



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

DIRECCIÓN DE POSGRADO

MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD

MODALIDAD: PROPUESTA TECNOLÓGICA

Título:

**Automatización y Control de un invernadero experimental
para mejorar su eficiencia energética.**

Protocolo previo a la obtención del título de Magister en Electricidad mención
Sistemas Eléctricos de Potencia

Autor
Suárez Vinuesa Rommel Eusebio

Tutor
PhD. Secundino Marrero.

LATACUNGA – ECUADOR

2021

AVAL DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Trabajo de Titulación “Automatización y Control de un invernadero experimental para mejorar su eficiencia energética” presentado por Suárez Vinueza Rommel Eusebio, para optar por el título magíster en Electricidad mención sistemas eléctricos de potencia

CERTIFICO

Que dicho trabajo de investigación ha sido revisado en todas sus partes y se considera que reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación para la valoración por parte del Tribunal de Lectores que se designe y su exposición y defensa pública.

Latacunga, julio, 26, 2021

.....
Titulo. Secundino Marrero Ramírez
CC. 175107907

AVAL DEL TRIBUNAL

El trabajo de Titulación: Automatización y Control de un invernadero experimental para mejorar su eficiencia energética, ha sido revisado, aprobado y autorizado su impresión y empastado, previo a la obtención del título de Magíster en Magister en Electricidad mención Sistemas Eléctricos de Potencia; el presente trabajo reúne los requisitos de fondo y forma para que el estudiante pueda presentarse a la exposición y defensa.

Latacunga, julio, 26, 2021

.....
Marco Aníbal León Segovia
0502305402
Presidente del tribunal

.....
Jimmy Xavier Toaza Iza
1717621062
Lector 2

.....
Carlos Iván Quinatoa Caiza
0503287864
Lector 3

DEDICATORIA

La realización de este proyecto está dedicada a mis padres, pilares fundamentales en mi formación tanto académica como espiritual, puesto que sin su apoyo incondicional no hubiese podido conseguir las metas que me he propuesto y claro llegar a culminar con éxito este nuevo sueño.

Suárez Vinueza Rommel Eusebio

AGRADECIMIENTO

A las autoridades y docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi por haber generado las guías y el camino de la perseverancia y conocimiento, a mi Tutor que con paciencia y sabiduría supo brindarme apoyo, a toda mi familia por siempre brindarme la fuerza y respaldo incondicional para alcanzar las metas y objetivos que se han dado en cada etapa de mi vida.

Suárez Vinueza Rommel Eusebio

RESPONSABILIDAD DE AUTORÍA

Quien suscribe, declara que asume la autoría de los contenidos y los resultados obtenidos en el presente trabajo de titulación.

Latacunga, julio, 26, 2021

.....
Rommel Eusebio Suárez Vinueza
1804165353

RENUNCIA DE DERECHOS

Quien suscribe, cede los derechos de autoría intelectual total y/o parcial del presente trabajo de titulación a la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Latacunga, julio, 26, 2021

.....
Rommel Eusebio Suárez Vinueza
1804165353

AVAL DEL PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Quien suscribe, declara que el presente Trabajo de Titulación: Automatización y Control de un invernadero experimental para mejorar su eficiencia energética contiene las correcciones a las observaciones realizadas por los lectores en sesión científica del tribunal.

Latacunga, julio, 26, 2021

.....
Marco Aníbal León Segovia
0502305402

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

Título: Automatización y Control de un invernadero experimental para mejorar su eficiencia energética.

Autor: Suárez Vinuesa Rommel Eusebio

Tutor: PhD. Secundino Marrero Ramírez

RESUMEN

En este proyecto de investigación se aplican varias técnicas estudiadas a lo largo de la vida estudiantil; las cuales son innovadoras y de gran ayuda para las personas que se dedican a la agricultura. Con la aplicación de las técnicas y equipos necesarios se desea implementar un sistema automatizado de riego bajo invernadero.

La cual se realizó con el objetivo de evitar un desperdicio del recurso hídrico como es el agua, y con ello ampliar la superficie de producción bajo riego, y con ello generar nuevas opciones de producción, para contribuir a la soberanía de la población ubicada en la zona centro del País a través del uso de la tecnología.

El enfoque del estudio será de gran ayuda para el cuidado de las plantas, evitando que los cultivos contraigan las diferentes plagas, enfermedades, insectos, maleza etc. Se utilizó técnicas de automatización para realizar un correcto monitoreo y control de las variables como: Temperatura, humedad tanto interna como externa respectivamente.

Para el control de la planta se utilizó lógica difusa, con entrada de funciones de temperatura entre 0°C a 30°C donde se especifica tres niveles: baja, estable y alta, la humedad considerada en el estudio esta desde el 0 % al 100 % precisando de igual manera tres niveles: seco, estable, excesivo.

En el proceso se utilizó la lógica difusa para la optimización de la planta donde se encuentra las sentencias lógicas generadas por el bloque lógico, se obtiene una confiabilidad del 88,41 % de confiabilidad determinando un sistema estable con la interacción de las variables antes mencionadas.

PALABRAS CLAVE: Automatización y control del riego bajo invernadero; datos; sistema; factibilidad económica.

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
DIRECCIÓN DE POSGRADO**

**MAESTRÍA EN ELECTRICIDAD
MENCIÓN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE POTENCIA**

Title: AUTOMATION AND CONTROL OF AN EXPERIMENTAL GREENHOUSE TO IMPROVE ITS ENERGY EFFICIENCY.

Author: Suárez Vinueza Rommel Eusebio

Tutor: PhD. Secundino Marrero Ramírez

ABSTRACT

In this thesis project several techniques studied throughout the student life are applied; which are innovative and of great help for people who are dedicated to agriculture. With the application of the necessary techniques and equipment, it is desired to implement an automated greenhouse irrigation system.

Which was carried out with the aim of avoiding a waste of the water resource such as water, and with it, expand the production area under irrigation, and with it generate new production options, to contribute to the sovereignty of the population located in the central area of the country through the use of technology.

Agriculture currently has market demands in terms of the quality of its products, so it must comply with the market demands in search of economic and environmental sustainability of agricultural production.

The focus of the study will be of great help for the care of plants, preventing crops from contracting different pests, diseases, insects, weeds, etc. Automation techniques were used to correctly monitor and control variables such as: Temperature, internal and external humidity respectively.

KEY WORDS:

Rommel Eusebio Suárez Vinueza con cédula de identidad número: 1804165353 Ingeniero Electrónico en Control y Redes industriales con número de registro de la SENESCYT: 1002-12-1181999; **CERTIFICO** haber revisado y aprobado la traducción al idioma inglés del resumen del trabajo de investigación con el título: Automatización y Control de un invernadero experimental para mejorar su eficiencia energética de: Rommel Eusebio Suárez Vinueza, aspirante a magister en Electricidad con mención en Sistemas Electrónicos de Potencia.

Latacunga, julio, 2021

.....
Rommel Eusebio Suárez Vinueza
1804165353

Índice de contenidos

RESUMEN	8
ABSTRACT	9
INTRODUCCIÓN	15
Antecedentes:	15
Planteamiento del problema:	16
Formulación del problema:	16
Objetivo General	17
Objetivos Específicos	17
Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos:	17
Justificación	18
CAPÍTULO I	20
FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLÓGICA	20
1.1. Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado del arte	20
1.2 Fundamentación Teórica	22
1.2.3 Tipos de invernaderos	24
1.4 Conclusiones Capítulo I	38
CAPÍTULO II	39
PROPUESTA	39
2.1 Título del proyecto.	39
2.2 Objetivo del proyecto	39
2.3 Justificación de la propuesta	39
2.4 Fundamentación de la propuesta	40
2.5 Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados	45
2.6 Arquitectura, diseños, planos detallados de la propuesta	46
2.7 Requerimientos de hardware y software	47

2.8 Costo de Implementación	48
2.9 Conclusiones Capítulo II	49
CAPÍTULO III.....	50
APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA	50
3.1Análisis de los resultados:	50
3.2 Indicadores económicos.....	79
3.5. Conclusiones del III capítulo.....	81
CONCLUSIONES GENERALES	82
RECOMENDACIONES.....	82
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	83

Índice de Tablas

Tabla 1 Sistemas de tareas	17
Tabla 2 Características de la temperatura	29
Tabla 3 Humedad relativa óptima de cultivos.....	30
Tabla 4 Valores de los equipos y elementos	48
Tabla 5 Tanque de almacenamiento.....	52
Tabla 6 Sensor de nivel	53
Tabla 7 Bomba PAOLO.....	54
Tabla 8. Electroválvula para riego	56
Tabla 9. Conductor AWG #15	59
Tabla 10 Contactor	60
Tabla 11 Guarda Motor	61
Tabla 12 Interruptor selector	62
Tabla 13. Tabla de Temperatura y Humedad.....	64
Tabla 14. Condiciones del bloque Fuzzy	74
Tabla 15. Costos del Invernadero Experimental	79

Índice de Figuras

Figura 1. Esquema general de un invernadero	24
Figura 2. Invernadero tipo simétrico.....	25
Figura 3. Invernadero tipo plano.....	25
Figura 4. Invernadero tipo raspa y amagado.....	26
Figura 5. Invernadero tipo asimétrico.....	27
Figura 6. Invernadero tipo túnel.....	28
Figura 7. Sistema de interferencia difusa.....	41
Figura 8. Pantalla Lógica difusa	42
Figura 9. Plano complejo	43
Figura 10. Matriz de Routh Hurwitz	44
Figura 11. Diagrama estación meteorológica	46
Figura 12. Diagrama de equipos	47
Figura 13. Tía portal.....	48
Figura 14. Invernadero experimental	50
Figura 15. Temperatura interna y externa.....	51
Figura 16. Humedad interna y externa.....	51
Figura 17. Estándar de tubería en función del Caudal.	56
Figura 18. Calibres de conductores.....	58
Figura 19. Cade Simu	59
Figura 20. Temperatura censada interna	63
Figura 21. Temperatura censada externa	63
Figura 22. Humedad censada interna.....	64
Figura 23. Humedad censada externa	64
Figura 24 Temperatura interna.....	66
Figura 25 Función de transferencia temperatura externa.....	67
Figura 26 Humedad interna función de transferencia.....	67
Figura 27 Humedad externa.....	68
Figura 28 Polos y ceros de una función de transferencia.....	68
Figura 29. Polos y ceros de la función de temperatura interna	69
Figura 30. Polos y ceros de la función de temperatura externa	69
Figura 31. Polos y ceros de la función de humedad interna	70
Figura 32. Polos y ceros de la función de humedad externa.....	70
Figura 33 PID Temperatura interna	71
Figura 34 PID Humedad interna	71
Figura 35 Diagrama de bloques	72
Figura 36. Entradas de las variables y relación del sistema.....	72
Figura 37 Parámetros de temperatura	73
Figura 38 Parámetros de humedad.....	74
Figura 39. Condiciones del bloque	74
Figura 40 Diagrama de flujo	75

Figura 41 Diagrama Lógica difusa.....	76
Figura 42 Salida del sistema	76
Figura 43 Salida escenario 1	77
Figura 44 Respuesta escenario 2.....	78
Figura 45 Respuesta escenario 3.....	78
Figura 46 Salida escenario 4	79

INTRODUCCIÓN

Antecedentes:

Para el trabajo de investigación se considera las siguientes líneas de investigación considerando los reglamentos de la Universidad Técnica de Cotopaxi y diferentes organismos de control tal como es la UNESCO.

