invernadero es un recinto cerrado donde la diferencia entre el clima interior y exterior se crea principalmente por la cubierta, medidamente la radiación solar y los mecanismos del estancamiento de aire. La radiación se constituye de dos componentes, la onda corta que proviene directamente del sol, y la onda larga que proviene por emisión del suelo, el sistema de calefacción, las plantas y la transmisión por la cubierta.

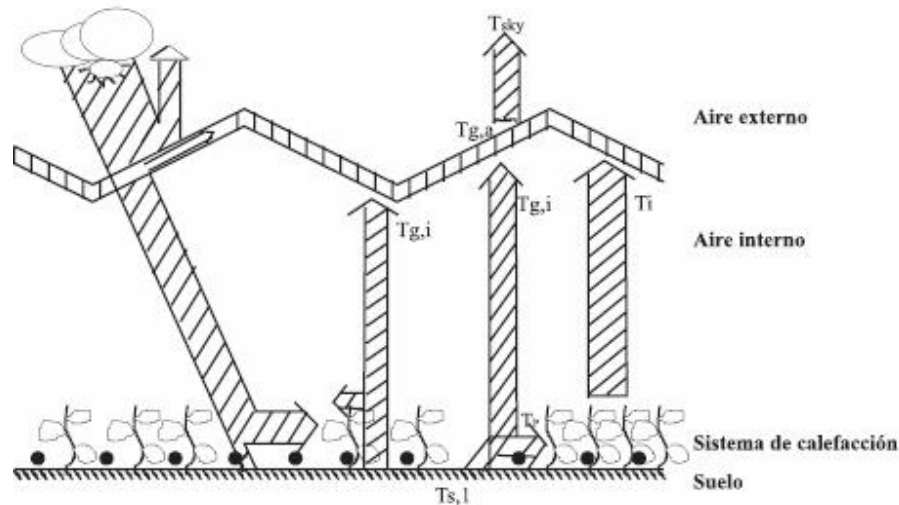


Figura 2: Proceso de calefacción de un invernadero

La ventilación: Es un factor determinante en la totalidad del clima interno. Su influencia se extiende sobre la temperatura, la humedad y sobre la concentración de CO₂.

11.2. ORIENTACIÓN.

La orientación del invernadero es otro factor que interviene directamente en la captación de la radiación y la cantidad de sombra que la misma estructura del invernadero provoca, por lo que es importante que la estructura este orientada de norte a sur con una ligera inclinación hacia el noreste, de tal modo que los rayos del sol siempre lleguen a la cubierta plástica de forma perpendicular. También es fundamental que la cubierta del invernadero permita el paso de por lo menos el 70% de radiación solar; de lo contrario la radiación fotosintéticamente activa (PAR) disminuye considerablemente, creando problemas de elongación de entrenudos, follaje muy abundante y disminución de la producción. Con menor cantidad de radiación solar, las plantas y los frutos también se hacen más sensibles al ataque de plagas y enfermedades, pero además disminuye la transpiración y en consecuencia se provoca desnutrición en la planta.

11.3. RADIACIÓN SOLAR.

la radiación que proviene directamente del sol se denomina radiación directa; con este tipo de radiación la geometría de la cubierta y la orientación del invernadero determinaran la transmisibilidad global del invernadero. Cuando la radiación solar atraviesa la cubierta del invernadero se modifica la proporción entre radiación directa y difusa, dependiendo de los materiales con los que se elabora. La radiación difusa es la que toma diferentes direcciones al haber sido reflejada, desviada o dispersa por dicha cubierta. En este caso la forma de la

cubierta, así como la forma del invernadero tendrán poca importancia. Las cubiertas con difusores de luz crean condiciones similares a cuando se presenta un día nublado, condición que es favorable para el cultivo ya que disminuye las sombras en el interior del invernadero.

11.4. VENTAJAS DE LA PRODUCCIÓN BAJO INVERNADERO.

El producir un cultivo bajo un invernadero tiene las siguientes ventajas comparadas con los que no lo hacen:

- Protección contra condiciones climáticas extremas.
- Control sobre otros factores climáticos.
- Obtención de cosechas fuera de época.
- Mejor calidad de la cosecha.
- Preservación de la estructura del suelo.
- Siembra de materiales seleccionados.
- Aumento considerable de la producción
- Ahorro en costos de producción.
- Disminución en la utilización de plaguicidas.
- Aprovechamiento más eficiente del área de cultivo.

11.5. CLIMA EN LOS INVERNADEROS.

Para la climatización de los invernaderos, surgió la necesidad de controlar las variables inmersas en su ambiente, lo que dio lugar a la utilización de componentes electrónicos que eliminarían el trabajo manual de activación de sistemas de aireación o la ventilación manual. Inicialmente la electrónica en invernaderos era simple, los primeros sistemas contruidos eran conocidos como ciclos de control independiente; en éstos se empleaba calefactores, ventiladores, nebulizadores, etc., los cuales eran activados manualmente por periodos de tiempo, pero al manejar las variables por separado la activación o desactivación de cada componente mecánico o electrónico afectaba a otras variables. Cada variable física como la temperatura y humedad depende una de la otra y al tratar de eliminar o controlar cada variable por separado fue casi imposible. Lo mejor era tratar de entender la correlación entre cada una de las variables y utilizar un sistema de control que tratara la temperatura como un elemento único pero que en su control se pudiera usar los dispositivos mecánicos que afectarían la temperatura y humedad.

Los sistemas comerciales obligaban al horticultor a utilizar elementos mecánicos de control de temperatura como los termostatos y no elementos que controlaran las diferentes variables en conjunto. Conforme la electrónica desarrollaba circuitos encapsulados se redujo considerablemente el tamaño de los equipos. Las nuevas tecnologías utilizan microprocesadores, microcontroladores y otros tipos de dispositivos que simplifican el diseño e incrementan la confiabilidad, además de reducir el costo y el tiempo de diseño de los sistemas a implementar.

El primer problema en los sistemas de control de temperatura era el uso de esquemas de ciclos de control independiente, en estos sólo se activaba un único dispositivo mecánico o electrónico, se requerían sistemas que controlaran la variable de la temperatura pero no sólo sistemas que se conformaban con activar/desactivar un sólo tipo de dispositivo mecánico, esto impedía que el operador se dedicara a otra actividad que no fuera exclusivamente la de cuidar los valores de temperatura en el interior del invernadero. Lo que se pretendía era dejar de usar un sistema para la comparación de los niveles de temperatura, otro sistema para la toma de decisiones al modificar los niveles altos o bajos de temperatura y un sistema más para activa/desactivar los dispositivos mecánicos. El segundo problema de los sistemas de control de invernaderos fue el excesivo cableado a largas distancias. Los típicos sistemas de control tenían la necesidad de contar con una única unidad central de procesamiento de datos por cada sensor de temperatura, es decir, cada sensor tenía un cableado hacia la central de datos, pero el principal problema radicaba en la lejanía entre los sensores y la Unidad Central. Esto agravaba problemas en el incremento de la sensibilidad a interferencias electromagnéticas, degradación de señales eléctricas (teniendo que hacer uso de dispositivos como amplificadores y/o repetidores de señales), mayor mantenimiento de líneas.

Por otra parte, la carencia de una interfaz gráfica para el usuario en el control de invernaderos es común, ya que no es habitual que los sistemas ofrezcan una interfaz gráfica, fácil de utilizar para el usuario y que permita la comunicación entre las distintas partes que conforman el sistema. Esta carencia se puede solventar actualmente gracias al desarrollo de software que permite controlar las variables del invernadero previamente programadas.

11.6. INVERNADEROS TIPO CAPILLA.

En estos invernaderos la ventilación es por ventanas frontales y laterales. Cuando se trata de estructuras formadas por varias naves unidas provoca la ausencia de ventanas cenitales dificultando la ventilación. Para resolver este inconveniente se creó la estructura diente de sierra, otro tipo de invernadero con paredes laterales es el de techumbre estructurada en arco.

11.7. PARÁMETROS A CONSIDERAR EN UN CONTROL CLIMÁTICO.

El control ambiental está basado en manejar de forma adecuada todos aquellos sistemas instalados en el invernadero: sistema de calefacción, ventilación y los sistemas de control de las variables atmosféricas dentro del invernadero, así conseguir la mejor respuesta del cultivo y por tanto mejoras en el rendimiento, precocidad, calidad del producto y calidad del cultivo.

El desarrollo de los cultivos en sus diferentes fases de crecimiento, está condicionado principalmente por los siguientes factores ambientales o climáticos (variables): temperatura, humedad relativa, y luz. Para que las plantas puedan realizar sus funciones es necesaria la adaptación de estos factores dentro de límites mínimos y máximos, fuera de los cuales las plantas cesan su metabolismo, pudiendo llegar a la muerte. La adaptación de un sistema de ventilación es un aspecto general y básico a tener en cuenta en la construcción de los invernaderos, se debe prever un modo de hacer recircular el aire de la atmosfera dentro y fuera del invernadero, por ejemplo, dejar rendijas que se abren o ventanas es un modo económico de refrigerar un invernadero. La ventilación regula la humedad del aire y favorece la renovación del dióxido de carbono necesario para el proceso de fotosíntesis. Los sistemas de ventilación pueden ser manuales o automatizados.

12. AUTOMATIZACIÓN.

La automatización es un sistema donde se transfieren tareas de producción, realizadas habitualmente por operadores humanos a un conjunto de elementos tecnológicos.

La **automatización industrial** (automatización: del griego antiguo auto, ‘guiado por uno mismo’) es el uso de sistemas o elementos computarizados y electromecánicos para fines industriales. Como una disciplina de la ingeniería más amplia que un sistema de control, abarca la instrumentación industrial, que incluye los sensores, los transmisores de campo, los sistemas de control y supervisión, los sistemas de transmisión y recolección de datos y las

aplicaciones de software en tiempo real para supervisar y controlar las operaciones de plantas o procesos industriales.

13. MONITOREO.

Monitoreo es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacer seguimiento al progreso de un programa en pos de la consecución de sus objetivos, y para guiar las decisiones de gestión.

14. INTERFAZ HOMBRE-MÁQUINA (HMI).

Una interfaz de usuario asistida por ordenador, actualmente una interfaz de uso, también conocida como interfaz hombre-máquina (IHM), forma parte del programa informático que se comunica con el usuario. En ISO 9241-110, el término interfaz de usuario se define como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo"

Pensando sistemáticamente, la interfaz del usuario es una de las interfaces hombre-máquina (HMI): **Hombre - interfaz hombre - máquina - máquina**. Distintas ciencias se dedican a este tema, como TI, la investigación cognitiva y la psicología. El conocimiento básico para un diseño de interfaz que le resulte fácil de utilizar al usuario se recoge en la disciplina científica de la ergonomía. Las áreas de actividad en sí son la ergonomía cognitiva, la ergonomía de sistemas y la ergonomía del software (ingeniería del uso).

15. SCADA.

Acrónimo de **Supervisory Control And Data Acquisition** (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) es un concepto que se emplea para realizar un software para ordenadores que permite controlar y supervisar procesos industriales a distancia. Facilita retroalimentación en tiempo real con los dispositivos de campo (sensores y actuadores), y controla el proceso automáticamente. Provee de toda la información que se genera en el proceso productivo (supervisión, control calidad, control de producción, almacenamiento de datos, etc.) y permite su gestión e intervención.

La realimentación, también denominada retroalimentación o feedback es, en una organización, el proceso de compartir observaciones, preocupaciones y sugerencias, con la intención de

recabar información, a nivel individual o colectivo, para mejorar o modificar diversos aspectos del funcionamiento de una organización. La realimentación tiene que ser bidireccional de modo que la mejora continua sea posible, en el escalafón jerárquico, de arriba para abajo y de abajo para arriba.

En la teoría de control, la realimentación es un proceso por el que una cierta proporción de la señal de salida de un sistema se redirige de nuevo a la entrada. Esto es de uso frecuente para controlar el comportamiento dinámico del sistema. Los ejemplos de la realimentación se pueden encontrar en la mayoría de los sistemas complejos, tales como ingeniería, arquitectura, economía, sociología y biología.

15.1. LABVIEW.

LabVIEW es un software de ingeniería de sistemas que requiere pruebas, medidas y control con acceso rápido a hardware e información de datos.