- **Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental:** Control y optimización en el uso de la energía del sector Industrial, comercial y residencial.
- **Sub línea:** Control y optimización en el uso de la energía del sector residencial, comercial e industrial.
- **Temáticas:** Accionamiento eléctrico automatizado, control en instalaciones industriales, programación y comunicación en redes locales.

La automatización de un proceso manual se ha extendido en diferentes áreas por su efectividad al momento de aplicarlos, desde el hogar hasta grandes industrias, lo más sorprendente es que la incorporación de tecnologías en cultivos bajo invernadero ha facilitado el proceso de producción [1].

El sector agrícola en el Ecuador no ha sido explotado en todo su potencial, debido que su forma de cultivo sigue siendo todavía convencional, retrasando el proceso y crecimiento de este importante sector [2].

La provincia de Cotopaxi ha incorporado y se evidencia la construcción de invernaderos, los agricultores se dedican al cultivo de: Flores, tomate de riñón, entre otros. Al incorporar estas construcciones no se ha considerado el factor climático, tecnológico para el control y monitoreo del mismo.

Por esta razón es necesario contar con un invernadero experimental que permita ver las variaciones que de diferentes variables. En la actualidad una alternativa de solución a este inconveniente es desarrollar una simulación del sistema de control y monitoreo para mejorar los procesos de producción.

Por lo que se propone realizar la automatización realizando un análisis térmico, humedad con el uso de tecnologías y algoritmos que permitan el adecuado cuidado y desarrollo que se requiere en cada cultivo.

Planteamiento del problema:

Hoy en día la integración con la tecnología da una variedad infinita de posibilidades para facilitar las actividades, los sistemas han dado un giro increíble a las tareas diarias, la ciencia ha redefinido el modo y la forma en que una tarea puede ser complicada o no.

El agua de riego en la provincia de Cotopaxi, tiene problemas de calidad debido a la infraestructura de captación, forma de conducción hasta su uso en los cultivos, son factores que se debe superar para la tecnificación y automatización de los sistemas.

La poca agua, obsolescencia de la tecnología y la poca voluntad de cambio de los agricultores sumen en la pobreza relativa a este sector. Los sistemas de control de riego tecnificados elevan su eficiencia energética, ya que se tiene control en los aspectos claves como: humedad, temperatura y consumo de energía, según el tipo de producción agrícola.

El proyecto nació con el fin de ayudar a los agricultores ya que permitirá llegar a convertir un invernadero casero, en un invernadero dotado con tecnología, donde los usuarios puedan tener un control total del sistema a través de las diferentes plataformas de comunicación.

Formulación del problema:

Para el desarrollo de la investigación se realiza el siguiente cuestionamiento: ¿Se puede integrar una tecnología que sea capaz de activar automáticamente diferentes mecanismos de riego, para mejorar la productividad de un cultivo utilizando variables controladas como la temperatura y humedad?

Objetivo General:

- Desarrollar un sistema de monitoreo, registro y control óptimo para mejorar la eficiencia energética en un invernadero experimental de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

Objetivos Específicos:

- Investigar sobre el estado del arte en la eficiencia de los sistemas de riego y su relación con el consumo de la energía eléctrica.
- Realizar el levantamiento de los principales indicadores del consumo de energía, variables de humedad, temperatura y nivel para un invernadero experimental.
- Determinar un sistema automatizado que permita mejorar la eficiencia energética en el sistema de riego del invernadero experimental.
- Realizar el análisis de factibilidad económica y ambiental de un sistema automatizado de riego en un invernadero experimental.

Sistemas de tareas en relación a los objetivos específicos:

Se realiza un análisis en función de los objetivos específicos que se plantean para el desarrollo de la investigación como se observa en la tabla 1.

Tabla 1 Sistemas de tareas

Objetivos específicos	Actividad (tareas)	Resultado de la actividad	Descripción de la actividad (técnicas e instrumentos)
<ul style="list-style-type: none"> • Investigar sobre el estado del arte en la eficiencia de los sistemas de riego y su relación con el consumo de la energía eléctrica. 	<ul style="list-style-type: none"> • Revisión de documentos científicos que nos permitan hacer un análisis previo del problema a investigar. • Realización de citas y referencias bibliográficas para sustentar nuestro tema de investigación. 	Marco referencial y teórico.	Internet Base de datos
<ul style="list-style-type: none"> • Realizar el levantamiento de los principales indicadores del consumo de energía, variables de humedad, temperatura y nivel para un invernadero experimental. 	<ul style="list-style-type: none"> • Investigación de un equipo que permita registrar información referente al consumo de energía eléctrica. 	Base de datos. Análisis del comportamiento de las variables.	Sensores Medidas

<ul style="list-style-type: none"> Determinar un sistema automatizado que permita mejorar la eficiencia energética en el sistema de riego del invernadero experimental. 	<ul style="list-style-type: none"> Investigación de las características de los sistemas de riego que se utilizan en el sector. Realización de un sistema utilizando un software de control automático. Cálculo de los diferentes elementos de protección y control del sistema. Pruebas del funcionamiento del diagrama lógico. 	<p>Programa y diagrama de flujo. Caracterización de los elementos del invernadero experimental.</p>	<p>Software Programación de algoritmos y sentencias lógicas.</p>
<ul style="list-style-type: none"> Realizar el análisis económico del sistema automatizado de riego en un invernadero experimental. 	<ul style="list-style-type: none"> Determinación de costos de implementación. Determinación de los beneficios del uso y manejo de los recursos. 	<p>Análisis económico</p>	<p>Base de datos</p>

Fuente: Autor

Justificación:

La presente investigación tiene como alcance dar soluciones a los problemas de la eficiencia energética en los sistemas de riego, mediante el diseño de un invernadero experimental ubicado en la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache.

En dicho lugar se desarrolla diferentes actividades relacionadas con: La germinación de semillas cuyo proyecto está relacionado con Granos Andinos programa desarrollado en la institución. A su vez esta investigación esta enlazada con el proyecto generativo de la Carrera en Ingeniería Eléctrica cuyo objetivo es automatizar procesos.

Se ha evidenciado que todo el trabajo es totalmente manual, es decir no cuentan con un sistema de automatización y por esta razón se ha detectado una pérdida total en algunos casos de la semilla que allí se produce. Debido a la pandemia del Covid 19 por ejemplo se ha perdido en un 100 % la producción.

La automatización permite tener un control y monitoreo adecuado en un proceso, pero es necesario caracterizar las diferentes variables como: Humedad, temperatura, nivel de H₂O que permitan mejorar la gestión y facilitar los procesos de manera óptima y eficiente.

Los invernaderos se utilizan para cultivar diferentes productos, pero sin un control se desperdician muchos recursos. Mediante un monitoreo, no sólo aumenta la seguridad

del agricultor, también se incrementa la calidad y la producción, y con ello la rentabilidad.

Un invernadero experimental automatizado representa ahorro de dinero, ya que gracias a este sistema se utiliza el recurso exacto necesario para las plantas para esto será necesario realizar las diferentes mediciones, descripciones y observaciones del comportamiento de las variables antes mencionadas. También se hace necesario utilizar métodos y técnicas de control para determinar un sistema confiable y estable.

La investigación es importante porque sirve como base y aporte para los agricultores, y para esto se hace necesario realizar este estudio, hacer uso de la teoría de control para poder comprobar una hipótesis en función de los datos obtenidos y finalmente establecer conclusiones y recomendaciones que permitan tener una claridad en un manejo adecuado de recursos mediante un sistema de control.

Hipótesis

Si se diseña un sistema de riego automatizado eficiente a bajos costos, permitirá mejorar la productividad en el invernadero experimental de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el año 2021.

CAPÍTULO I.

FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA- METODOLÓGICA

1.1. Antecedentes de la investigación o fundamentación del estado del arte

Durante la década de los 70's se comienza a desarrollar un elemento fundamental en la rama de la electrónica y el control, convirtiéndose en un pilar básico para el control ambiental basado en manejar de forma adecuada aquellos sistemas instalados en los invernaderos como sistema de calefacción, sistema humidificador y sistema de ventilación [3].

En el año 2006 implementaron un sistema de supervisión, control y adquisición de datos a través de la telefonía móvil para invernaderos de rosas, en este tipo de sistemas usualmente existe un ordenador que realiza diferentes funciones como supervisar y gestionar alarmas, tales como el tratamiento de datos y la revisión de procesos para ello, se utilizan sensores o transductores que transforman las entradas de forma física en valores proporcionales a una salida eléctrica [4].

En el año 2010 en la provincia de Tungurahua realizaron la implementación de un sistema SCADA para integrar a varios dispositivos de automatización en el monitoreo y control de un prototipo de invernadero de rosas, sistema que para continuar impulsando este sector productivo en Ecuador es necesario seguir modernizando nuestras explotaciones de invernaderos [5].

En la ciudad de Loja en el año 2012 se realizó el desarrollo e implementación de un sistema SCADA para invernaderos, utilizando un sistema de control (PLC) y un sistema de comunicación basado en red GPRS. Básicamente en base a factores mínimos y máximos de temperatura y humedad configurados en un dispositivo (PLC) el riego de las plantaciones será automático, es decir los sensores serán encargados de medir la humedad de la tierra y temperatura [6].

En el año 2013 se realizó el diseño de un sistema de control automático de temperatura y humedad para los lechos de producción de humus de lombriz, este sistema es netamente de supervisión, control y adquisición de variables físicas como son la

temperatura y humedad en cada uno de los hechos de compostaje de humus de lombriz con el fin de tecnificar su producción [7].

En el año 2015 se realizó el diseño de implementación de un sistema de monitoreo y control distribuido a través de la nube de micro unidades de regulación de humedad y temperatura para invernaderos, se ha hecho uso de técnicas de control basadas en sistema de conjuntos difusos, infiriendo a partir de ellos reglas de control que regulan las condiciones climáticas al interior de un vivero [8].

Diferentes métodos y modelos de control son aplicados para controlar el comportamiento de las variables climáticas que afectan el entorno del invernadero. Se usan desde sistemas de control usando lógica clásica hasta sistemas de control inteligente, que usan lógica difusa [9].

Uno de los artículos indagados es el control de temperatura y humedad para cultivo de hongos comestibles, en donde utilizan sensores de temperatura y humedad, de manera inalámbrica en donde se comunica a un micro controlador para que esté por vía USB, se conecte con el computador y se visualicen los datos en pantalla a través de una interfaz de usuario, desde donde se monitorean las condiciones de temperatura y humedad ideales para el proceso reproductivo [10].

En la Revista Avances en Sistemas e Informática de la (UNAL), se encuentra el proyecto manejo e integración de bases de datos en redes de sensores inalámbricas, con ayuda de microcontroladores, sensores y radio incorporados, con capacidades limitadas. Lo cual permite el monitoreo de variables físicas y ambientales tales como temperatura, luz, humedad, etc. requeridas para una aplicación específica [11].

En la Universidad Distrital Francisco Jase De Caldas, realizaron el proyecto automatización en la industria de bolígrafos, el control lo realizan por medio de un PLC SIEMENS y una HMI interfaz humano máquina SIEMENS TP177, se adiciona el control de la temperatura utilizando un módulo de termocuplas en el PLC [12].

En la ciudad de Guayaquil se realizó el diseño e implementación de un sistema de monitoreo y control distribuido a través de la nube, de micro unidades de regulación de humedad y temperatura para invernaderos, que comprende la implementación de un sistema de control de parámetros de humedad y temperatura en un microclima al

interior de un modelo a escala de un invernadero, para ello se utiliza técnicas de control basadas en sistemas de conjuntos difusos, infiriendo a partir de ellos reglas de control que regularán las condiciones climáticas al interior del vivero [13].

En la ciudad de Latacunga se realizó control y supervisión de variables en un sistema de antiheladas, regadío y ventilación para optimizar los cultivos bajo invernadero. En un inicio, cuando los sistemas automatizados para industrias fueron creciendo y se hicieron cada vez más complejos se fue teniendo una mayor necesidad de poder visualizar lo que sucedía en este. Con lo que se desarrollaron software capaz de comunicarse con los sistemas de control existentes, se da el nombre de SCADA a cualquier software da el acceso a datos remotos de un proceso y facilite el control del mismo [14].

1.2 Fundamentación Teórica.

1.2.1 Invernadero

Un hecho muy significativo en la historia mundial de la agricultura fue la necesidad de proteger los cultivos de condiciones climáticas adversas, así como también de aumentar la producción durante todo el año y la aplicación de una producción integrada de abordaje de gestión de la protección para un mejor control de plagas y enfermedades ubicada en [15].

Un invernadero es una construcción agrícola que se diseña y se construye buscando generar un microclima óptimo para el desarrollo y crecimiento de los cultivos. La optimización del microclima dentro de estas estructuras agrícolas busca propósitos como aumentar el rendimiento de los cultivos, mejorar la calidad del producto final, lograr la producción sistemática y fuera de estación de cultivos hortícolas en zonas donde la condición climática local en algunos periodos del año impide el establecimiento de estos a campo abierto, ubicada en [16].

Un invernadero inteligente puede mantener constantes la temperatura, humedad y otros factores ambientales para favorecer el cultivo por tanto su finalidad es proporcionar unas condiciones ambientales que se aproximen a las óptimas para un cultivo en las

distintas fases de su desarrollo vegetativo e incluso la obtención de producción en estaciones diferentes a las normales [17].

Las ventajas del uso de invernaderos son, ubicada en [18]:

- Crear un clima artificial, elevando la temperatura respecto a la del exterior.
- Protegen a las plantas del frío o calor, acelerando la producción.
- Rápido crecimiento y aumento de la calidad del cultivo.
- Menor consumo de recursos hidrológicos y fertilizantes.
- Protección de las condiciones meteorológicas extremas.
- Control del clima interno.
- Mejor uso del suelo.
- Producción fuera de época.
- Mejor control de insectos y enfermedades.
- Posibilidad de tener más de un ciclo de cultivo al año.

Los materiales de cubierta para invernadero son elementos plásticos que cubren el cultivo de las inclemencias climáticas externas, el material con que estén recubiertos los invernaderos afecta directamente a la cantidad de temperatura [18].

En la figura 1 se puede observar como el clima hace variar las condiciones internas en un invernadero. Las perturbaciones registradas en este sentido pueden ser: Temperatura exterior, velocidad del viento, humedad del exterior, lluvia, radiación y por estas razones de debe considerar el uso de diferentes actuadores para poder controlar las condiciones necesarias en un cultivo.

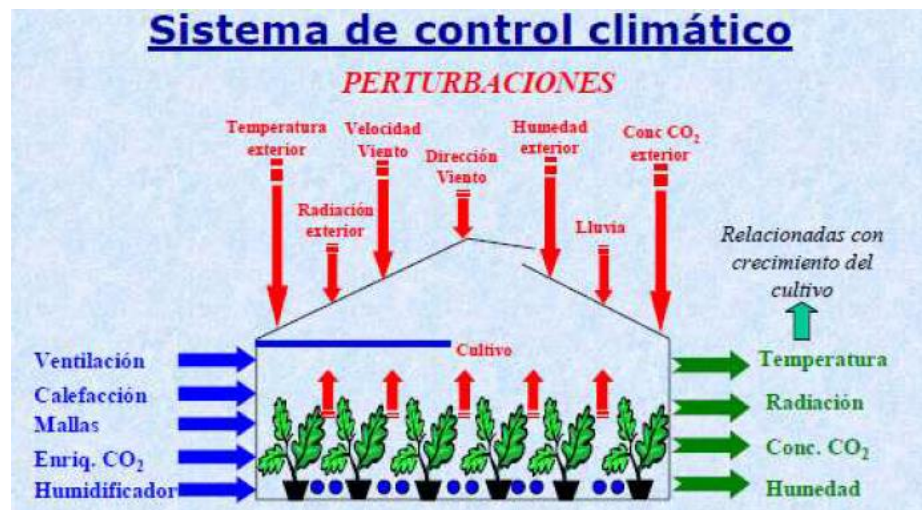


Figura 1. Esquema general de un invernadero

Fuente: [19]

1.2.2 Invernadero Inteligente

Un invernadero inteligente es aquel que tiene la capacidad de controlar las variables que afectan al cultivo de las plantas mediante la utilización de sensores, actuadores y software, esto sin la intervención del hombre y logrando una producción eficiente y de calidad, se encuentra en [20] [21].

1.2.3 Tipos de invernaderos

Para la producción de cultivos intensivos bajo cubierta, existen varios tipos de invernaderos, los más comunes son de tipo: túnel, capilla, cercha, diente de sierra, asimétrico o tropical, el invernadero ubicado en la Universidad Técnica de Cotopaxi del Campus Salache, es de tipo asimétrico motivo por el cual se detalla las características a profundidad [22].

1.2.3.1 Invernadero tipo simétrico

Estos invernaderos siempre orientados en la exposición este - oeste, en la cubierta del techo, presenta una mayor superficie de exposición solar y menos pendiente en la cara sur que en la norte, respecto a las alturas de estos invernaderos, oscilan entre 2.5 a 3 metros para las paredes laterales y 3.5 a 5 metros para la cumbre [23].

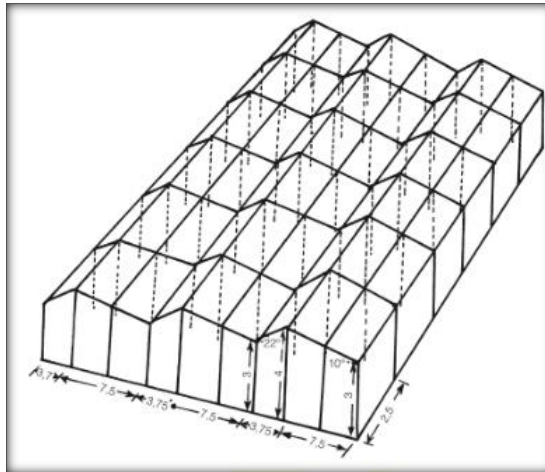


Figura 2. Invernadero tipo simétrico

Fuente: [23]

1.2.3.2 Tipo plano o parral

Se encuentra construida por dos partes diferenciadas, una estructura vertical y otra horizontal. La estructura vertical está construida por soportes rígidos, la estructura horizontal está construida por mallas de alambre galvanizado superpuesta que sirve para portar y sujetar la lámina de plástico. Se utiliza en zonas poco lluviosas.

Son conocidos por su mala ventilación y por la difícil instalación de ventanas cenitales, se encuentra en [24].



Figura 3. Invernadero tipo plano

Fuente: [25]

Características

Las características de este tipo de invernadero son las siguientes, se encuentra en [26] [27] [28]:

- Adaptación a los terrenos.
- Resistencia al viento.
- Aprovechamiento de agua.
- Gran volumen de aire encerrado (buen comportamiento según la inercia térmica).
- Despreciable incidencia de los elementos de techumbre en la intercepción de la luz.

1.2.3.3 Invernadero tipo raspa y amagado

La cubierta (raspa) tiene una altura de 3 y 4.2 m de altura. Entre dos raspas se encuentra el amagado (2 y 2.8 m alto) con forma de canalones, permitiendo el descargue de las aguas pluviales [29].

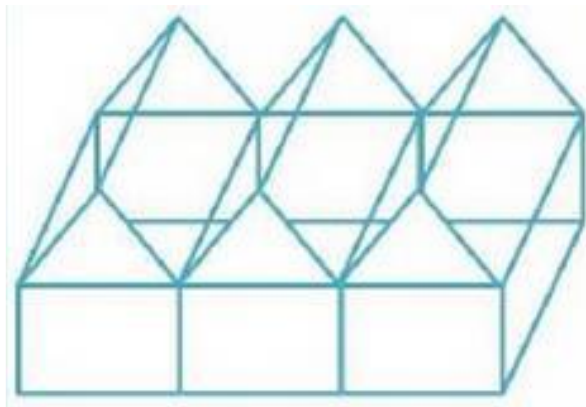


Figura 4. Invernadero tipo raspa y amagado

Fuente: [27]

Características

Las características de utilizar este tipo de invernadero son, se encuentra en [27] [29]:

- Económico.
- Buen volumen.
- Inercia térmica.

- Poca humedad.
- Ventilación.
- Buena estanqueidad a la lluvia y aire.
- Mayor superficie libre de obstáculos.

1.2.3.4 Invernadero tipo asimétrico

Este invernadero aumenta la superficie en la cara expuesta al sur, con el objeto de aumentar su capacidad de captación de la radiación solar [27].



Figura 5. Invernadero tipo asimétrico

Fuente: [30]

Características

Las características de utilizar este invernadero son, se encuentra en [30]:

- Aprovecha la luz en la época invernal.
- Eleva inercia térmica debido a su gran volumen unitario.
- Buena ventilación debido a su adecuada altura.
- Resistencia a vientos fuertes.
- Montaje rápido y sin soldaduras.

1.2.3.5 Tipo túnel

Se caracteriza por la forma de su cubierta y por su estructura totalmente metálica. El empleo de este tipo de invernadero es extendido por su mayor capacidad para el control

de los factores climáticos, su gran resistencia a fuertes vientos y su rapidez de instalación al ser estructuras prefabricadas [18].



Figura 6. Invernadero tipo túnel

Fuente: [31]

Características

Las características de utilizar este tipo de invernadero son [32]:

- Alta resistencia a los vientos y fácil instalación (recomendable para productores que se inician en el cultivo protegido).
- Alta transmitancia de la luz solar.
- Apto para tanto materiales de cubierta flexibles como rígidos.