LabVIEW ofrece un enfoque de programación gráfica que le ayuda a visualizar cada aspecto de su aplicación, incluyendo configuración de hardware, datos de medidas y depuración. Esta visualización hace que sea más fácil integrar hardware de medidas de cualquier proveedor, representar una lógica compleja en el diagrama, desarrollar algoritmos de análisis de datos y diseñar interfaces de usuario personalizadas.

16. PLC.

Un PLC (Programmable Logic Controller) o Controlador Lógico Programable es un dispositivo que puede ser programado para cumplir ciertas tareas de control en sistemas automáticos a nivel industrial. Algunos son pequeños y están diseñados para tareas sencillas, otros son más grandes y además modulares, los cuales constan básicamente de una serie de elementos con los que se ensambla el equipo de acuerdo a las necesidades, esos módulos pueden ser de entrada, de salida unidades centrales de proceso (CPU) o de aplicación específica. Los PLC son muy utilizados para controlar máquinas que deben seguir procesos secuenciales a nivel industrial, tales como el empaque de productos, control de motores monitoreo de sensores, monitoreo y control de una planta completa, etc. Su elección depende del tipo de proceso a automatizar, así como de la cantidad de entradas y salidas para monitorear todos los sensores y operar todos los actuadores del sistema.

Una vez realizado el programa, se carga al PLC a través de un tipo de software diseñado para tal fin, por medio de una PC común y corriente, o por medio de una terminal de mando HHP (handheldprogramming).

Cualquier proceso que involucre transiciones eléctricas, es decir, encendido o apagado de ciertas maquinas con una secuencia lógica, o bien, la lectura de ciertas variables analógicas o el control de determinados sistemas analógicos, puede ser llevado a un PLC.

Como una solución para que tal proceso se ejecute de manera automática. Aparentemente el control de diversos elementos como solenoides, relevadores, contactores y válvulas neumáticas es sencillo y podría hacerse por medio de lógica alambrada y temporizadores, sin embargo, la realidad es distinta cuando la cantidad de sensores y dispositivos a controlar pasa de cierto número, ya que se complica el diseño de su sistema al igual que el de su cableado.

Un PLC está diseñado para trabajar en ambientes industriales con blindajes especiales, con el objeto de no dejarse afectar por perturbaciones eléctricas que ocurren constantemente debido a los transitorios generados por el constante entrar y salir de las cargas como, motores, relevadores, válvulas, lámparas, etc.

16.1. ESTRUCTURA BÁSICA DE UN PLC.

En su entorno físico, los PLC modulares están formados por un gabinete o RACK que aloja a una serie de módulos que deben de ser insertados con el fin de ensamblar el equipo específico para determinada aplicación.

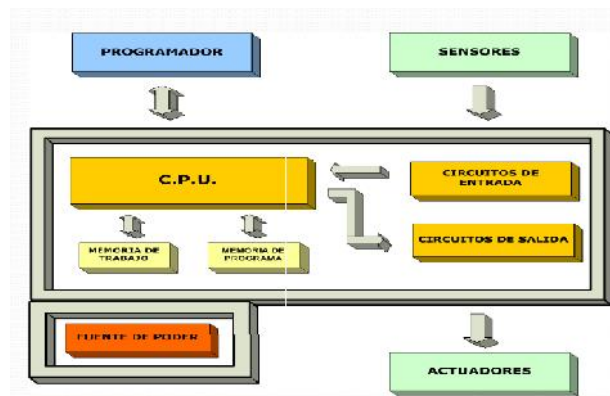


Figura 3: Estructura de un PLC

Entre los módulos que se insertan en el rack se consideran obligatorios la fuente de poder (POWER SUPPLY) y el CPU, ya que sin estos el PLC no podría procesar ningún tipo de información.

Por ejemplo, si lo que se desea es un sistema de control digital básico, se debe agregar un módulo de entradas digitales y un módulo de salidas digitales. Así mismo si se desea un sistema de control analógico se debe agregar módulos de entradas analógicas y módulos de salidas analógicas todo depende de la aplicación que se esté diseñando.

Por otra parte, a nivel lógico un PLC está compuesto por una serie de variables que representan entradas y salidas a nivel de programa (bobinas virtuales), es decir no existen físicamente, pero sirven para procesar y permitir la programación de la secuencia que el PLC debe ejecutar, así mismo se puede encontrar temporizadores, contadores, almacenamiento de datos, etc. Todos a nivel lógico.

16.2. TIPOS DE PLC.

Generalmente hay dos tipos de PLC; compactos y modulares, los compactos son aquellos que en un solo bloque se encuentran la CPU, la fuente de alimentación, la sección de entradas y salidas, y el puerto de comunicación, este tipo de PLC se utiliza cuando el proceso a controlar no es demasiado complejo y no se requiere de un gran número de entradas y/o salidas o de algún módulo especial.

Los PLC Modulares se divide en:

Estructura Americana: En la cual se separan los módulos de entrada/salida del resto del PLC.

Estructura Europea: Cada módulo realiza una función específica; es decir, un módulo es el CPU, otro la fuente de alimentación, etc.

En ambos casos, se tiene la posibilidad de fijar los distintos módulos (Estructura Modular) o el PLC (Estructura Compacta) en rieles normalizados.



Figura 4: Partes de un PLC

Dado una referencia de lo que es un PLC, para el desarrollo de este proyecto es conveniente el modelo de PLC Micrologix 1100, para lo cual profundizaremos la información y características de éste.

17. CONTROLADOR PLC MICROLOGIX 1100.

El controlador lógico programable MicroLogix 1100 lleva consigo EtherNet / IP integrado, edición en línea y un panel LCD a la familia MicroLogix. El panel LCD incorporado muestra el estado del controlador, el estado de E / S y mensajes simples del operador. Con 2 entradas analógicas, 10 entradas digitales y 6 salidas digitales, el controlador MicroLogix 1100 puede manejar una amplia variedad de tareas e incluye un punto muy importante para el desarrollo de este proyecto, que es la instrucción de PID en el lenguaje escalera, para lo cual es necesario el programa RSLogix 500.

Tabla 1: Características del PLC Micrologix 1100

| CARACTERISTICAS DEL PLC MICROLOGIX 1100 |
|---|
| Incluye un puerto Ethernet de 10/100 MBps incorporado para mensajería entre dispositivos similares. |
| Proporciona una memoria de 8 KB (4 KB de programas de usuario con 4 KB de datos de usuario) |
| Permite el acceso, el monitoreo y la programación desde cualquier conexión Ethernet |
| Admite la edición en línea |
| Proporciona un servidor web incorporado que permite configurar los datos del controlador para que aparezcan como una página web |
| Contiene un puerto combinado RS-232/RS-485 aislado para comunicación en serie y conectada en red |
| Permite monitorear y modificar los datos del controlador a través de una pantalla LCD incorporada |
| Compatible con módulos de expansión de E/S MicroLogix 1762 (hasta cuatro módulos por controlador) |
| Admite un máximo de 144 puntos de E/S digitales |
| 11 Entradas digitales, 2 entradas analógicas y 6 salidas digitales. |



Figura 5 : Micrologix 1100

18. RSLogix 500.

La familia de software de programación de lógica en escalera Rslogix fue actualizada para optimizar el desarrollo de proyectos de automatización industrial, ahorrando tiempo en el desarrollo del proyecto. Proporciona el soporte para la programación de los PLC's de Allen Bradley tipo SLC500 y de la familia Micrologix.

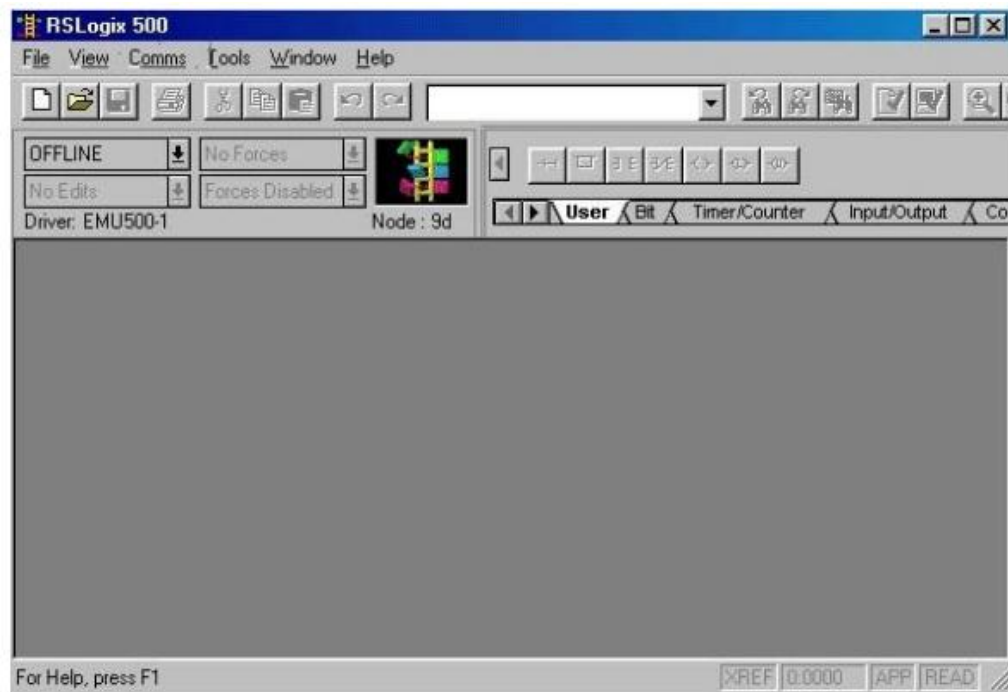


Figura 6 : Software de programación para Micrologix 1100

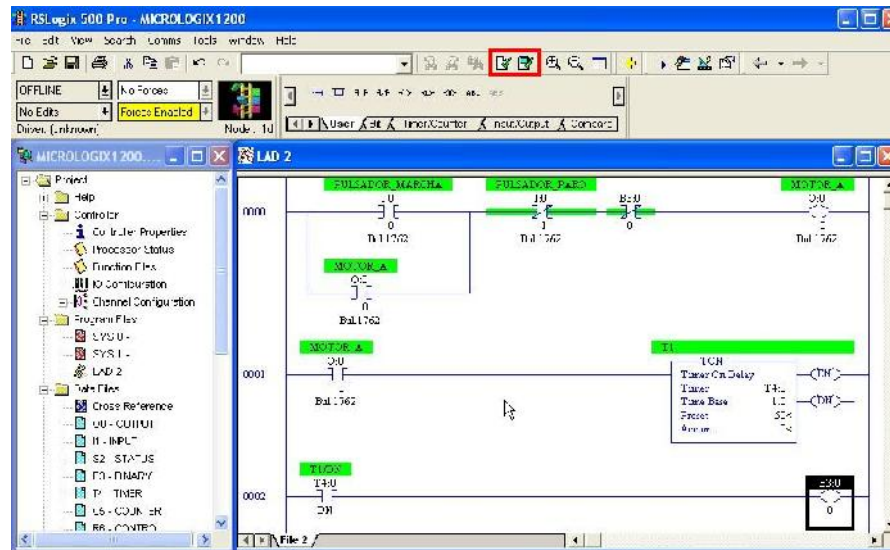


Figura 7 : Programación escalera en PLC Micrologix 1100

18.1. LENGUAJE ESCALERA.

El lenguaje Ladder, diagrama de contactos, o diagrama en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos. De este modo, con los conocimientos que todo técnico o ingeniero eléctrico posee, es muy fácil adaptarse a la programación en este tipo de lenguaje.

Ladder es uno de los varios lenguajes de programación para los controladores lógicos programables (PLCs) estandarizados con IEC 61131-3.

19. METODOLOGÍA DE CONTROL.

Las consideraciones inherentes a la climatología y a la ecología definen la importancia de las características ambientales de una cierta zona y establecen su aptitud para cultivos en invernaderos desde un punto de vista económico.