1.2.4 Factores para el desarrollo de los cultivos

Existen muchas variables para el desarrollo de la planta las cuales le permiten un buen desarrollo como, por ejemplo: la temperatura, humedad, el riego y la iluminación [33]. Se hace necesario caracterizar las siguientes variables para el caso de investigación.

1.2.4.1 Temperatura

Cada cultivo cuenta con un rango de temperatura para su desarrollo y crecimiento, la mayoría de cultivos requieren temperaturas consideradas frescas. La aportación de calor, así como la correcta circulación en el invernadero ayudan en el aumento de producción de las plantas, logrando cosechas de calidad y el incremento de las mismas [34].

La temperatura en el interior del invernadero y de las propias plantas, incide de manera directa sobre el proceso de fotosíntesis, de modo que el equilibrio respiración – transpiración se ve afectada. Es por ello que las elevadas temperaturas, provocan pérdidas de producción y calidad [35].

La temperatura máxima y mínima que soportan la mayoría de los vegetales están comprendidas entre 0 ° C y 70 °C. Fuera de este límite casi todos los vegetales mueren o se quedan en estado de vida latente [36].

Tabla 2 Características de la temperatura

Tipo	Características
Frío	Es más económico de mantener, consiste en una estructura que solo recibe el calor del sol. Se usa para sembrar o almacenar plantas de semillero en épocas fuera de su temporada.
Fresco	Mantiene una temperatura mínima de 5 ° C – 7 ° C. Se calienta con el calor adicional solo por las noches en zonas de clima frío. Se usa para proteger plantas sensibles a las heladas; en verano para cultivos de estación templada; en otoño y en invierno para cultivos de clima frío.
Templado	Mantiene durante el día y noche temperatura mínima de 13 ° C con calor adicional. Se usa para cultivos de hortalizas y muchas plantas anuales.
Cálido	Costoso de mantener, mantiene una temperatura mínima de 18 ° C con ayuda del calor adicional. Posee sensores de medición climática. Se usa para el cultivo de plantas tropicales y sub tropicales. De uso general en la agricultura.

Fuente: [37]

1.2.4.2 Humedad

Para el desarrollo y producción de un cultivo se considere es necesario conocer la humedad ambiental porque este parámetro determina lo siguiente. [34]:

- Si la humedad del ambiente aumenta se contribuye a la aparición y propagación de plagas y enfermedades en los cultivos.
- Si la humedad es muy baja el único resultado será secar los cultivos.

En la tabla 3 se detalla algunos ejemplos de cultivos con características de humedad bien definidas para su correcta producción. Hay que recordar que los excesos provocan el desarrollo de enfermedades y que los cambios prolongados de humedad pueden

producir situaciones de estrés en las plantas y allí la importancia de controlar de manera óptica este particular. [38].

Tabla 3 Humedad relativa óptima de cultivos

Cultivo	Humedad %
Tomate	50 - 60
Pimiento	50 - 60
Pepino	70 - 90
Melón	60 - 70
Lechuga	60 - 80
Frutilla	70 - 80

Fuente: [39]

1.2.5 Sistemas automatizados

Un sistema automatizado ajusta sus operaciones en respuesta a cambios en las condiciones externas en tres etapas: medición, evaluación y control.

- **Medición:** Para que un sistema automatizado reaccione ante los cambios en su alrededor debe estar apto para medir aquellos cambios físicos. Por ejemplo, la humedad y la temperatura ayudarán a determinar el comportamiento de un sistema de riego.
- **Evaluación:** La información obtenida gracias a la medición es evaluada para así poder determinar si una acción debe ser llevada a cabo o no.
- **Control:** El último paso de la automatización es la acción resultante de las operaciones de medición y evaluación. [40]

1.2.5.1 Clases de automatización

En la literatura se reconocen tres clases de automatización industrial:

- **La automatización fija:** Se utiliza cuando el volumen de producción es muy alto, y por tanto se puede justificar económicamente el alto costo del diseño.
- **La automatización programable:** Se emplea cuando el volumen de producción es relativamente bajo y hay una diversidad de producción a obtener. En este caso el equipo de producción es diseñado para adaptarse a la variación

de configuración del producto; esta adaptación se realiza por medio de un programa (software).

- **La automatización flexible:** Es más adecuada para un rango de producción medio. Estos sistemas flexibles poseen características de la automatización fija y de la automatización programada. Los sistemas flexibles suelen estar constituidos por una serie de estaciones de trabajo interconectadas entre sí por sistemas de almacenamiento y manipulación de materiales, controlados en su conjunto por una computadora. [40]

1.2.5.2 Elementos de control utilizados para sistemas de control

- **PLC (Controlador Lógico Programable)**

Es un Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos.

El campo de aplicación de los PLC's es muy diverso e incluye diversos tipos de industrias, así como de maquinaria. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto, se encuentra en [41].

Los llamados controladores lógicos programables de igual manera presentan diferentes tipos tales como:

- **PLC compactos**

Son aquellos que incorporan CPU, PS, módulos de entrada y salida en un único paquete. A menudo existe un número fijo de E / S's digitales (no mayor a 30), una o dos canales de comunicación (para programar el PLC y la conexión de los buses de campo) y HMI. Además, puede existir una entrada para el contador de alta velocidad y una o dos E/S's analógicas.

Para aumentar el número de las E/S's de una PLC compacta individual se incrementa módulos que pueden ser conectados. Estos se colocan en un paquete, similar al del mismo PLC. Estos PLC's de tipo compacto se utilizan en automoción como substitutos de los relés [41].

- **PLC modular**

El tipo de PLC más potente y tiene más funciones que los PLC compactos. La CPU, SM, CP y otros módulos se encuentran generalmente en paquetes separados en un riel DIN o en un riel con una forma especial y que se comunica con la CPU a través de un sistema bus.

Tiene un número limitado de lugares para los módulos, pero en la mayoría de los casos, este puede aumentar. Además, los PLC modulares pueden utilizar un elevado número de entradas/salidas, pueden soportar programas más grandes, guardar más datos y operar bajo el modo de multitarea.

Normalmente se utilizan para el control, regulación, posicionamiento, procesamiento de datos, manipulación, comunicación, monitorización, servicios - web [41].

- **PLC de tipo montaje en rack**

Son aquellos que prácticamente tienen las mismas capacidades y funciones que el PLC modular. Sin embargo, existen algunas diferencias en el bus o en el rack dónde se colocan los módulos del PLC.

El rack contiene ranuras para los módulos y un sistema de bus integrado para intercambiar información entre los diferentes módulos. La mayoría de los módulos PLC no tienen sus propias cajas, disponen solamente de un panel frontal con una interfaz-HIM.

La ventaja principal es que pueden permitir un intercambio más rápido de los datos entre los módulos y el tiempo de reacción por parte de los módulos es menor.

- **PLC con panel Operador y Controlador Lógico Programable (OPLC)**

El PLC posee una interfaz HMI para su funcionamiento y una monitorización de los procesos automáticos y las máquinas. La HMI consiste principalmente en un monitor y un teclado o una pantalla táctil.

El monitor puede ser bien de tipo texto o gráfico. La ventaja principal de este sistema respecto a un PLC con un panel operador aparte es que no es necesario programar el panel de forma separada. Toda la programación se realiza por medio de una herramienta software, lo que permite economizar los gastos del desarrollo del sistema, se encuentra en [41].

1.2.6 Control Automático

El control automático de procesos se usa fundamentalmente porque reduce el costo de los procesos industriales, lo que compensa la inversión en el 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.

Los lazos o circuitos de control: se define como: “el conjunto de instrumentos que, interconectados entre sí, pueden medir y controlar una variable de proceso”. Cada uno de estos lazos de control internamente recibe y crea disturbios hacia otros lazos de control con los que interactúa y que determinadamente afectan a la variable de proceso, se encuentra en [42].

En general los lazos de control se dividen en dos tipos:

- **Control de lazo abierto**

En este sistema actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida independiente a la señal de entrada, pero basada en la primera. Esto significa que no hay retroalimentación hacia el controlador para que este pueda ajustar la acción de control. Es decir, la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador, por tal motivo no existe control directo sobre la variable [42].

- **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 el 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 registros que ello pueda ocasionar al trabajador y al proceso.

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”) [42].

1.2.7 Sistemas de Riego

Los sistemas de riego más utilizados se pueden clasificar atendiendo al propio diseño del emisor, al alcance y al tamaño de la gota, según estos criterios se da a conocerla siguiente clasificación:

- **Riego por inundación**

El riego por surcos tiene la particularidad de que el agua empleada se desplaza por los cultivos a gravedad. Es decir, el agua recorre la pendiente y en consecuencia no es necesario la utilización de otro tipo de energía para que se movilice. En este tipo de riego las hojas y demás partes externas de la planta no están en contacto con el agua,

pero en muchos de los casos por la inadecuada conformación del suelo se quedan sin regar, lo cual afecta a la producción.

- **Sistema de riego aéreo**

Son sistemas de riego en los que el agua se aplica a los cultivos en forma de la lluvia, mojando la totalidad de la planta, así como la del sustrato o superficie cultivada. Como, por ejemplo: Aspersión, mini aspersión, nebulización, pulverización.

- **Sistema de riego localizado**

Son un sistema de riego en lo que solo se humedece una parte del suelo sustrato, de donde la planta podrá obtener el agua y los nutrientes que necesita e implica una alta frecuencia de aplicación como: Goteo, cintas de exudación [43].

1.2.8 Sistema eléctrico

Para este epígrafe se detalla unidades que están relacionadas con el consumo de energía eléctrica como:

- **Energía eléctrica**

La energía se puede entender como la capacidad que tiene un cuerpo o un sistema para realizar un trabajo o producir algún cambio y transformación, la unidad de medida de la energía eléctrica consumida es kW/h [44].

- **Voltaje o tensión eléctrica**

Se define voltaje como la capacidad o trabajo que se necesita para mover una carga eléctrica de un medio a otro, este se mide en voltios y también es conceptualizado como la fuerza que se aplica a los electrones que circulan por un conductor y su forma de medir es en paralelo en cualquier punto de una instalación eléctrica [45].

Se denomina tensión eléctrica a la diferencia de nivel eléctrico que existe entre dos puntos de un circuito eléctrico, esta diferencia de potencial entre dos puntos del circuito es necesaria para que la corriente circule entre ellos [46].

- **Corriente eléctrica**

Se denomina corriente eléctrica al desplazamiento continuo y ordenado de electrones a lo largo de un conductor, donde se tiene diferentes tipos de corriente. Corriente Continua: Voltaje, intensidad y resistencia no varía, ejemplo; batería. Corriente Alterna: Corriente y voltaje varían en forma periódica a lo largo del tiempo [47].

1.3 Fundamentación metodológica

1.3.1 Paradigma o Enfoque

En el trabajo de investigación se utilizará el enfoque cualitativo – cuantitativo; debido a que se realizaran mediciones, descripciones y observaciones, utilización de métodos para realizar mediciones, además el conteo y uso de la estadística para la comprobación de hipótesis y en función de estos datos se establece conclusiones y recomendaciones sobre las variables de investigación.