Este ambiente que se puede llamar exterior, es el que determina si es posible o no instalar un determinado tipo de invernadero, su orientación, entre otras. Pero el ambiente que realmente interesa para los fines de los cultivos es el interior, el cual deriva del exterior, pero puede adquirir unas características peculiares que son las que definen cada ambiente particular del invernadero. Se refiere, naturalmente, al ambiente que se forma en un invernadero en el cual no ha habido operaciones de climatización, pero que ha sufrido modificaciones sustanciales

con respecto del exterior y de los parámetros determinantes: temperatura, luz, grado higrométrico y concentración atmosférica en anhídrido carbónico, y esto por el mero hecho de ser un ambiente que se desarrolla en área cubierta. Es necesario tener en cuenta que el balance térmico, junto con la cantidad total de energía luminosa, constituye el elemento principal para determinar la eficacia de un invernadero y un argumento de estudio para investigadores y técnicos.

La primera acción que se toma para mejorar el clima de un invernadero consiste en invertir en un sistema de calefacción y otro de ventilación. Para el de calefacción puede ser un sistema con combustión directa, un sistema con intercambiador de calor aire-aire o un sistema con caldera y red de agua caliente.

Cuando se evalúan estas inversiones para mejorar el clima bajo un invernadero la gran pregunta es de cómo manejar estas herramientas. Por un lado, se requiere determinar cuáles serán los parámetros para el manejo. Aquí se juegan tres variables:

Los conocimientos sobre el comportamiento de las plantas y su interacción con el clima.

La interacción entre el clima y el desarrollo de las plagas y enfermedades, donde se trata de prevenir condiciones que favorecen el desarrollo de esto.

Los costos energéticos y ambientales relacionados con la generación del nuevo clima bajo invernadero.

Por el otro lado se requieren de una tecnología para el manejo de la infraestructura con el fin de lograr realmente los óptimos preestablecidos. El control más sencillo es donde una persona toma una decisión de modificar la posición de ventanas u otros accesorios, basado en mediciones de las condiciones del clima, en la hora del día o en otro factor. El otro extremo son los computadores que por medio de un sistema de control controlan el clima y demás accesorios del invernadero.

Los distintos tipos de control son:

- Control On-Off. (Encendido – apagado.)
- Control Flotante.
- Control con banda proporcional (Banda P).
- Control proporcional – integral (PI).
- Control proporcional integral derivativo (PID).

19.1. CONTROL AUTOMÁTICO.

El control automático de procesos se usa fundamentalmente porque reduce el costo de los procesos industriales, lo que compensa la inversión en equipo de control, además hay ganancias intangibles, como la eliminación de mano de obra pasiva, la cual provoca una demanda equivalente de trabajo especializado, la eliminación de errores es otra contribución positiva del uso del control automático.

El principio del control automático se basa en empleo de una realimentación o medición para accionar un mecanismo de control. El mismo principio del control automático se usa en diversos campos, como control de procesos químicos y del petróleo, control de hornos en la fabricación del acero, control de máquinas y herramientas etc.

19.1.1. CONTROL DE LAZO CERRADO.

Son los sistemas en los que la acción de control está en función de la señal de salida. Los sistemas de circuito cerrado usan la retroalimentación desde un resultado final para ajustar la acción de control en consecuencia. El control en lazo cerrado es imprescindible cuando se da alguna de las siguientes circunstancias:

- Cuando un proceso no es posible de regular por el hombre.
- Una producción a gran escala que exige grandes instalaciones y el hombre no es capaz de manejar.

Vigilar un proceso es especialmente duro en algunos casos y requiere una atención que el hombre puede perder fácilmente por cansancio o distracción, con los consiguientes riesgos que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso.

Sus características son:

- Ser complejos, pero amplios en cantidad de parámetros.
- La medición de la salida es retroalimentada continuamente a la entrada.
- Ser más estable a perturbaciones y variaciones internas.
- Reduce los riesgos en general.
- Permite actuar más rápida y oportunamente en condiciones de emergencia.
- El control puede estar centralizado en un solo cuarto de control.

En este tipo de lazos, la interconexión de los componentes para el control del proceso es tal que la información con respecto a la variable de proceso es continuamente retroalimentada al controlador para compararla con el punto de ajuste y proveer así correcciones continuas y

automáticas a la variable de proceso por medio del elemento final de control. Este tipo de lazos también son conocidos como retroalimentados (retroalimentación o feedback, significa “ida y vuelta”)

En este caso no es necesario que el operador esté pendiente de los cambios que ocurren en el proceso, ya que el controlador por sí mismo toma decisiones de lo que se debe hacer para mantener a la variable de proceso en el valor deseado.

Las partes fundamentales de este tipo de lazos son:

- Elemento primario (sensores)
- Transmisor (también llamado elemento secundario)
- Controlador (PC., PLC.)
- Elemento final de control (actuadores)
- Proceso

En los siguientes diagramas se observa este tipo de lazo de control.

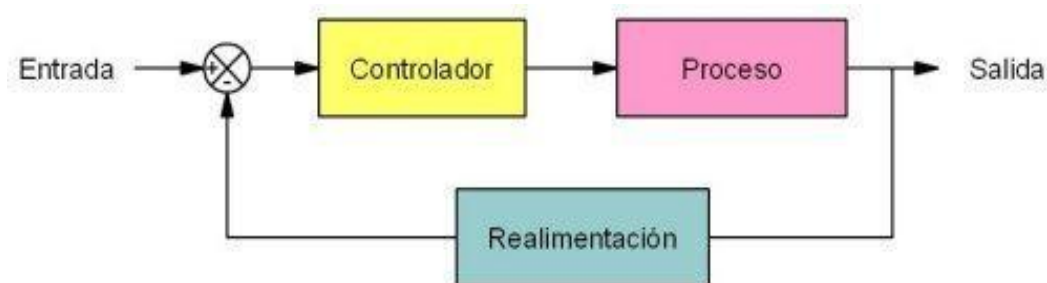


Figura 8 : Diagrama de bloques de control de lazo cerrado

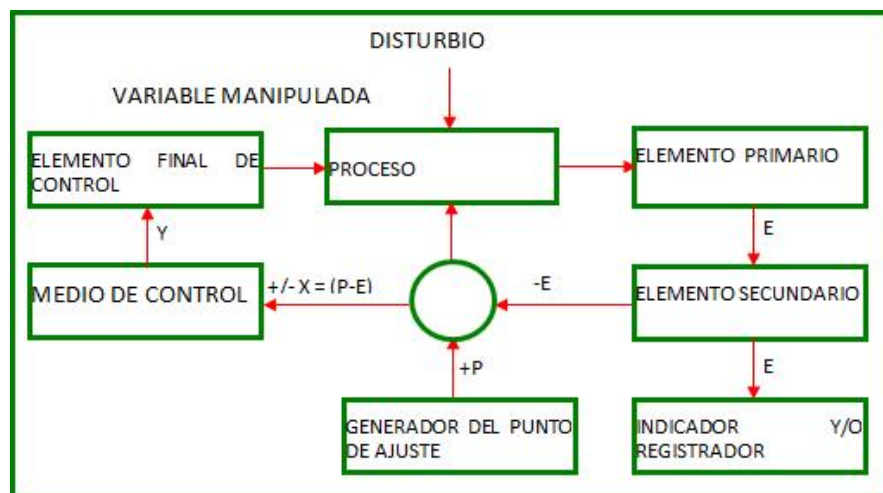


Figura 9 : Diagrama de bloques de un lazo de control cerrado

19.2. CONTROL PID.

El controlador PID es conocido como control de tres términos (Proporcional Integral y Derivativo) es un sistema de tres acciones de control como se muestra en la siguiente figura.

Los cálculos para estas ecuaciones emplean un diferenciador ideal, por lo que para diseñar controladores en la práctica se requiere conocer la ecuación de la planta ($G_p(s)$) para poder manipular correctamente lo que se debe controlar.

Con el control PID se estabilizan más los sistemas debido a sus características.

El algoritmo del control PID consiste de tres parámetros distintos: el proporcional, el integral, y el derivativo. El valor Proporcional depende del error actual. El Integral depende de los errores pasados y el Derivativo es una predicción de los errores futuros. La suma de estas tres acciones es usada para ajustar al proceso por medio de un elemento de control.

En este proyecto se requiere para realizar el control principalmente de la temperatura, la cual es una variable muy importante para el crecimiento de las plantas, para esto como anteriormente se mencionó el PLC Micrologix 1100 nos ofrece bloques de PID para realizar un ajuste automático.

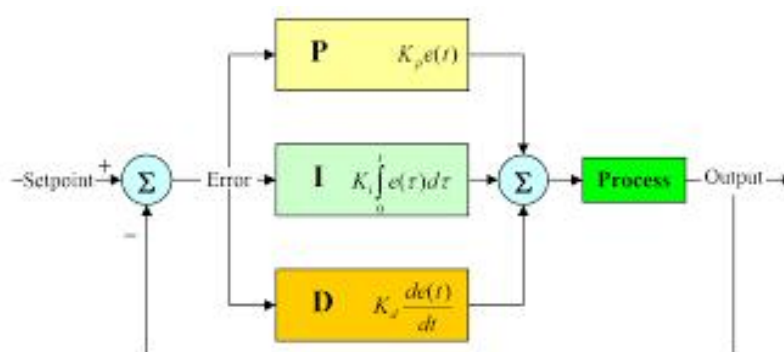


Figura 10: Esquema de Control PID de temperatura

20. REQUISITOS DE DISEÑO PARA EL INVERNADERO DE CHAQUI

20.1. Emplazamiento.

El invernadero donde se realizará la tecnificación se encuentra en la localidad de Chaqui, en la provincia Cornelio Saavedra del departamento de Potosí en el Estado Plurinacional de Bolivia, Chaqui se encuentra a una altura de 3600msnm a una Latitud: -19.5875, Longitud: -65.5604 en instalaciones del “Vivero Chaqui”.

20.2. Descripción del invernadero de Chaqui.

El invernadero en el cual se hará la instalación consta de una superficie de 375 m² (15m x 25m), el cual es un invernadero tipo capilla de dos caídas con techo de calamina plástica, consta de 12 ventanas y una puerta el cual se encuentra en muy buenas condiciones por ser una estructura recién construida.

20.3. Descripción de los invernaderos y viveros en la instalación agrícola.

La instalación agrícola consta de 3 invernaderos, dos en malas condiciones de 7,8 x 15 metros y uno de 15 x 25 metros en óptimas condiciones la cual cuenta con instalación eléctrica a diferencia de las demás, también en las instalaciones se tiene 3 viveros a campo abierto cubierto solo por mallas, y muros de 1m de alto que actualmente están siendo totalmente usados, en la instalación se tiene 4 trabajadores y se tiene un aproximado de 150000 plantas forestales, y algunos frutos como la manzana y durazno.

21. TEMPERATURA.

Este es el parámetro más importante a tener en cuenta en el manejo del ambiente dentro de un invernadero, ya que es el que más influye en el crecimiento y desarrollo de las plantas. Para el manejo de la temperatura es importante conocer las necesidades y limitaciones de la especie cultivada. Así mismo se deben aclarar los siguientes conceptos de temperaturas, que indican los valores objetivos a tener en cuenta para el buen funcionamiento del cultivo y sus limitaciones:

Temperatura mínima letal: Aquella por debajo de la cual se producen daños en la planta.

Temperaturas máximas y mínimas biológicas: Indican valores por encima o por debajo respectivamente del cual, no es posible que la planta alcance una determinada fase vegetativa, como floración, fructificación, etc.

Temperaturas nocturnas y diurnas: Indican los valores aconsejados para un correcto desarrollo de la planta.

En la tabla se observan la exigencia de temperaturas mínimas y máximas a que se pueden adaptar diferentes tipos de verduras.

Tabla 2 : Temperaturas aptas de diferentes especies de verduras

| Temperaturas °C | TOMATE | PIMIENTO | BERENJENA | PEPINO | MELÓN | SANDÍA |
|---------------------|--------|----------|-----------|--------|-------|--------|
| Mínima letal | 0-2 | (-1) | 0 | (-1) | 0-1 | 0 |
| Mínima biológica | 10-12 | 10-12 | 10-12 | 10-12 | 13-15 | 11-13 |
| Óptima | 13-16 | 16-18 | 17-22 | 18-18 | 18-21 | 17-20 |
| Máxima biológica | 21-28 | 23-27 | 22-27 | 20-25 | 25-30 | 23-28 |
| Máxima letal | 33-38 | 33-35 | 43-53 | 31-35 | 33-37 | 33-37 |

La temperatura en el interior de un invernadero sin clima artificial está en función de la radiación solar, comprendida en una banda entre 200 y 4000 nm, la misión principal del invernadero será la de acumular calor durante las épocas invernales. El calentamiento dentro del invernadero se produce cuando el infrarrojo largo, procedente de la radiación que pasa a través del material de cubierta, se transforma en calor, esta radiación es absorbida por las plantas, los materiales de la estructura y el suelo, como consecuencia de esta absorción, éstos emiten radiación de longitud más larga que, tras pasar por el obstáculo que representa la cubierta se emite radiación hacia el exterior y hacia el interior, calentando el invernadero.