1.3.2 Tipos de investigación

En la presente investigación se empleará los siguientes tipos de investigación:

- **Exploratoria.**

La investigación exploratoria señala que: “Pone al investigador en contacto con la realidad, observación preliminar del área, elementos y relaciones del objeto de estudio. Conocimiento superficial” [48].

Se explorará el problema a fin de desarrollar una base de investigación acerca de la tecnología apropiada para mejorar la calidad de producción, mediante el uso de un sistema de riego eficiente.

- **Descriptivo**

La investigación de este tipo determina que es un: “Conocimiento detallado de los rasgos externos del problema, se interesa por describir, no le preocupa explicar”.

El nivel descriptivo facilita la identificación de las variables, el análisis crítico de la situación; en el caso de la eficacia, los métodos de medida y los tratamientos de datos que se han desarrollado para poder determinar las pérdidas en el proceso, y con ello buscar la forma de relacionar y caracterizar los distintos sistemas de control.

- **Correlacional**

El aspecto correlacional “Permite identificar asociaciones entre variables y establecer relaciones estadísticas”.

El nivel correlacional ayuda a establecer relaciones entre causas y efectos, así como también entre la variable independiente y dependiente. Una vez obtenidos los datos se buscarán distintas vías de tratamiento de los mismos y finalmente, se propondrá un método desarrollado con la utilización de un software de control, en el que el usuario tendrá opciones de visualización de los resultados.

- **Explicativo**

La investigación explicativa, señala que: “Comprueba experimentalmente una hipótesis. Detecta los factores que determinan ciertos comportamientos. (Variables con otras variables)”. El nivel explicativo ayudará con la comprobación de la hipótesis.

1.3.3 Técnicas de recolección de información

- **Lectura Comprensiva**

Se llevará la interpretación y la comprensión de la investigación bibliográfica, conjuntamente con la información técnica y datos necesarios de las variables.

- **Medición**

Son los equipos encargados de recopilar la información de la variable analógica / digital y enviarlas a un equipo de recepción y de esta manera en base a su programación determine la acción a realizar por parte de los sistemas para mantener un funcionamiento óptimo del proceso.

- **Cálculos**

Mediante el cálculo y las ecuaciones se determinará todos los parámetros que sean necesarios para conocer los niveles de consumo de energía que se necesita en el proceso de automatización del invernadero experimental.

- **Software**

Los implementados en este proyecto serán los encargados de realizar la recepción del sensor que analizará las diferentes variables. Y en este sentido es importante el

desarrollo de algoritmos y lógicas de programación que son de vital importancia para el sistema de control.

- **Hipótesis**

Si se diseña un sistema de riego automatizado eficiente a bajos costos, permitirá mejorar la productividad en el invernadero experimental de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el año 2021.

1.4 Conclusiones Capítulo I

- Se ha determinado el estado del arte concerniente a las diferentes temáticas como: La comprensión del estado actual del problema, definición de variables en el contexto de una revisión exhaustiva de información. Además de revisar de manera puntal las maneras de poder realizar y mejorar procesos relacionados con la producción de cultivos bajo invernadero.
- Es necesario conocer los requerimientos del cultivo, ya que, si no se toma en cuenta este detalle antes de realizar la ubicación de los diferentes equipos no se podría realizar una lectura adecuada de las variables y por ende el funcionamiento del sistema de control presentaría un mal funcionamiento.

CAPÍTULO II.

PROPUESTA

2.1 Título del proyecto.

Automatización y control de un invernadero experimental para mejorar su eficiencia energética.

2.2 Objetivo del proyecto.

- Desarrollar un sistema de monitoreo, registro y control óptimo para mejorar la eficiencia energética en un invernadero experimental de la Universidad Técnica de Cotopaxi.

2.3 Justificación de la propuesta

En la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache se encuentra la Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales donde desarrollan proyectos relacionados con la germinación de plantas. Para esto se ha identificado áreas dedicadas a este proceso como en el Proyecto de granos Andinos.

Se ha observado que han construido invernaderos, pero carecen de tecnología que les permita gestionar de mejor manera los procesos en sus cultivos. Se han instalado diferentes sistemas de riego en este transcurso del tiempo como: Aspersión, goteo, nebulización con el objetivo de poder prevenir el desperdicio de agua. El hecho de no contar con equipos que permitan mejorar el proceso ha provocado obtener una baja productividad de semillas.

Todo el sistema es netamente manual, en tiempos anteriores se hacía el uso de bombas que utilizan carburante (gasolina), para poder accionar su sistema de riego. Lo cual resulta costoso si se debe accionar por varias horas. Al instalar la energía eléctrica en la propiedad se cambió de equipo (bomba) para disminuir costos. Pese a tener un sistema de riego y una bomba eléctrica aun los costos de producción son altos, esto se debe a que no se cuenta con un sistema de monitoreo y control para un sistema de riego eficientemente energético.

La automatización en procesos de producción ayuda a controlar parámetros como: La humedad ambiente, humedad del suelo, temperatura, nivel de agua, consideradas como entradas en el proceso. Entradas que a su vez permiten la activación y desactivación de los actuadores como: electroválvulas, bomba de agua respectivamente.

Al existir parámetros de entrada (sensores) y salida (actuadores) en un proceso existe la necesidad de incorporar un equipo de gestión entre ellos un PLC (Control Lógico programable), el cual puede controlar de manera lógica el proceso. Este equipo será el encargado de gestionar de manera eficiente la activación de los diferentes equipos de actuación.

Un sistema automatizado para el Proyecto de Granos Andinos es de vital importancia. Porque se podrá mejorar la producción sin tener que consumir muchos recursos como: agua y energía eléctrica puesto que funcionará bajo condiciones y restricciones según las necesidades del cultivo.

Obteniendo de esta manera un sistema confiable que brindará una ayuda muy importante al agricultor ya que mejorará su productividad y nivel económico puesto que reducirá sus costos y optimizará recursos.

2.4 Fundamentación de la propuesta

El cultivo bajo invernadero siempre ha permitido obtener producciones de calidad y mayores rendimientos, en cualquier momento del año, a la vez que permiten alargar el ciclo de cultivo, permitiendo producir en las épocas del año más difíciles y obteniéndose mejores precios.

Este incremento del valor de los productos permite que el agricultor pueda invertir tecnológicamente en su explotación mejorando la estructura del invernadero que se reflejan posteriormente en una mejora de los rendimientos y de la calidad del producto final.

2.4.1 Sistemas de Automatización

En la actualidad son numerosos los sistemas de automatización que existen en el mercado para controlar los parámetros climáticos de los invernaderos:

- Los parámetros más relevantes en el control que intervienen en un invernadero son las relaciones con el clima, riegos, CO₂, humedad, temperatura.

Estos sistemas se basan en el empleo de un ordenador central al que se conectan un conjunto de sensores, que recogen las variaciones de los distintos parámetros respecto a unos valores programados inicialmente. Estos sistemas a su vez pueden estar conectados a los sistemas de riego y de regulación climática.

Los sensores o automatismos se distribuyen en diferentes sectores, pudiendo funcionar cada uno de forma autónoma. En el controlador central se recoge la información captada por los sensores, se coordinan las actuaciones, y se envían las órdenes a los distintos sectores.

Para realizar el control de estabilidad se hace necesario determinar ciertos métodos entre los cuales se describen los siguientes:

- **Fuzzy Logic**

Desde que Lotfy A. Zadeh (1965) desarrolló este concepto de lógica difusa, se ha trabajado en este tema, el principal centro de desarrollo es Japón, donde sus investigadores la han aplicado a muy diversos sistemas, principalmente electrodomésticos, sistemas más recientes están vinculados con la industria, la medicina y la actividad espacial.

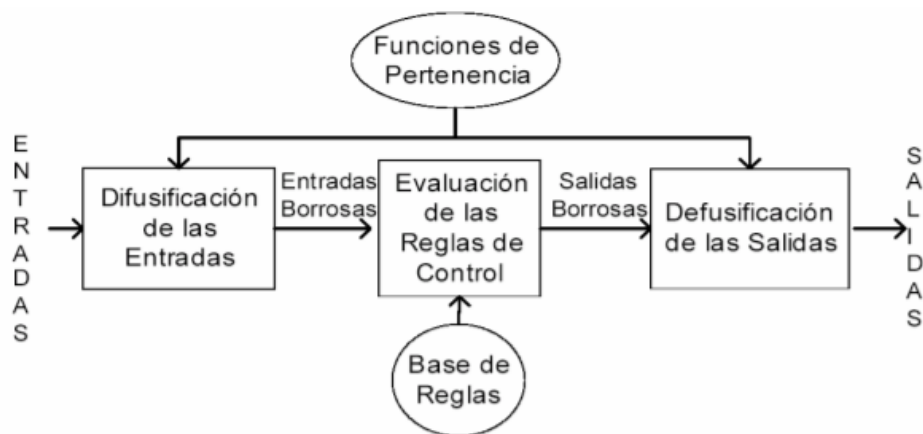


Figura 7. Sistema de inferencia difusa

Se utiliza el conocimiento y experiencia de un operador humano para construir un controlador que emule el comportamiento del proceso. Comparado con el control tradicional, el control difuso tiene dos ventajas prácticas:

- El modelo matemático del proceso a controlar no es requerido.
- Se obtiene un controlador no lineal desarrollado empíricamente.

Para el desarrollo de la investigación se utiliza una herramienta que permite simular el funcionamiento de un controlador difuso mediante un Fuzzy Inference System (FIS) o sistema difuso de inferencia. Un FIS, al igual que los bloques de SimMechanics puede integrarse al ambiente de Simulink [49].