El calor se transmite en el interior del invernadero por irradiación, conducción, infiltración y por convección, tanto calentando como enfriando. La conducción es producida por el movimiento de calor a través de los materiales de cubierta del invernadero. La convección tiene lugar por el movimiento del calor por las plantas, el suelo y la estructura del invernadero. La infiltración se debe al intercambio de calor del interior del invernadero y el aire frío del exterior a través de las juntas de la estructura. La radiación, por el movimiento del calor a través del espacio transparente.

22. HUMEDAD RELATIVA (HR).

La humedad es la masa de agua en unidad de volumen, o en unidad de masa de aire, la humedad relativa es la cantidad de agua contenida en el aire, existe una relación inversa de la temperatura con la humedad por lo que, a elevadas temperaturas, aumenta la capacidad de contener vapor de agua y por tanto disminuye la HR. Con temperaturas bajas, el contenido en HR aumenta.

Cada especie tiene una humedad ambiental idónea para vegetar en perfectas condiciones: el tomate (rojo y verde), el pimiento y berenjena son estables con una HR sobre el 50- 60%; el melón, entre el 60-70%; el calabacín, entre el 65-80% y el pepino entre el 70-90%.

Es importante examinar las variaciones de humedad de la atmósfera confinada en el interior del invernadero, conviene hacer una breve alusión a la terminología utilizada para expresar el grado higrométrico del aire y a la relación entre este parámetro ambiental y a la temperatura.

Un fenómeno unido a la humedad del aire, al que ya hemos hecho alusión y que presenta importantes repercusiones aplicativas, es el de la “condensación”, es decir, la condensación del vapor de agua presente en el aire del invernadero, bajo forma de gotas diminutas, sobre la superficie de todo cuerpo (paredes, plantas, etc) que se encuentre a una temperatura inferior a la de la escarcha.

En el caso de las paredes interiores del invernadero, este fenómeno adquiere un aspecto negativo al provocar un goteo continuo sobre las plantas que, de esta manera, llegan a estropearse debido al exceso de humedad, favorable al desarrollo de organismos patógenos, o al enfriamiento señalado (el agua condensada está claramente a una temperatura más baja que el ambiente interior del invernadero).

La HR del aire es un factor climático que puede modificar el rendimiento final de los cultivos, cuando la HR es excesiva las plantas reducen la transpiración y disminuyen su crecimiento, se producen abortos florales por apelmazamiento del polen y un mayor desarrollo de enfermedades criptogámicas. Por el contrario, si es muy baja, las plantas transpiran en exceso, pudiendo deshidratarse, además de los comunes problemas de mal cuaje, para que la HR se encuentre entre lo más óptimo el agricultor debe ayudarse del higrómetro (medidor HR). El exceso puede reducirse mediante ventilado, aumento de la temperatura y evitando el exceso de humedad en el suelo. La falta puede corregirse con riegos, llenando canalillas o bassetas de agua, atomizando agua en el ambiente, ventilado y sombreado. La ventilación se puede realizar en forma natural o forzándola, siendo la ventilación natural la más utilizada y económica. En algunos casos se ventila solamente con la entrada de aire por ventanas laterales, mientras que en otros se usa la entrada de aire por las ventanas cenitales ubicadas en la techumbre de la construcción.

23. SENSOR DE VELOCIDAD DEL VIENTO.

Estas magnitudes no afectan de forma directa al crecimiento del cultivo, pero sí al control del invernadero y principalmente daños a su infraestructura como rompimiento de la cubierta plástica y daños en sus soportes metálicos del invernadero. La velocidad del viento es medida por un anemómetro basado en un encoder incremental. Por su parte, la dirección es captada por una veleta que utiliza un encoder absoluto, con el fin de cuidar la estructura y evitar cambios bruscos de temperatura se considera este sensor un componente relevante pero no indispensable en el proyecto.

Figura 11 : Sensor de Viento



Las características del sensor de velocidad de viento seleccionado, se muestran a continuación:

Salida: 4-20 mA

Rango: 0 a 180 km/h

Precisión: 3,22 km/h en el rango de 17 a 88 km/h

Voltaje de operación: 10-36 VDC

Consumo: El mismo que la salida del sensor

Respuesta rápida de datos programable a 3 segundos mínimo

Temperatura de operación: -40°/+55°C

Tamaño del sensor: 7" diámetro x 8 1/2"

24. VENTILACIÓN EN INVERNADEROS.

24.1. VENTILADORES.

Se define por ventilador un aparato para mover aire y que utiliza un rodete como unidad impulsadora. Un ventilador tiene por lo menos una abertura de aspiración y una abertura de impulsión. Las aberturas pueden tener o no elementos para su conexión al conducto de trabajo.

El aire que rodea a las plantas es sin dudas de gran importancia, ya que no se puede olvidar que al igual que cualquier ser vivo estas respiran, y realizan todas sus funciones fisiológicas en función de esta actividad.

Está claro que un correcto movimiento de aire, influye positivamente en el buen funcionamiento de la planta intrínsecamente, pero también se puede añadir que, si no existiese una correcta ventilación en un cultivo, habría zonas con diferencia de temperatura y humedad, y esto se notaría lógicamente en un descenso de la producción de la explotación.

Lo ideal es que se renovara todo el aire, que rodea a un cultivo intensivo bajo abrigo, unas 45 veces en una hora, pero este óptimo es bastante difícil de conseguir, pues se debería tener una gran superficie de ventanas y unas circunstancias climáticas exteriores óptimas.

24.2. TIPOS DE VENTILACIÓN.

La ventilación de los invernaderos se suele realizar mediante el uso de unas aperturas en el invernadero, llamadas ventanas, situadas en los techos o en los laterales de éste, que permiten la renovación del aire, o bien mediante el uso de ventiladores de diferentes caudales.

La mejor forma de clasificar las ventilaciones es basándonos en la forma en que se realiza la renovación del aire.



Figura 12 : Ventiladores

El objetivo de la ventilación forzada es sacar al exterior el exceso de aire caliente y humedad. La velocidad y cantidad de calor que debemos sacar, dependen principalmente de la temperatura exterior y de la velocidad del aire. Es importante que la dimensión, localización y control de la ventilación, sean correctas.

Los ventiladores de gran caudal tienen una serie de hélices de acero inoxidable. Lo normal es que sean extractores de aire. Manejan grandes caudales de aire a bajas velocidades, por lo que las plantas no se deshidratan. Son capaces de renovar, hasta cuarenta y cinco mil metros cúbicos de aire por hora.

Todo el chasis del ventilador es de acero galvanizado para estar protegido de la corrosión. Existen modelos incluso, que poseen aquellas partes más delicadas, cubiertas de plástico para evitar que se oxiden prematuramente. La hélice es también de acero inoxidable ya que a través de ella pasa todo el aire húmedo, productos químicos o cualquier otro agente.

24.3. LA VENTILACIÓN PASIVA.

La ventilación pasiva en cambio, es aquella donde se realiza una serie de aperturas o ventanas en el invernadero, y el viento natural que se produce en la zona, va renovando el aire del invernadero. Esta a su vez se divide en dos tipos, dependiendo del lugar de colocación de las ventanas.

Tradicionalmente en los invernaderos se ha venido utilizando la ventilación pasiva o natural, debido a su costo más bajo que la ventilación activa o forzada. Últimamente esto está cambiando principalmente por dos razones.

- La corriente de aire que se genera en el invernadero, procedente de las ventanas laterales o cenitales a través del cultivo, puede ser muy perjudicial, ya que lo pueden deshidratar en determinados momentos del año.
- Las ventanas laterales son una importante entrada de patógenos. Es por esto, que cada vez más se ponen mallas en los invernaderos muy tupidas para evitar la entrada de plagas, pero que hacen descender la ventilación que necesita el cultivo.

25. ILUMINACIÓN.

Si hay poca luminosidad hay poca floración y un desarrollo raquítico, así como bajo aprovechamiento del CO₂.

Las plantas tienen una sensibilidad especial a los colores de la luz. A diferencia del alumbrado para humanos, que se mide en lux, las plantas consumen luz en forma de fotones para poder realizar la fotosíntesis. La cantidad y la proporción entre las varias longitudes de onda de la luz determinan de qué modo y con qué velocidad las plantas crecen y dan frutos. Las tecnologías modernas de luz artificial para invernaderos imitan a la perfección cualquier

integral de luz diaria (DLI, por sus siglas en inglés), con independencia de las estaciones o de las condiciones meteorológicas, y proveen unas condiciones estables y óptimas para cada planta.

26. SISTEMA DE RIEGO.

La existencia de vida en nuestro planeta está íntimamente asociada y condicionada a la presencia del agua, y sobre todo la humanidad la requiere en cantidad y calidad suficiente y adecuada para satisfacer sus necesidades. Dada la creciente escasez del agua en el planeta, debida a los cambios climáticos y al existir hoy una mayor demanda de los limitados recursos hídricos; el uso eficiente de las aguas superficiales y subterráneas disponibles, empieza a ser crucial. El desarrollo de los pueblos está ligado estrechamente a la agricultura y ésta, al suelo y al agua, lo que nos obliga a potenciar la investigación y desarrollo de técnicas que permitan conservar las tierras y administrar y utilizar en forma eficiente el agua, tanto desde la captación y conducción

El agua es un recurso cada vez más escaso que debe manejarse cuidadosamente. En la actualidad más del 40% del agua destinada para riego se pierde (por infiltraciones, malos diseños de canalizaciones, etc) antes de que llegue a los cultivos.

Como es natural, existen muy distintos tipos de sistemas de riego en invernaderos. Algunos de los más conocidos son los micro aspersores, que tienen un alcance de aproximadamente unos 2 metros, según la presión que tenga el tipo de boquilla utilizada. También hay que prestar atención a los micro aspersores emergentes, que permanecen ocultos hasta que la presión del agua les hace elevarse desde el suelo, y que el cierre del agua vuelve a ocultar.

Otro tipo de aspersores son los móviles, que desde el extremo de la manguera, riegan el terreno en el que se colocan. Por otro lado, el sistema de riego en invernaderos por micro aspersores es preferible para las texturas arenosas ya que cubren más superficie y es ideal para el riego de rosales, flores pequeñas y zonas reducidas.

El sistema de riego por goteo en invernaderos se utiliza para localizar el agua al pie de cada planta. Existen dos modelos, los integrados y de botón. Los primeros se encuentran en la misma tubería, mientras que los de botón se aplican en la tubería. Generalmente los más utilizados son los ‘integrados no autocompensantes’, ya que son los más fáciles de conseguir y su precio es mucho más accesible.

Este sistema de riego en invernadero tiene como ventaja el ahorro de grandes cantidades de agua y además mantiene un nivel de humedad constante en el suelo sin provocar charcos ni estancamientos de agua. También mediante este sistema se puede utilizar agua salina, ya que este tipo de agua aporta un extra para lavar las sales en zonas mucho más profundas, llegando incluso por debajo de las raíces. También permite la aplicación de fertilizantes disueltos que van directamente a la planta, pero el inconveniente típico que encontramos en este sistema de riego es que se atasca con mucha facilidad por lo que necesita un buen filtrado

Por otro lado, no es muy recomendable para los invernaderos el sistema de riego a través de una manguera, ya que es un sistema manual que requiere una gran cantidad de tiempo y tiene un nivel relativamente bajo de precisión. Además, nunca se consigue una uniformidad óptima, ya que el agua suele tener un mal reparto de riego, quedando algunos lugares más húmedos que otros. Para utilizar una manguera hay que tener en cuenta adquirir aquellas fabricadas con algún material que no se doble, ya que los pliegues interrumpen el paso del agua y dificultan la movilidad del individuo.