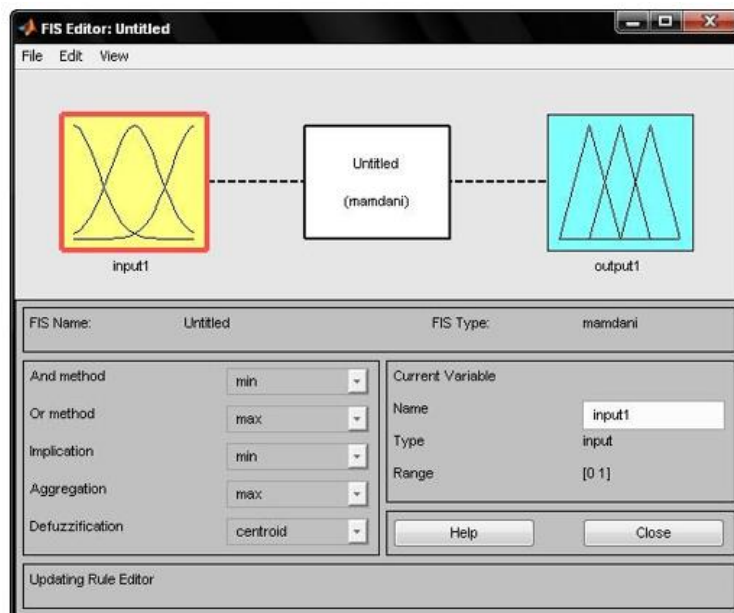


Figura 8. Pantalla Lógica difusa

Fuente: [49]

- **Polos y ceros**

Al expresar una función de transferencia de la forma:

$$H(w) = \frac{N(w)}{D(w)}$$

En donde $N(\omega)$ y $D(\omega)$ hacen referencia a una función de transferencia simplificada, se le denomina **ceros** a las raíces del numerador $N(\omega)$, y polos a las raíces del denominador $D(\omega)$. Sean los ceros de la función de transferencia representados como:

$$jw = z_1, z_2, z_3 \dots z_n$$

Y los polos de la función de transferencia representados como:

$$jw = p_1, p_2, p_3 \dots p_n$$

- **Diagramas de polos y ceros en el plano complejo:**

Debido a que las soluciones de un polinomio pueden ser reales o complejas, la variable, en términos generales, se describe como:

$$s = \sigma + jw$$

Se puede representar en el plano complejo que se muestra en la figura:

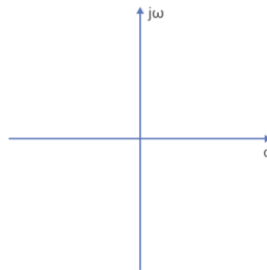


Figura 9. Plano complejo

Para la representación de los ceros se dibujan pequeños círculos sobre el plano complejo, mientras que para la representación de los polos se utiliza una X sobre el plano [50].

- **Criterio de estabilidad de Routh Hurwitz.**

El criterio de estabilidad de Routh permite determinar la cantidad de polos en lazo cerrado que se encuentran en el semiplano derecho del plano s (raíces positivas) sin tener que factorizar el polinomio. Este criterio de estabilidad sólo se aplica a los polinomios con una cantidad finita de términos

Procedimiento en el criterio de estabilidad de Routh:

1. Escriba el polinomio en s del denominador en la forma siguiente: En donde los coeficientes son cantidades reales. Suponemos que $a_n \neq 0$; es decir, se elimina cualquier raíz cero.

2. Si alguno de los coeficientes es cero o negativo, ante la presencia de al menos un coeficiente positivo, hay una raíz, o raíces imaginarias o que tiene partes reales positivas. En tal caso, el sistema no es estable. La condición necesaria, pero no suficiente, para la estabilidad es que todos los coeficientes de la ecuación estén presentes y tengan signo positivo.
3. Si todos los coeficientes son positivos, ordene los coeficientes del polinomio en renglones y columnas de acuerdo con el patrón o arreglo siguiente:

$$\begin{array}{cccccc}
 s^n & a_0 & a_2 & a_4 & a_6 & \cdot \\
 s^{n-1} & a_1 & a_3 & a_5 & a_7 & \cdot \\
 s^{n-2} & b_1 & b_2 & b_3 & b_4 & \cdot \\
 s^{n-3} & c_1 & c_2 & c_3 & c_4 & \cdot \\
 s^{n-4} & d_1 & d_2 & d_3 & d_4 & \cdot \\
 \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots \\
 s^2 & e_1 & e_2 & \square & \square & \square \\
 s^1 & f_1 & \square & \square & \square & \square \\
 s^0 & g_1 & \square & \square & \square & \square
 \end{array}$$

Figura 10. Matriz de Routh Hurwitz

Fuente: [51]

El criterio de estabilidad de Routh- Hurwitz plantea que el número de raíces de la ecuación con partes reales positivas es igual al número de cambios de signo de los coeficientes de la primera columna del arreglo.

La condición necesaria y suficiente para que todas las raíces de la ecuación se encuentren en el semiplano izquierdo del plano s es que todos los coeficientes de la ecuación sean positivos y que todos los términos de la primera columna del arreglo tengan signo positivo [51]

2.5 Metodología o procedimientos empleados para el cumplimiento de los objetivos planteados

La estructura de la propuesta se ha planteado de la siguiente manera:

- Se utilizará los resultados obtenidos en capítulos anteriores para con ellos seleccionar los componentes para hacer un adecuado control del sistema en función de sus características.
- Se realizará el diseño de circuitos para la adquisición de datos, circuitos de potencia, diagramas de programación con la utilización de software para realizar la simulación respectiva.
- Es necesario realizar un análisis de las señales obtenidas y determinar la variación de la misma en diferentes periodos de tiempo. Cabe resaltar que existen variables de entrada (Temperatura, humedad), salidas que en este caso estaría determinado por el accionamiento de bobinas (electroválvulas) y motores (Bombas).
- Al final se hará un análisis económico para validar los costos de la propuesta ya que se piensa utilizar diferentes equipos para mejorar la gestión, adquisición de la información.

Para estos fines en forma general es necesario:

- Determinar los sensores que permitan obtener parámetros analógicos.
- Caracterizar los equipos que se utilizarán como medios de gestión del sistema de control.
- Cálculos de los diferentes conductores y protecciones que sean necesarios para un buen funcionamiento de los mismos.
- Diseñar los diferentes algoritmos y lógicas de programación según las especificaciones del usuario.
- Realizar las pruebas correspondientes para determinar su buen funcionamiento.

2.6 Arquitectura, diseños, planos detallados de la propuesta

2.6.1 Estación meteorológica

Para el desarrollo y la validación de las variables climatológicas se hizo necesario ubicar una estación meteorológica para conocer el comportamiento de la variable de temperatura y humedad en el sector de Salache, a su vez esta calibrada con la estación que se utiliza en el aeropuerto internacional de la ciudad de Latacunga, como se observa en el diagrama.

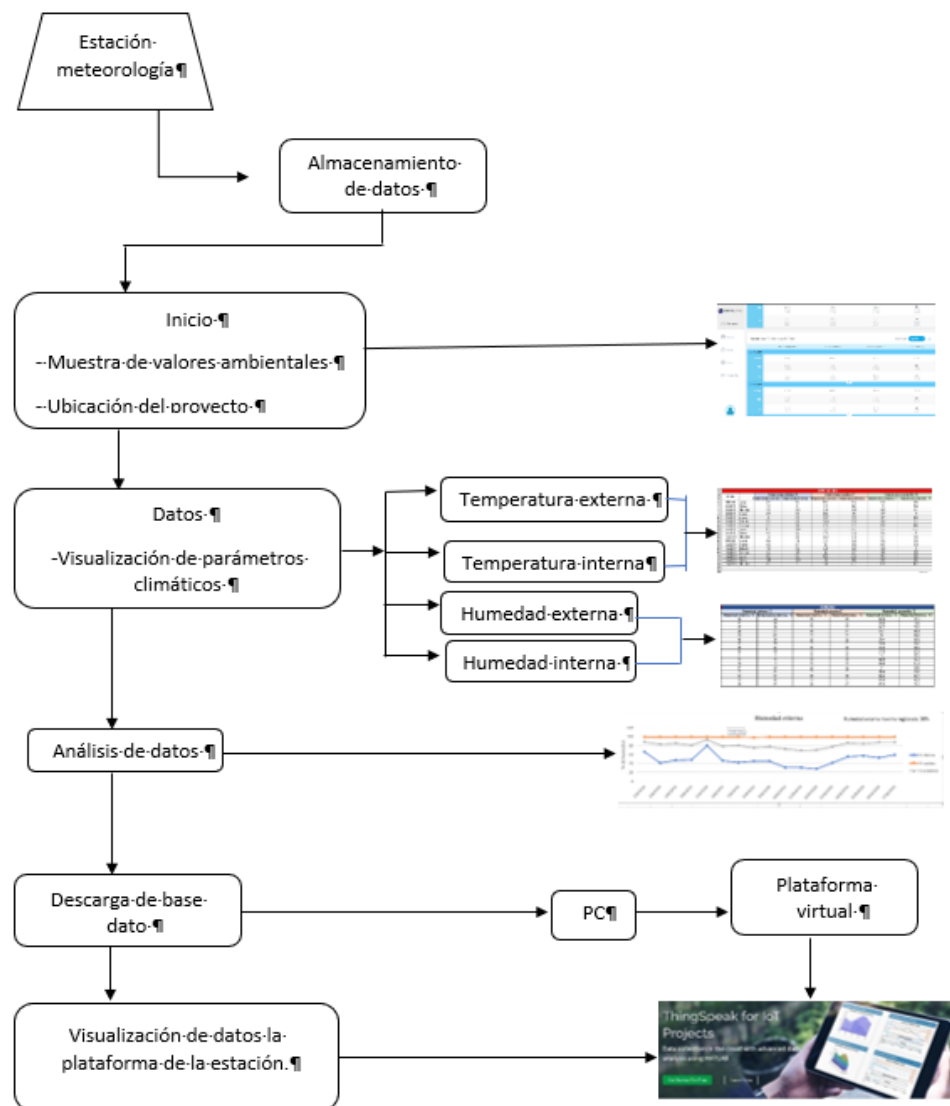


Figura 11. Diagrama estación meteorológica

Fuente: Autor

2.6.2 Diagrama de conexiones de equipos para el sistema de control.

En la siguiente figura se realiza un esquema de las conexiones de los diferentes equipos utilizados para el diseño del sistema de riego para el invernadero experimental. Donde se observa un controlador, medidor de energía, concentrador de señales, sensores.

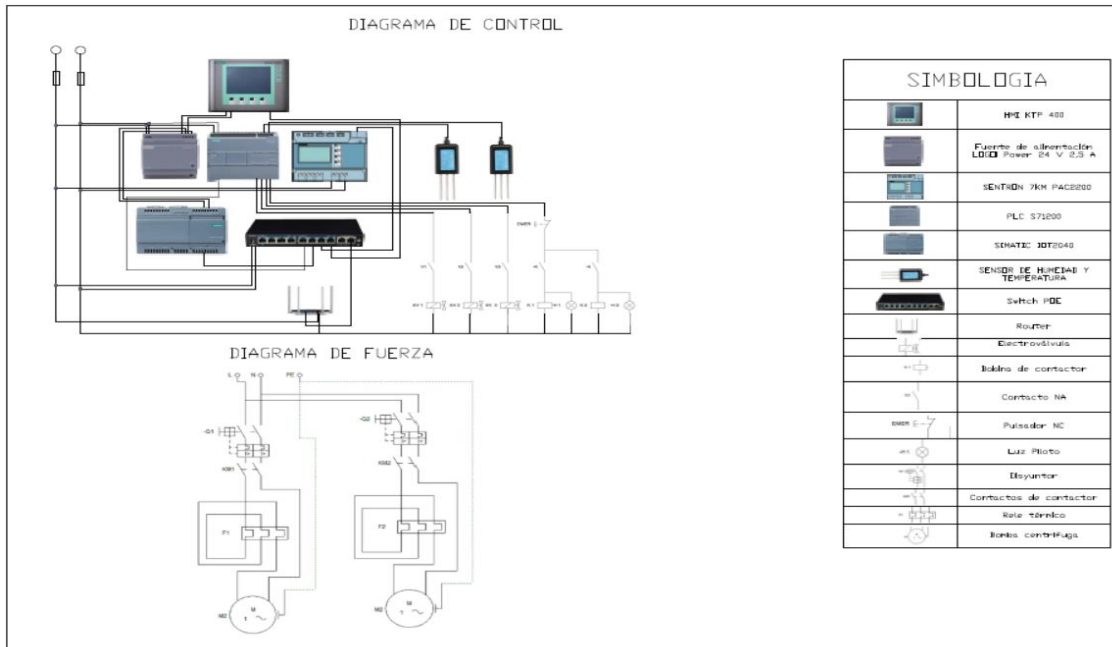


Figura 12. Diagrama de equipos

Fuente: Autor

2.7 Requerimientos de hardware y software

Para el desarrollo del sistema automatizado del invernadero experimental se hace necesario el uso de software como es:

2.7.1 Tía Portal V15.

Es un software de ingeniería que permite manipular y configurar los procesos que se desea automatizar, robusto, confiable y eficiente, su programación es basada en lenguaje KOP (lenguaje de escaleras) y FUT (lenguaje por función), convirtiéndose en uno de los softwares mayormente utilizados en el ámbito industrial.