26.1. SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO.

El sistema de riego automatizado permite optimizar el uso del agua en cultivos a través de sensores que miden la humedad y la temperatura en la zona radicular de las plantas. La ventaja de regar cuando se ha excedido una temperatura determinada o la detección o falta de humedad, permite que el cultivo no entre en estrés, con lo que se garantiza el mejor producto agrícola.

El invernadero está ubicado en las instalaciones de la ENA para poder funcionar como un centro de abastecimiento de verduras, además de centro de venta para los clientes de los restaurantes interesados en adquirir productos frescos y libres de pesticidas.

En el interior del invernadero se contará con dos zonas de cultivo. Se utiliza para cultivar verduras, las cuales pueden estar sembradas en macetas de forma individual y se aplica la técnica de riego por goteo. Al igual se puede sembrar hortalizas directamente sobre el suelo y se utilizará el riego por manguera y por aspersión.

Todo el sistema de control de riego es gobernado por un controlador, el cual se encarga de monitorear y controlar todos los dispositivos.

26.2. RIEGO POR GOTEO.

Los sistemas de riego por goteo permiten conducir el agua mediante una red de tuberías y aplicar a los cultivos a través de emisores que entregan pequeños volúmenes de agua en forma periódica.

El agua se aplica en forma de gota por medio de goteros.

El riego por goteo es un sistema presurizado donde el agua se conduce y se distribuye por conductos cerrados que requieren presión. Desde el punto de vista agronómico, se denominan riegos localizados porque humedecen un sector de volumen de suelo, suficiente para un buen desarrollo del cultivo.

Es un método de riego localizado donde el agua es aplicada en forma de gotas a través de emisores, comúnmente denominados “goteros”. La descarga de los emisores fluctúa en el rango de 2 a 4 litros por hora por gotero.

El riego por goteo suministra a intervalos frecuentes pequeñas cantidades de humedad a la raíz de cada planta por medio de delgados tubos de plástico. Este método, utilizado con gran éxito en muchos países, garantiza una mínima pérdida de agua por evaporación o filtración, y es válido para casi todo tipo de cultivos.

También se lo denomina de alta frecuencia, lo que permite regar desde una a dos veces por día, todos o algunos días, dependiendo del tipo de suelo y las necesidades del cultivo o invernadero.

La posibilidad de efectuar riegos frecuentes permite reducir notoriamente el peligro de stress hídrico, ya que es posible mantener la humedad del suelo. A niveles óptimos durante todo el periodo de cultivo, mejorando las condiciones para el desarrollo de las plantas.

Este sistema de riego en invernaderos se utiliza para localizar el agua al pie de cada planta. Existen dos modelos, los integrados y de botón. Los primeros se encuentran en la misma tubería, mientras que los de botón se aplican en la tubería. Generalmente los más utilizados son los Integrados no auto compensantes ya que son los más fáciles de conseguir y su precio es mucho más accesible. Este sistema de riego en invernaderos tiene como ventaja el ahorro de grandes cantidades de agua y además mantiene un nivel de humedad constante en el suelo sin provocar charcos ni estancamientos de agua. También mediante este sistema se puede

utilizar agua salina ya que el agua salina aporta un extra de agua para lavar las sales en zonas mucho más profundas yendo por debajo de las raíces. También permite la aplicación de fertilizantes disueltos que van directamente a la planta; el inconveniente típico que encontramos en este sistema de riego es que se atasca con mucha facilidad por lo que necesita un buen filtrado.

26.2.1 COMPONENTES DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.

Fuente de Presión. Puede ser una Bomba, o tal vez un estanque que se encuentre ubicado por lo menos 10 metros sobre el nivel del terreno a regar, o una red comunitaria de agua presurizada.

Línea de Presión. Constituido por una tubería de PVC, cuyo diámetro depende del tamaño de la parcela a la que se le aplicará este tipo de riego y que permite conducir las aguas desde los pozos existentes o desde la bomba hacia los cabezales, presurizando en su recorrido el agua al ganar presión hidrodinámica gracias a la topografía del lugar al tener pendiente a favor.

Cabezal de Riego. Constituido por accesorios de control y filtrado. Los cabezales constan básicamente de:

- Válvula compuerta
- Válvula de aire
- Filtro de anillos
- Arco de riego con válvula de bola.

Porta regantes. Tubería de PVC que permite conducir el agua hacia cada uno de los laterales donde se instalarán las cintas de goteo.

Emisores. Constituidos por las Cintas de Goteo, que permiten emitir caudales de aproximadamente 1 a 2 litros por hora por cada gotero (ubicados cada 20 cm, o más). Las cintas trabajan con presiones nominales de hasta 10 metros de columna de agua.

27. PROTOTIPO DEL PROYECTO.

A continuación, se tiene los principales componentes que son requeridos para la implementación de este proyecto:

27.1. SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO.

Se tiene mangueras con acople a 3/4" para la fácil conexión a bombas y/o electrovalvulas para la automatización, y de fácil acople con tes y cabezales de riego.



Figura 13: Materiales para el sistema de riego por goteo

27.2. ARDUINO MEGA 2560 (CONTROLADOR). Arduino Mega 2560 .

Es una tarjeta de desarrollo de Hardware libre construida con el microcontrolador Atmega 2560, que le da sentido a su nombre. Forma parte del proyecto Arduino que involucra una comunidad internacional dedicada al diseño y manufactura de placas de desarrollo de Hardware.

El Arduino Mega 2560 tiene 54 pines de entrada/salida, de los cuales exactamente 14 de ellos pueden ser utilizados como salidas de PWM (Modulación por ancho de pulso), cuenta con otras 16 entradas analógicas y 4 UARTs (puertos serial).

En cuanto a la velocidad del microcontrolador podemos decir que cuenta con un Cristal de 16MHz y una memoria Flash de 256K. Maneja un rango de voltaje de entrada de entre 7 y 12 volt, se recomienda una tensión de entrada planchada en 9 Volt.

La comunicación entre la tarjeta Arduino y la computadora se establece a través del puerto serie, cuenta con un convertidor interno USB – SERIE de manera que no es necesario agregar ningún dispositivo externo para programar el microcontrolador.

Especificaciones Arduino Mega 2560:

- Microcontrolador: ATmega2560

- Voltaje Operativo: 5V
- Tensión de Entrada: 7-12V
- Voltaje de Entrada(límites): 6-20V
- Pines digitales de Entrada/Salida: 54 (de los cuales 14 proveen salida PWM)
- Pines análogos de entrada: 16
- Corriente DC por cada Pin Entrada/Salida: 40 mA
- Corriente DC entregada en el Pin 3.3V: 50 mA
- Memoria Flash: 256 KB (8KB usados por el bootloader)
- SRAM: 8KB
- EEPROM: 4KB
- Clock Speed: 16 MHz

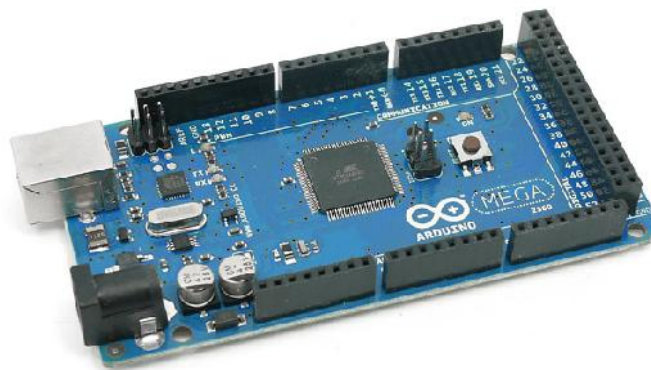


Figura 14: Arduino Mega 2560

27.3. SENSOR DE TEMPERATURA LM35.

El **LM35** es un circuito electrónico sensor que puede medir temperatura. Su salida es analógica, es decir, te proporciona un voltaje proporcional a la temperatura. El sensor tiene un rango desde -55°C a 150°C . Su popularidad se debe a la facilidad con la que se puede medir la temperatura. Incluso no es necesario de un microprocesador o microcontrolador para medir la temperatura. Dado que el sensor LM35 es analógico, basta con medir con un multímetro, el voltaje a salida del sensor.

Para convertir el voltaje a la temperatura, el LM35 proporciona 10mV por cada grado centígrado.

Características:

- **Resolución:** 10mV por cada grado centígrado.

- **Voltaje de alimentación.** Por ejemplo, este sensor se puede alimentar desde 4Vdc hasta 20Vdc.
- **Tipo de medición.** Salida analógica.
- **Numero de pines:** 3 pines, GND, VCC y VSalida.
- **No requiere calibración.**
- Tiene una precisión de $\pm 1/4^{\circ}\text{C}$.
- Esta calibrado para medir $^{\circ}\text{C}$.

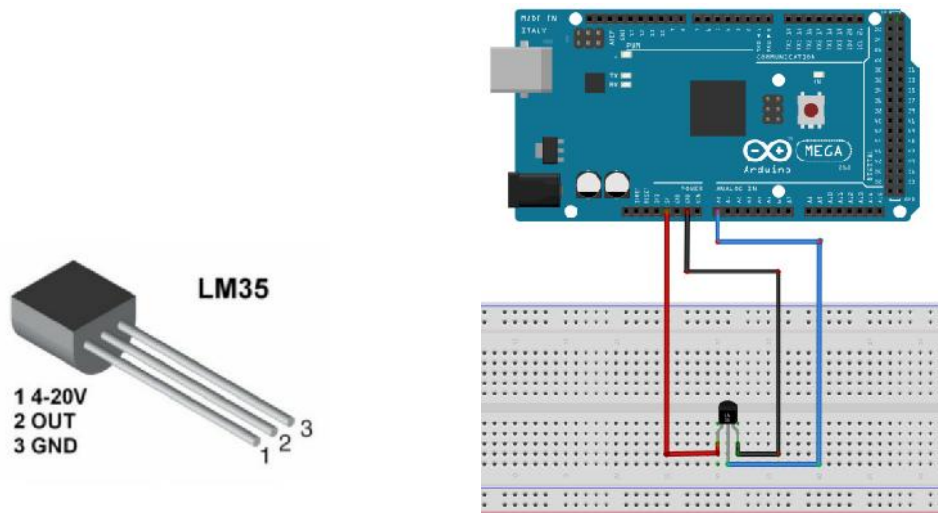


Figura 15: Conexión del LM35 al Arduino Mega

27.4. SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO FC 28.

Un higrómetro de suelo FC-28 es un sensor que mide la humedad del suelo. Son ampliamente empleados en sistemas automáticos de riego para detectar cuando es necesario activar el sistema de bombeo.

El FC-28 es un sensor que mide la humedad del suelo por la variación de su conductividad. No tiene la precisión suficiente para realizar una medición absoluta de la humedad del suelo, pero tampoco es necesario para controlar un sistema de riego.

El FC-28 se distribuye con una placa de medición estándar que permite obtener la medición **como valor analógico o como una salida digital**, activada cuando la humedad supera un cierto umbral.

Los valores obtenidos **van desde 0 sumergido en agua, a 1023 en el aire** (o en un suelo muy seco). Un suelo ligeramente húmedo daría valores típicos de 600-700. Un suelo seco tendrá valores de 800-1023.