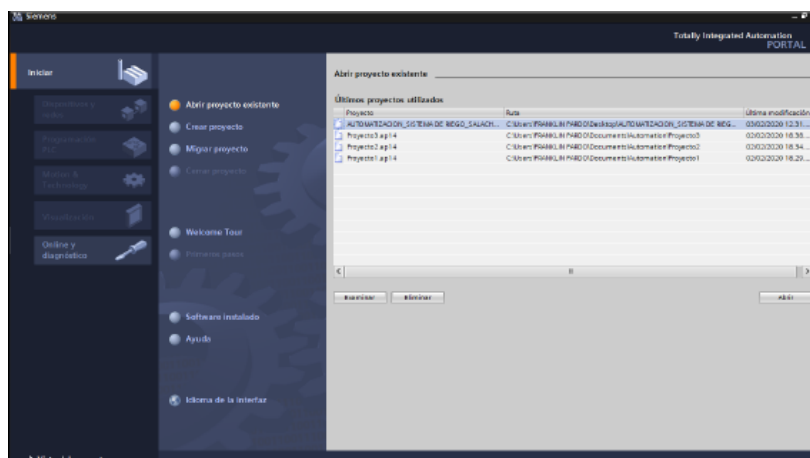


Figura 13. Tía portal

Fuente: Autor

2.7.2 Cade Simu

Cade Simu es un programa bastante sencillo para elaborar esquemas de mando y potencia de baja potencia (B.T). Es un programa de CAD electrotécnico que permite insertar los distintos símbolos organizados en librerías y trazar un esquema eléctrico de una forma fácil y rápida para posteriormente realizar la simulación.

El programa en modo simulación visualiza el estado de cada componente eléctrico cuando está activado al igual que resalta los conductores eléctricos sometidos al paso de una corriente eléctrica. por medio de la interface CAD el usuario dibuja el esquema de forma fácil y rápida. Una vez realizado el esquema por medio de la simulación se puede verificar el correcto funcionamiento [52].

2.8 Costo de Implementación

Para el desarrollo del proyecto se hace necesario adquirir diferentes elementos como se detalla en la siguiente tabla:

Tabla 4 Valores de los equipos y elementos

Cantidad	Ítems	Descripción	Precio
1	Bomba para la retroalimentación de H ₂ O.	Voltaje:110 VAC PDT:370 W Entrada de agua 1 pulgada	40,00 \$
1	Contactora	Volt 110/220 VAC Amp: 20A	36,00 \$
1	Breakers para el control	1 p - 6 A	6,00 \$

1	Brakers LS para la bomba	2 p – 20 A	14,00 \$
1	Sensor del nivel de fluido	Switch 90 nivel flotador Tensión de conmutación 110 VDC	8,00 \$
1	Accesorios Eléctricos	Terminales, borneras, marquillas	95,00 \$
4	Sensores de humedad y temperatura.	Sensibilidad ajustable por potenciómetro Modo de salida dual analógica y digital	300.00 \$
1	Guarda motor	3p 30A	53.00 \$
1	Botón paro de emergencia	Alta tecnología	6.00 \$
10	Goteros de agua	Utilizado para manguera	100.00 \$
1	Conductor de Fuerza	Conductor 14 AGW	35.00 \$
1	Tubería Plástica para agua	Tubería PVC 1/2	26.00 \$
1	Accesorios para tubería	Accesorios para plomería	100.00 \$
1	PLC S7-1200 1214DC/DC/DC	Equipo de control	1244.00\$
1	IOT 2050	Equipo de comunicación	434.00\$
1	Centro PAC 3220	Equipo de medición eléctrica	385.00\$
1	Swich de ethernet	Comunicación de equipos	24.00\$
1	Fuente de 24V	Fuente de alimentación en DC	45.00\$
Total			2951.00\$

Fuente: Autor

Los valores antes mencionados están sujetos a cambios y variaciones según su mercado. Cabe resaltar que todos los insumos que se utilizan para el sistema de riego no pagan impuesto es decir tienen un arancel del 0% en impuestos.

2.9 Conclusiones Capítulo II

- En el Capítulo II, ha permitido determinar los diagramas de control y funcionamiento del sistema. Determinar los valores económicos de los equipos y accesorios necesarios para la implementación del proyecto.
- Se da a conocer la metodología utilizada para poder demostrar los objetivos planteados en el desarrollo de la investigación. Se ubica las diferentes técnicas e instrumentos que son necesarias para determinar el comportamiento de las variables del sistema.

CAPÍTULO III.

APLICACIÓN Y/O VALIDACIÓN DE LA PROPUESTA

3.1 Análisis de los resultados:

3.1.1 Ubicación

El invernadero experimental de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se encuentra ubicado en la Provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, en el campus la Salache, perteneciente a la Carrera de Ingeniería Agronómica, específico para el cultivo de semillas en el proyecto generativo de Granos Andinos.



Figura 14. Invernadero experimental

Fuente: Autor

3.1.2 Condiciones iniciales

El proyecto de los Granos Andinos en un principio presenta una construcción de un invernadero pero que carece de algún elemento u equipo que permita gestionar un sistema de control (Inexistencia de tecnología).

Todos los procedimientos realizados en este invernadero son netamente manuales, las actividades para el regadío del H₂O, se realizan con la utilización de baldes sin ningún tipo de control. Procedimiento totalmente empírico y más bien basándose en la experiencia de un agricultor.

3.1.2.1 Medición de variables sin control

Para el desarrollo del trabajo se hizo necesario ubicar una estación meteorológica para poder observar el comportamiento de las variables de estudio: En este caso se detalla la temperatura y humedad.

En la figura 15 se puede entender el comportamiento de la temperatura interna y externa del invernadero siendo, internamente los valores máximos y externamente con datos mínimos de temperaturas en grados Celsius.

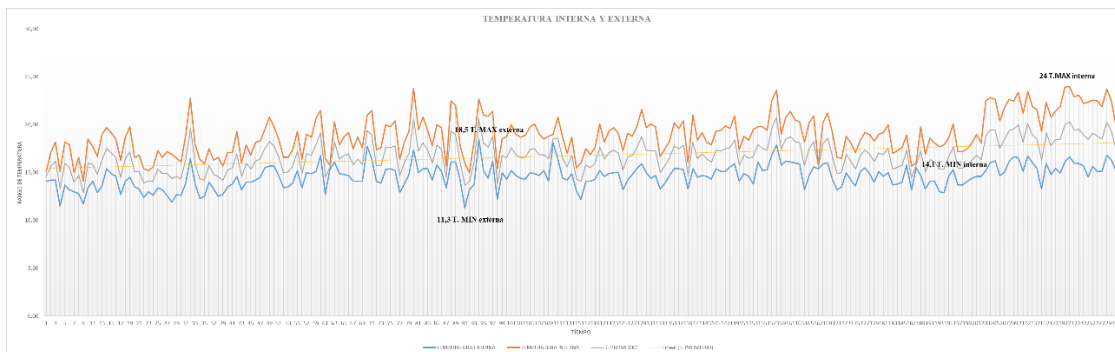


Figura 15. Temperatura interna y externa

Fuente: Autor

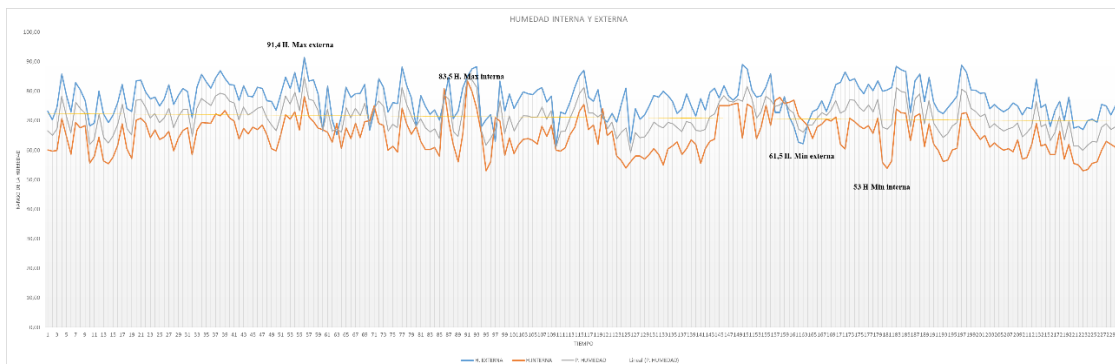


Figura 16. Humedad interna y externa

Fuente: Autor

Ahora con respecto al H₂O se pudo determinar que no se cuenta con el almacenamiento de la misma. Por esta razón no cuenta con ningún tipo de sistema de riego como puede ser: Goteo, nebulización, micro aspersión entre otras.

3.1.2 Caracterización de los diferentes sistemas de la propuesta

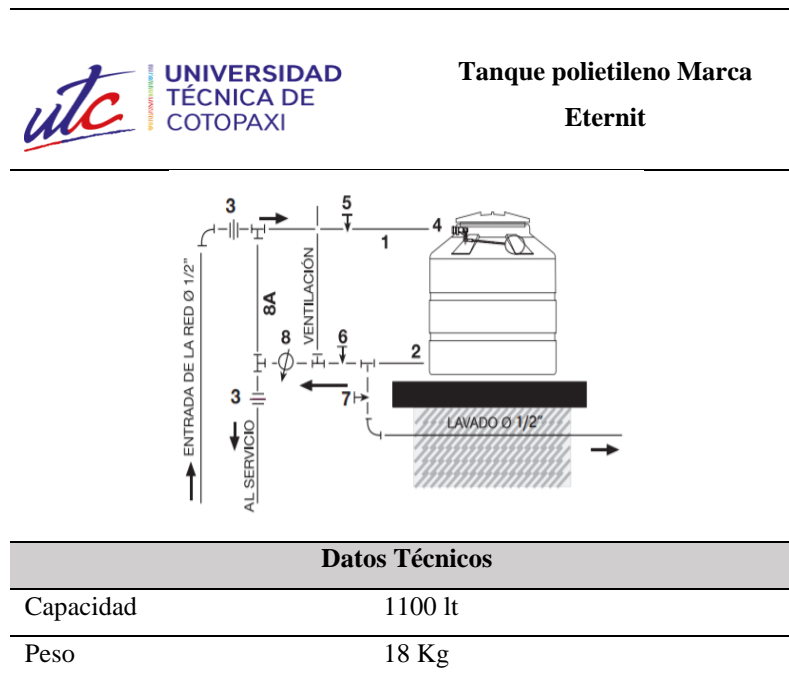
3.1.2.1 Almacenamiento y control de H₂O

Es importante tener una cantidad de H₂O para cualquier tipo de cultivo, para el control se hace necesario la utilización de un sensor de nivel, una bomba para hacer el traslado del líquido hacia el depósito. A continuación, se detallan los elementos adquiridos para determinar un uso adecuado del recurso hídrico.