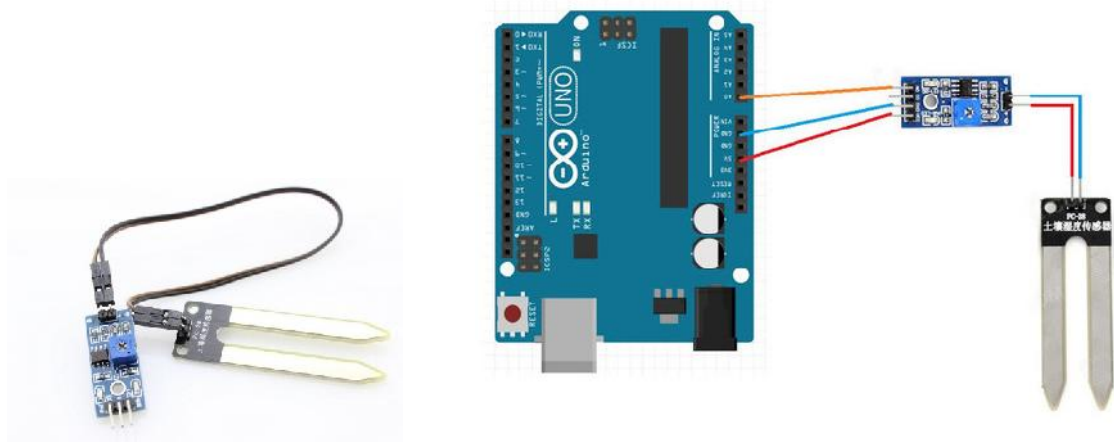


Figura 16: Conexión Sensor de Humedad al Arduino

27.5. MODULO RELÉ 5VDC DE 4 CANALES.

Tarjeta de relés opto acoplada, incluye 4 canales para ser controlados en forma remota. Ideal para controlar dispositivos en el hogar o en la industria. Cada canal es controlado por una entrada TTL, la cual puede ser fácilmente controlada por un microcontrolador o Arduino. Esta placa requiere de una alimentación de 5V.

Características:

- 4 canales independientes protegidos con optoacopladores
- 4 Relés (Relays) de 1 polo 2 tiros
- El voltaje de la bobina del relé es de 5 VDC
- Led indicador para cada canal (enciende cuando la bobina del relé esta activa)
- Activado mediante corriente: el circuito de control debe proveer una corriente de 15 a 20 mA
- Puede controlado directamente por circuito lógicos



Figura 17: Módulo Relé de 4 Canales 5VDC

27.6. VENTILACIÓN DEL SISTEMA.

El ventilador de 12vdc es muy utilizado para sistemas de refrigeración en cpus y otros artefactos.



Figura 18: Ventilador 12VDC

27.7. CALEFACCIÓN DEL SISTEMA FOCO INFRARROJO 250W.

La luz Infrarroja de onda larga alcanza zonas muy internas sin dañar los tejidos. El calor se reparte de forma homogénea, es bastante utilizado en medicina, pero es apto para un invernadero de pequeñas dimensiones como el de prototipo.



Figura 19: Foco Infrarrojo 250W

27.8. PROGRAMACIÓN ARDUINO.

Se realizo el siguiente codigo para el uso de sensores actuadores y Display.

```
#include <Wire.h>
#include <LiquidCrystal_I2C.h>
LiquidCrystal_I2C lcd(0x27,20,4);
const int lm35 = 1;
long mV;
long temperatura;
```

```

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.backlight();
  lcd.init();
  pinMode(9, OUTPUT);
}

void loop() {
  lcd.clear();
  int lectura = analogRead(A0);
  Serial.print("Valor analogico: ");
  Serial.println(lectura);
  mV = (analogRead(lm35) * 5000L) / 1023;
  temperatura = mV / 10;

  if (lectura >= 950){
    Serial.println("SENSOR DESCONECTADO");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("SENSOR DESCONECTADO");
    digitalWrite(9, LOW);
  }
  else if (lectura <980 && lectura >= 700){
    Serial.println("SUELO SECO");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("SUELO SECO");
    digitalWrite(9, HIGH);
  }
  else if (lectura < 700 && lectura >= 530){
    Serial.println("SUELO HUMEDO");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("SUELO HUMEDO");
  }
}

```



```

    digitalWrite(9, LOW);
}
else if (lectura < 530){
    Serial.println("SUELO MOJADO");
    lcd.setCursor(0,1);
    lcd.print("SUELO MOJADO");
    digitalWrite(9, LOW);
}
int lecturaPorcentaje = map(lectura, 1024, 430, 0, 100);
Serial.print("Humedad: ");
lcd.setCursor(0,0);
lcd.print("Humedad: ");
lcd.print(lecturaPorcentaje);
lcd.print("%");
Serial.print(lecturaPorcentaje);
Serial.println("%");
lcd.setCursor(0, 1); //Muestra la temperatura
lcd.write("Temperatura: ");
lcd.print(temperatura);
lcd.write(" C");

delay(1000);
}

```

27.9. SISTEMA SCADA DEL PROTOTIPO DE INVERNADERO EN LABVIEW.

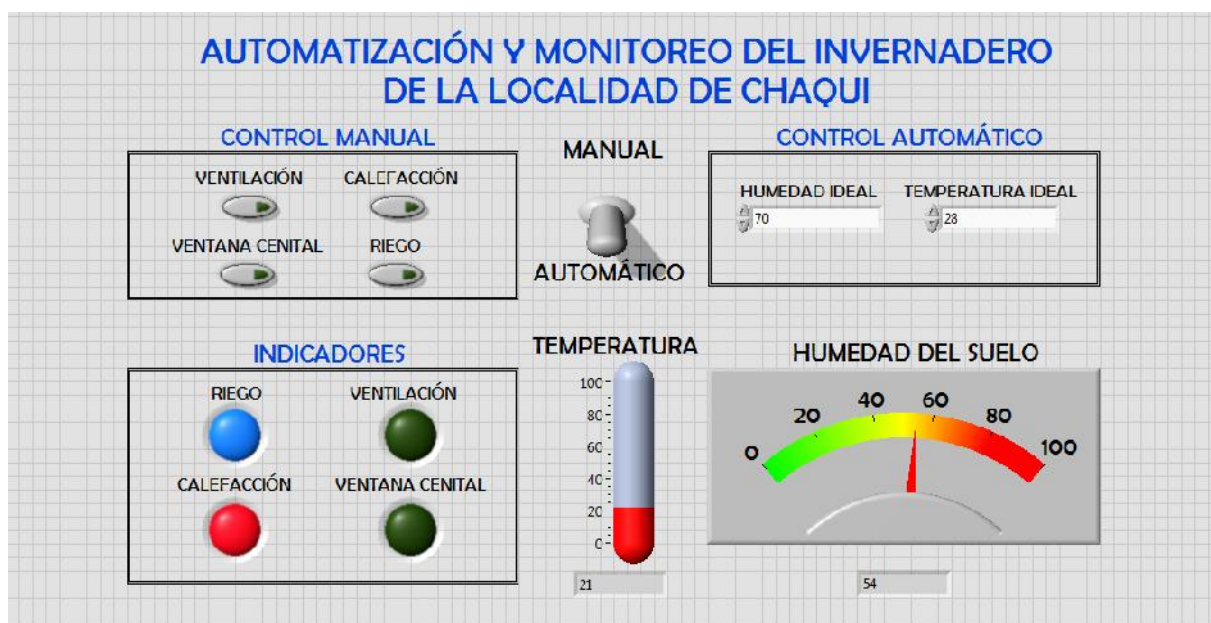


Figura 20: SISTEMA SCADA DEL PROTOTIPO

CAPITULO 2. INGENIERÍA DEL PROYECTO.

28. CÁLCULOS Y SELECCIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL INVERNADERO.

Dentro del sistema de calefacción y ventilación para el invernadero se encuentran principalmente los siguientes componentes:

28.1. SENSOR DE TEMPERATURA.

El sensor elegido para medir temperatura es el RTD analógico PT100, por las características que presenta y por ser un sensor tipo industrial ideal para el PLC MicroLogix 1100:

100 ohm a 0°C

Rango de medición -20 a 100°C

3 terminales

50mm. De longitud y 5mm en sonda

Encapsulado en acero inox.

Cable de 1.7m

Figura 21 : RTD PT100



28.2. SENSORES DE INICIO Y FINAL DE CARRERA.



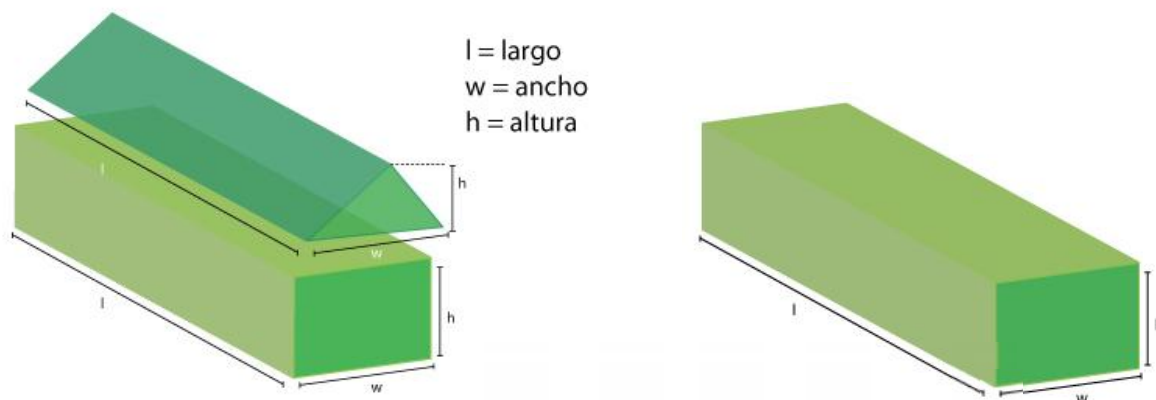
Figura 22 : Fin de Carrera

Para proteger a los mecanismos de actuación que corresponden a las ventanas laterales, se dispone de cuatro switches de límite dispuestos en el inicio y final de carrera de los mecanismos en ambas ventanas laterales.

Los interruptores de final de carrera resistentes a la corrosión Nema 802MC vienen precableados y sellados en la fábrica para proporcionar protección contra la corrosión en lugares mojados o secos.

28.3. CÁLCULO DE VOLUMEN DEL INVERNADERO.

$$V1 = l \times w \times h$$



Donde:

$$V1 = 25m \times 15m \times 2,5m = 937,5m^3$$

V = Volumen

$$V2 = \frac{l \times w \times h}{2}$$

l = largo = 25m

w = ancho = 15m

h = altura = 4m

1 m³ es equivalente a 35.31466621 pies cúbicos

$$V2 = \frac{25m \times 15m \times 2m}{2} = 375m^3$$

$$V_{Total} = V1 + V2 = 937,5m^3 + 375m^3 = 1312,5m^3$$

Considerando que se quiere un aumento de al menos 20°C, se hace la conversión a Fahrenheit:

$$\text{Grados Celsius a Farenheit} = (1,8^{\circ}\text{C}) + 32 = 1,8 \times 20 + 32 = 68^{\circ}\text{F}$$

Conversión a pies cúbicos:

$$1312,5\text{m}^3 \times \frac{35.31466621\text{pies}^3}{1\text{m}^3} = 46350,5\text{pies}^3$$

28.4. CÁLCULO DE BTU's.

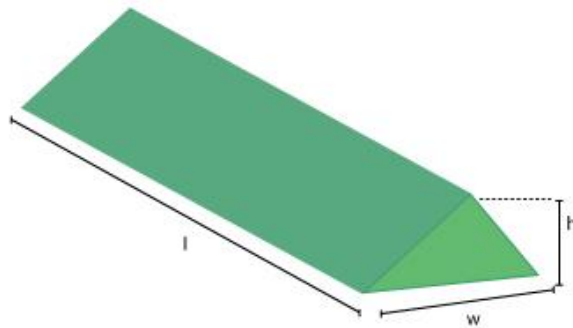
La unidad térmica británica; símbolo: **BTU** es una unidad de energía utilizada principalmente en equipos de aire acondicionado. Se usa en los Estados Unidos, aunque ocasionalmente también se puede encontrar en documentación o equipos antiguos de origen británico o en América Latina. En la mayor parte de los ámbitos de la técnica y la física ha sido sustituida por el julio que es la unidad correspondiente del Sistema Internacional de Unidades.

1 BTU es *aproximadamente* la cantidad de calor necesaria para provocar una elevación de temperatura de 1 °F en una muestra de agua con una masa de 1 lb.

$$\text{BTU's} = \text{Volumen en pies cubicos} \times 0,133 \times \text{Incremento de temperatura}$$

$$\text{BTU's} = 46350,5\text{pies}^3 \times 0,133 \times 68^{\circ}\text{F}$$

$$\text{BTU's} = 46350,5\text{pies}^3 \times 0,133 \times 68 = 419193,922$$



Con el dato exacto de BTU's el calefactor seleccionado es el **Calefactor de Diesel modelo BGO-210K de 210,000 BTU.**

28.5. CALEFACTOR A DIESEL MODELO BGO-210K 210000 BTU.

Si se requiere cumplir con 419193,922 BTU's:

$$\frac{419193,922}{210000} = 1,996$$

Para cumplir con 419193,922 BTU's se necesitará 2 unidades.



Figura 23: Calefactor a Diesel BGO - 210K

Características Calefactor de Diesel modelo BGO-210K.

- Es robusto pero con un diseño compacto y ligero.
- Combustión eficiente, sin color, sin humos, cámara de combustión de acero inoxidable.
- Apagado seguro en el gas /llama/ fallo del ventilador y sobrecalentamiento.
- Fácil mantenimiento.
- 100% de eficiencia de calor.
- Protección contra el sobrecalentamiento.
- Certificación CE, EMC, LVD, ROHS, ETL.

| Características | |
|---|------------------------------|
| Fuente de Alimentación | 110v/60 Hz - 240 v/50 Hz |
| Potencia de salida de calor: | 23 kw / 210000 btu |
| Potencia | 25KW |
| Combustible: | Diesel, Keroseno |
| Capacidad del Tanque de combustible: | 50 Litros |
| Consumo de combustible: | 6.1 L/h |
| Área de calefacción: | 500 m2 |
| Tipo de Encendido: | Encendido de chispa continua |

| | |
|-----------------------------|---------------------|
| Termostato: | Con |
| Tamaño del producto: | 1080 x 445 x 495 mm |

28.6. CÁLCULO DE AGUA.

Dado que el proyecto ofrece gran flexibilidad a la hora de seleccionar un cultivo este calculo no es definitivo pero si nos da una gran referencia a la cantidad necesaria de agua que se necesitara para las dimensiones del invernadero de Chaqui.

Para lo cual se necesita saber el consumo en litros por metro cuadrado al día utilizando la tabla de exigencia de agua para la frutilla, ver **tabla 4** en Anexos.

Con la finalidad de poder satisfacer las necesidades de riego para cualquier época del año se diseña el sistema de riego para el caso más desfavorable, cuando la necesidad sea la mayor. En este caso como refleja la tabla es para la segunda quincena del mes de mayo (4,54 l/m² día).

Para obtener la necesidad diaria para todo el invernadero se tiene en cuenta que el riego está dividido por parcelas y no se riegan todas a la vez, sino de una en una por medio de electroválvulas. A continuación, se tiene que hacer el cálculo de la superficie de cada parcela, dado que las dimensiones del invernadero de Chaqui son de 25m x 15m se considera hacer 10 parcelas donde cada una será de 20m x 1m dejando un espacio de 0,5m entre parcelas.

Para hallar el área se tiene:

$$l = \text{largo} \quad A = l \times m = 20m \times 2m = 40m^2$$

$$m = \text{ancho} \quad \text{Necesidad de la planta: } 4,54 \frac{l}{m^2} \text{ dia}$$

$$\text{Necesidad por parcela: } 40m^2 \times 4,54 \frac{l}{m^2} \text{ dia} = 181,6 \frac{l}{\text{dia}}$$

$$\text{Necesidad invernadero: } 10 \times 181,6 = 1816 \text{ l/día.}$$

Por tanto, se requiere 1816 litros de agua disponible para el peor de los casos si en caso se llega a cultivar frutilla, para poder suministrar esta cantidad de litros se ve necesario tener un tanque de al menos 2500 Litros para poder abastecer cualquier otro cultivo.

Además, para poder llevar el riego a una distancia aproximada de 50m se ve necesario utilizar la **Bomba Metabo 3300** ya que el bombeo no se realizará hacia arriba.

28.7. SISTEMA DE BOMBEO, BOMBA METABO 3300. Bomba de 220VAC apto para el abastecimiento de agua del invernadero.

Potencia nominal absorbida: **900 W**

Caudal máximo: **3300 l/h / 872 gal/h**

Máx. altura de empuje: **45 m / 148 ft**

Máx. altura de aspiración: **8 m / 26 ft**

Capacidad aprox. de la caldera: **24 l / 6.3 gal**

28.8. CÁLCULO DE CAUDAL DE AIRE.

Para el cálculo del caudal necesario es necesario conocer el número de renovaciones hora que se necesitan en un invernadero y el volumen total a renovar. Para las renovaciones de un invernadero no hay ninguna norma que lo contemple, por tanto, siguiendo indicaciones de las grandes empresas de ventilación se toma el siguiente valor:

Volumen invernadero: 1312,5 m³

Renovaciones por hora: 20 ren/hora

El número de renovaciones por hora es menor del habitual puesto que se dispone de unas ventanas cenitales motorizadas con sensores que permiten la ventilación cenital, ayudando a disminuir en unas 10-15 renovaciones hora.

Por tanto, la necesidad de aire a ventilar se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Caudal = Volumen \times N^{\circ} Renovaciones$$

$$Caudal = 1312,5m^3 \times 20 = 26250m^3/h$$

Se obtiene una necesidad de 26250 m³/hora renovación para una correcta ventilación del invernadero, es complicado poder renovar el aire necesario y poder producir ese caudal sin alterar la temperatura del interior del invernadero, pero se tiene una guía para poder seleccionar el ventilador a utilizar, por lo cual se ve adecuado utilizar el **sistema de ventilación VAP 24** que es un Extractor - Inyector tipo axial.

28.9. SISTEMA DE VENTILACIÓN VENTILADOR VAP 24.

Ventilador para Invernadero tipo Extractor - Inyector Axial de 30" de 1/2 HP.

Esta gama de ventiladores tipo helicoidal ha sido especialmente diseñada para aplicaciones generales de presurización y extracción de aire en plantas industriales, bodegas y almacenes

donde es necesario manejar un gran caudal de aire a baja velocidad con un mínimo nivel sonoro.



Figura 24: VENTILADOR VAP24

| Especificaciones Técnicas | | | | | | | | | | | |
|---------------------------|-----------------------|--------|-------------------|------|------|------|----------|------------|--------------|-----------------|-----|
| Modelo | Caudal Descarga Libre | | Amperaje (A) 60Hz | | | | Potencia | RPM | Nivel Sonoro | Peso Aproximado | |
| | CFM | M3/HR | 220V | 440V | 220V | 127V | (HP) | Ventilador | db(A)** | Ld. | Kg. |
| VAP-24/L | 4.592 | 24.853 | 2.1 | 1.1 | 4.0 | 8.5 | 1/2 | 725 | 65 | 68 | 31 |

28.10. CÁLCULOS ELÉCTRICOS.

A continuación, se hacen los cálculos necesarios para poder obtener la total de la potencia y corriente requerida para todo el invernadero.

28.10.1. Cálculo de la Línea: Bomba.

Tensión de servicio: 220 VAC.

Longitud: 50 m.

Potencia a instalar: 900 W.

Potencia de cálculo: (Según ITC-BT-47):

$$900 \times 1.25 = 1125 \text{ W.}$$

$$I = 1125 \text{ W} / 220 \text{ V} = 5,11 \text{ A.}$$

28.10.2. Cálculo de la Línea: Calefactor

Tensión de servicio: 220 VAC.

Longitud: 50 m.

Potencia: 25000 W.

$$I = 25000 \text{ W} / 220 \text{ V} = 113,63 \text{ A.}$$

28.10.3. Cálculo de la Línea: Iluminación

Tensión de servicio: 220 VAC.

Longitud: 60 m.

Considerado 12 Focos Led de 60W

Potencia: $12 \times 60W = 720W$

$I = 720W / 220V = 3,27 \text{ A.}$

28.10.4. Cálculo de la Línea: Ventilación

Tensión de servicio: 220 VAC.

Longitud: 50 m.

Potencia: 370 W.

$I = 370W / 220V = 1,7 \text{ A.}$

28.10.5. Potencia y Corriente total para el invernadero

Potencia Total (W). = P. Bomba+ P. Calefactor+ P. Iluminación + P. Ventilador+ P. PLC y sensores

Potencia Total (W). = $1125W + 25000W + 720W + 370W + 500W = 27715W.$

Corriente Total (W). = I. Bomba+ I. Calefactor+ I. Iluminación + I. Ventilador+ I. PLC y sensores

Corriente Total (W). = $5,11A + 113,63A + 3,27A + 1,7A + 2,27A = 125,98A.$

Ver **tabla 5** de Potencia y Corriente en Anexos.

29. COSTOS Y MATERIALES PARA EL PROTOTIPO.

Tabla 3: Materiales y Costos para el Prototipo del Invernadero

| MATERIAL O COMPONENTE | UNIDAD | CANTIDAD | COSTO UNITARIO | COSTO TOTAL Bs |
|---------------------------------|--------|----------|----------------|----------------|
| FIERRO DE ESTRUCTURA | BARRA | 1 | 40 | 40 |
| POLICARBONATO | HOJA | 1 | 800 | 800 |
| VENTILADOR 12VDC | PIEZA | 1 | 30 | 30 |
| FOCO INFRARROJO CALEFACTOR | PIEZA | 1 | 150 | 150 |
| BOMBA SUMERGIBLE 220VAC | PIEZA | 1 | 150 | 150 |
| SENSOR DE HUMEDAD DE SUELO FC28 | PIEZA | 2 | 30 | 60 |
| SENSOR DE TEMPERATURA DHT22 | PIEZA | 1 | 60 | 60 |
| CONTROLADOR ARDUINO MEGA 2560 | PIEZA | 1 | 180 | 180 |
| MODULO RELE 4 CANALES 5VDC | PIEZA | 1 | 40 | 40 |
| SET DE RIEGO POR GOTEO | PIEZA | 1 | 80 | 80 |
| DISPLAY LCD 20X4 | PIEZA | 1 | 60 | 60 |
| PERNOS | DOCENA | 4 | 5 | 20 |
| TOTAL | | | | 1670 |

30. VENTAJAS Y DESVENTAJAS DEL PROYECTO.

30.1. VENTAJAS:

- Cultivos fuera de temporada y en períodos más cortos de tiempo.
- Nos permite establecer las condiciones climáticas más adecuadas para cada cultivo.
- Mayores producciones y de mejor calidad.
- Mayor control sobre las plagas.
- Mayor protección y/o control frente a condiciones climatológicas extremas.
- Permite una mayor seguridad y comodidad en la realización de tareas propias del cultivo.
- Obtención de productos en regiones con condiciones restrictivas.
- Fácil interacción y supervisión con el sistema para cualquier persona.
- Monitoreo y registro completo de las variables.

30.2.DESVENTAJAS:

- Inversión inicial relativamente elevada.
- Costos más elevados de producción.

31. CONCLUSIONES.

- Los cálculos obtenidos nos permiten seleccionar de manera ideal los sensores y/o actuadores requeridos.
- El prototipo funciona de manera ideal accionando los actuadores mediante la lectura de los sensores, aun cuando no fue posible implementar el sistema PID.
- Se obtiene una lectura precisa tanto en el Display como en el sistema Scada realizado en Labview.
- Se pretende tener un impacto económico al transferir la tecnología del diseño y desarrollo de invernaderos para mejorar las prácticas agrícolas.
- Al tener condiciones ambientales controladas en el cultivo bajo invernadero, se garantiza la producción aun con condiciones climáticas adversas como heladas, granizadas, sequías y hasta plagas derivadas de estas condiciones.
- La parte ambiental se ve favorecida, al contar con un riego controlado, se mejorará el aprovechamiento del agua, pues solo se usará la mínima necesaria, de manera que los mantos freáticos no se afectarían.
- El sistema de riego automatizado puede ser replicado con componentes accesibles en mercado local e implementado por agricultores.
- En razón que el sistema de riego del invernadero es autónomo, el agricultor puede dedicarse a más labores productivas.

32. RECOMENDACIONES.

- Para el desarrollo de la programación es necesario realizar una calibración de los sensores previamente.
- En la implementación de invernaderos automatizados se debe tomar en cuenta el entorno para un diseño correcto.
- Procurar que cuente con elementos como el drenaje adecuado para evitar posibles captaciones de agua y permitir que corra con facilidad, materiales de la estructura acordes a su uso, ya que ello puede tener repercusiones en el desarrollo del proyecto.
- El software de Scada por sí solo no puede ser utilizado y necesita de un hardware que se desarrolla previamente.
- En caso de presentarse averías del sistema, se deben de tomar en cuenta los planos electrónicos siguiendo detalladamente las conexiones respectivas y poder corregir los inconvenientes que se presenten.
- El sistema en sí, no representa gran dificultad, pero si la responsabilidad al momento de ser utilizado.
- Se recomienda que el operario del sistema, haya previamente estudiado y analizado el comportamiento del software, para así poder obtener el mejor rendimiento del sistema.

33. BIBLIOGRAFÍA.

Riego por Goteo – Karen Palomino Velasquez

Aranda, Daniel Francisco Campos. Agro climatología

Automatización de un invernadero – Iván Moreno Méndez

A Low Cost Architecture for Remote Control and Monitoring of Greenhouse Fields. Daniel Moga, Dorin Petreus, Nicoleta Stroia. Cluj-Napoca, Romania : Technical University of Cluj-Napoca, 2011

INTA Tecnología adaptada a tu cultivo. <http://www.inta.com.es/index.php/es/>.

Lee, Wei-Meng. Android 4 Desarrollo de aplicaciones. Primera. s.l. : ANAYA, 2012.

International Data Corporation (IDC). <http://www.idc.com/>.

Remote Control and Automation of Agriculture Devices Using Android Technology. Mrs. V.R. Waghmare, Ajit Bande, Komal Bhalerao, Tushar Deshmukh and Mukund Jadhav. MMIT, Pune, India: s.n., 2013.

A Gadget-Based Information Management System for Environmental Measurement and Control in Greenhouses . Takehiko Hoshi, Ryosuke Ohata, Katsuyoshi Watanabe and Ryuji Osuka. Tokyo, Japan: Waseda University, 2011

Agropinos. Agropinos. Obtenido de Agropinos: www.agropino.com/ventajas-cintas-para-riego

Blog Neothek. Blog Neothek. Obtenido de Blog Neothek: <https://blog.neothek.com>

abc ELECTRONICS. abc ELECTRONICS. Obtenido de abc ELECTRONICS: www.abcinnova.com/articulos-e-informacion/18-ique-es-un-plc-y-que-beneficios-tiene.html

AF. Obtenido de AF: www.asifunciona.com/electrotecnia/ke_conductor_1.html

34. ANEXOS.

34.1. TABLAS.

Tabla 4: Consumos medios (l/m² día) del cultivo de frutilla

| Meses | Julio | | Agosto | | Septiembre | | Octubre | | Noviembre | | Diciembre | |
|-----------|-------|------|---------|------|------------|------|---------|------|-----------|------|-----------|------|
| Quincenas | 1ª | 2ª | 1ª | 2ª | 1ª | 2ª | 1ª | 2ª | 1ª | 2ª | 1ª | 2ª |
| A | | 1,8 | 2,18 | 2,46 | 3,21 | 3,04 | 3,16 | 3,11 | 2,2 | 1,88 | 1,78 | 1,41 |
| B | | | 1,63 | 1,98 | 2,3 | 2,66 | 2,81 | 2,54 | 2,2 | 1,88 | 1,78 | 1,41 |
| C | | | | 1,48 | 1,84 | 1,9 | 2,46 | 2,26 | 1,8 | 1,88 | 1,78 | 1,41 |
| D | | | | | 1,38 | 1,53 | 1,76 | 1,98 | 1,6 | 1,53 | 1,78 | 1,41 |
| Meses | Enero | | Febrero | | Marzo | | Abril | | Mayo | | | |
| Quincenas | 1ª | 2ª | 1ª | 2ª | 1ª | 2ª | 1ª | 2ª | 1ª | 2ª | | |
| A | 1,33 | 1,31 | 1,19 | 1,31 | 1,7 | 1,93 | 2,79 | 3,39 | 4,15 | 4,54 | | |
| B | 1,33 | 1,31 | 1,19 | 1,31 | 1,7 | 1,93 | 2,79 | 3,39 | 4,15 | 4,54 | | |
| C | 1,33 | 1,31 | 1,19 | 1,31 | 1,7 | 1,93 | 2,79 | 3,39 | 4,15 | 4,54 | | |
| D | 1,33 | 1,31 | 1,36 | 1,31 | 1,7 | 1,93 | 2,79 | 3,39 | 4,15 | 4,54 | | |

Tabla 5: Potencia y Corriente total para el invernadero

| Denominación | Distancia aprox.(m) | P. Cálculo(W) | I. Cálculo (A) |
|----------------|---------------------|---------------|----------------|
| Bomba | 50 | 1125 | 5,11 |
| Calefactor | 50 | 25000 | 113,63 |
| Iluminación | 60 | 720 | 3,27 |
| Ventilador | 50 | 370 | 1,7 |
| PLC y sensores | 10 | 500 | 2,27 |
| TOTAL | | 27715 | 125,98 |

34.2. GRÁFICOS.

34.2.1. INSTALACIONES DEL INVERNADERO DE CHAQUI.



Figura 25 : Vivero en Chaqui



Figura 26 : Invernadero Chaqui



Figura 27 : Interior Invernadero Chaqui

34.2.2. ARMADO DEL PROTOTIPO.

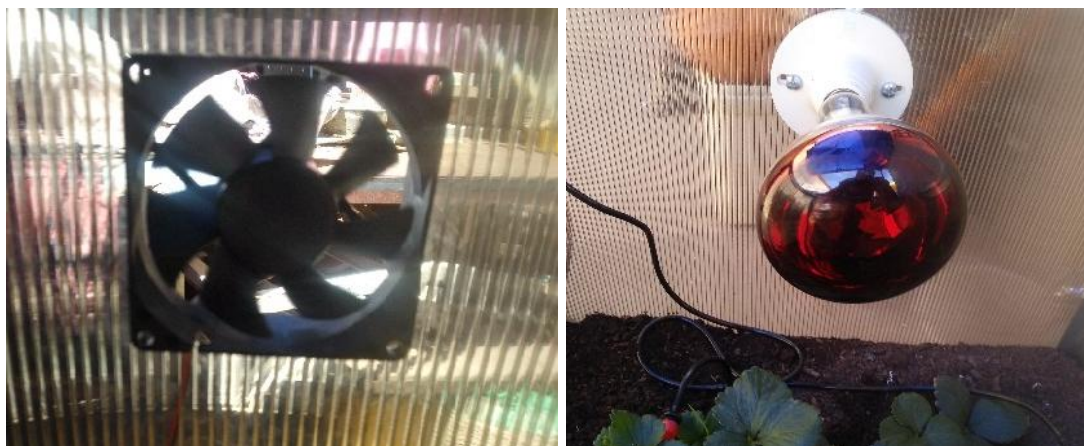


Figura 28: Instalación de la Ventilación y Calefacción.



Figura 29: Instalación del Sistema de Riego

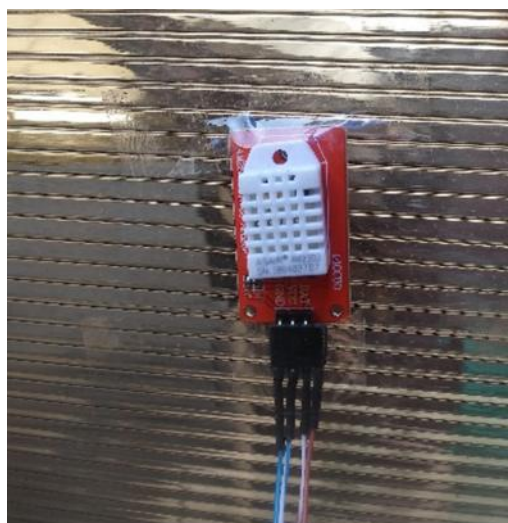


Figura 30: Instalación de sensor de Humedad y Temperatura respectivamente.



Figura 31: Interior Prototipo de Invernadero y Sistema de Riego Automático.

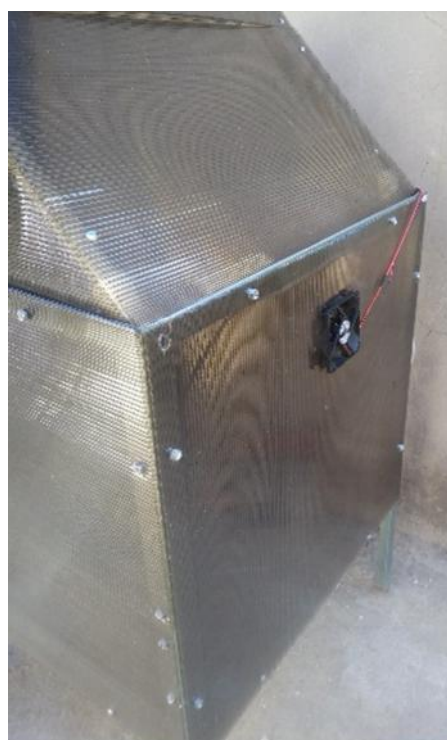


Figura 32: Exterior Prototipo de Invernadero.

34.2.3. FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO.



Figura 33: Lectura en Display LCD 20 x 4

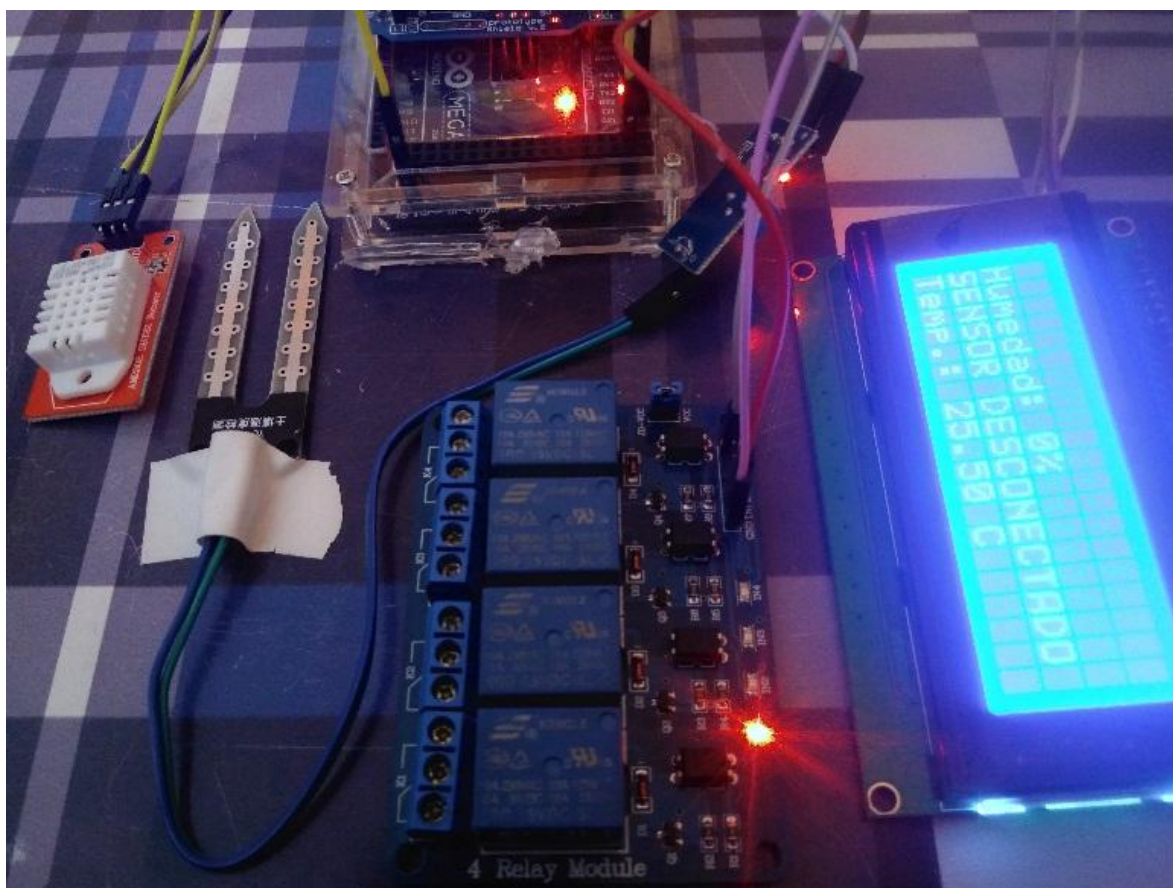


Figura 34: Circuito del prototipo