- **Tanque de almacenamiento**

Como no se tiene un reservorio se hace necesario ubicar un tanque que permita almacenar una cantidad de agua que es utilizada para los diferentes cultivos, que se ubiquen en el invernadero experimental. En la tabla se ubican las especificaciones técnicas. más detalles se especifican en el anexo.

Tabla 5 Tanque de almacenamiento



- **Sensor de nivel**

Para conocer la existencia o no de una cantidad de líquido se hace necesario ubicar un sensor que permite determinar un control ON / OFF, con ello se identifica una señal eléctrica que será utilizada para encender / apagar un actuador (Bomba y electroválvulas). Las características se identifican en la tabla.

Tabla 6 Sensor de nivel



Datos Técnicos	
V máx	110 V
Corriente	10 A
Conexiones eléctricas:	Cerrado (arriba) – Abierto (abajo)
Negro y Azul	Abierto (arriba) – Cerrado (abajo)
Negro y Café	

Fuente: Autor

3.1.2.2 Sistema Hidráulico

En este apartado se realiza los cálculos correspondientes a la tubería, electroválvulas y bombas utilizadas en el desarrollo del proyecto.


- **Bomba**

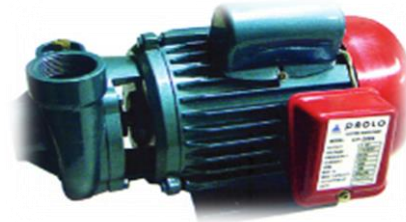
Una bomba hidráulica es una máquina generadora que transforma la energía (generalmente energía mecánica) con la que es accionada en energía del fluido incompresible que mueve (el fluido incompresible puede ser líquido o una mezcla de líquidos y sólidos).

Al incrementar la energía del fluido, se aumenta su presión, su velocidad o su altura, todas ellas relacionadas según el principio de Bernoulli. En general, una bomba se utiliza para incrementar la presión de un líquido añadiendo energía al sistema hidráulico, para mover el fluido de una zona de menor presión o altitud a otra de mayor presión o altitud [53].

Al realizar el diagnóstico uno de los elementos que se encontraban en el sistema de riego es una bomba de marca Paolo y para comprender su funcionamiento se considera la siguiente especificación técnica descrita en la tabla.

Tabla 7 Bomba PAOLO

	Electric Water Pump PAOLO
---	----------------------------------



Datos Técnicos	
Potencia	¾ hp
Voltaje	110 / 220 V
Frecuencia	60 Hz
Corriente	8 / 4 A.
RPM	3450
Max. H.	15 m
Max. Capacidad	170 lpm

Fuente: [54]

Se determina que la tubería que utiliza esta bomba tanto a la entrada como a la salida es de 1 ½ “que es equivalente a 0,038 m de diámetro.

Entonces se utiliza la ecuación 1 para determinar el caudal:

$$Q = V * s \quad \text{ecu. (1)}$$

Donde:

Q: caudal (m³/s)

S: superficie (m²)

Además, se utiliza la ecuación 2 para determinar la superficie:

$$S = \pi * r^2 \quad \text{ecu. (2)}$$

Donde:

r: radio de la tubería

Entonces:

$$r^2 = 0,038 \text{ m}^2 \text{ y se obtiene: } s = 0,12 \text{ m}^2$$

Y si se considera la ecuación 3 para determinar la velocidad se tiene:

$$V = d / t \quad \text{ecu. (3)}$$

Sabiendo que:

V: velocidad (m/s)

d: distancia (m)

t: tiempo (s)

$$V = 0,023 \text{ m} * 1 \text{ s}$$

$$V = 0,023 \text{ m/s}$$

Por lo tanto, el caudal es de: **0,00276 m³/s** también 9,36 m³ / h equivalente a 2,76 lt / s y 165,6 lt / min

- **Tubería**

La tubería es una pieza hueca que suele tener forma cilíndrica y que, por lo general, se encuentra abierta por ambos extremos. La unión de múltiples tubos permite crear una tubería, un conducto que permite el transporte de agua u otro líquido.

Con los cálculos obtenidos lo mejor es utilizar una tubería de 1 ½ pulgadas, ya que el rango de flujo de líquido es de $Q_w = 9,36 \text{ m}^3/\text{h}$, y soportará el transporte del agua desde el tanque reservorio hacia el terreno. Considerando la información que se indica en la figura se determina el uso de la tubería antes mencionada.

CAUDAL DE CIRCULACIÓN Q(m ³ /h) p/ tubería ASTM schedule estándar		www.comeval.es Tel. 902 444 066																Coeficiente Caudal/Área
DN	DN	v(m/s)	1	1,25	1,5	1,75	2	3	4	5	10	15	20	25	30	35	40	
3/8"	10	0,45	0,56	0,67	0,78	0,89	1,34	1,79	2,24	4,47	6,71	8,95	11,19	13,42	15,66	17,90	0,45	
1/2"	15	0,71	0,88	1,06	1,24	1,41	2,12	2,82	3,53	7,06	10,59	14,12	17,65	21,18	24,70	28,23	0,71	
3/4"	20	1,24	1,55	1,86	2,17	2,48	3,72	4,95	6,19	12,39	18,58	24,77	30,97	37,16	43,35	49,54	1,24	
1"	25	2,01	2,51	3,01	3,51	4,01	6,02	8,03	10,03	20,07	30,10	40,13	50,17	60,20	70,23	80,26	2,01	
1-1/4"	32	3,47	4,34	5,21	6,08	6,94	10,41	13,89	17,36	34,72	52,07	69,43	86,79	104,1	121,5	138,9	3,47	
1-1/2"	40	4,73	5,91	7,09	8,28	9,46	14,19	18,92	23,65	47,30	70,95	94,60	118,2	141,9	165,5	189,2	4,73	
2"	50	7,80	9,75	11,69	13,64	15,59	23,39	31,18	38,98	77,96	116,9	155,9	194,9	233,9	272,9	311,8	7,80	
2-1/2"	65	11,12	13,90	16,68	19,46	22,24	33,36	44,48	55,60	111,2	166,8	222,4	278,0	333,6	389,2	444,8	11,12	
3"	80	17,17	21,46	25,75	30,04	34,33	51,50	68,67	85,83	171,7	257,5	343,3	429,2	515,0	600,8	686,7	17,17	
4"	100	29,57	36,96	44,35	51,74	59,13	88,70	118,3	147,8	295,7	443,5	591,3	739,2	887,0	1034,8	1182,7	29,57	
5"	125	46,47	58,09	69,70	81,32	92,94	139,4	185,9	232,3	464,7	697,0	929,4	1161,7	1394,1	1626,4	1858,8	46,47	
6"	150	67,13	83,91	100,7	117,5	134,3	201,4	268,5	335,6	671,3	1006,9	1342,5	1678,1	2013,8	2349,4	2685,0	67,13	
8"	200	116,2	145,3	174,3	203,4	232,4	348,7	464,9	581,1	1162,2	1743,3	2324,4	2905,4	3486,5	4067,6	4648,7	116,22	
10"	250	183,1	228,9	274,7	320,5	366,3	549,4	732,6	915,7	1831,5	2747,2	3663,0	4578,7	5494,5	6410,2	7325,9	183,15	
12"	300	262,7	328,4	394,1	459,8	525,5	788,2	1051,0	1313,7	2627,5	3941,2	5254,9	6568,7	7882,4	9196,1	10509,9	262,75	
14"	350	320,2	400,3	480,4	560,4	640,5	960,7	1280,9	1601,2	3202,3	4803,5	6404,7	8005,8	9607,0	11208,2	12809,3	320,23	
16"	400	424,2	530,3	636,3	742,4	848,4	1272,6	1696,8	2121,0	4242,1	6363,1	8484,1	10605,2	12726,2	14847,3	16968,3	424,21	
18"	450	543,8	679,7	815,6	951,6	1087,5	1631,3	2175,1	2718,8	5437,7	8156,5	10875,3	13594,1	16313,0	19031,8	21750,6	543,77	
20"	500	675,9	844,9	1013,9	1182,9	1351,9	2027,8	2703,7	3379,7	6759,3	10139,0	13518,7	16898,4	20278,0	23657,7	27037,4	675,93	
24"	600	986,0	1232,5	1479,1	1725,6	1972,1	2958,1	3944,1	4930,2	9860,3	14790,5	19720,7	24650,9	29581,0	34511,2	39441,4	986,03	
26"	650	1163,0	1453,7	1744,5	2035,2	2325,9	3488,9	4651,9	5814,9	11629,7	17444,6	23259,5	29074,4	34889,2	40704,1	46519,0	1162,97	
28"	700	1354,5	1693,1	2031,8	2370,4	2709,0	4063,5	5418,0	6772,5	13545,1	20317,6	27090,1	33862,7	40635,2	47407,7	54180,3	1354,51	
30"	750	1560,6	1950,8	2341,0	2731,1	3121,3	4681,9	6242,5	7803,2	15606,3	23409,5	31212,7	39015,8	46819,0	54622,2	62425,3	1560,63	
32"	800	1781,4	2226,7	2672,0	3117,4	3562,7	5344,1	7125,4	8906,8	17813,5	26720,3	35627,1	44533,8	53440,6	62347,3	71254,1	1781,35	
34"	850	2016,7	2520,8	3025,0	3529,2	4033,3	6050,0	8066,7	10083,3	20166,7	30250,0	40333,3	50416,6	60500,0	70583,3	80666,6	2016,67	
36"	900	2266,6	2833,2	3399,9	3966,5	4533,1	6799,7	9066,3	11332,9	22665,7	33998,6	45331,4	56664,3	67997,1	79330,0	90662,8	2266,57	

Q(m³/h) = (Coeficiente) x (v (m/s))

Ejemplo utilización: DN50, velocidad v=3m/s -> Caudal de circulación Q=23,39m³/h

Figura 17. Estándar de tubería en función del Caudal.

Fuente: [55]

- **Electroválvula**

Si se desea diseñar un sistema de riego automatizado es necesario considerar el uso de electroválvulas ya que para poder realizar su activación y desactivación de estos actuadores necesariamente se debe cambiar de tecnología. La válvula reacciona a un estímulo de voltaje respectivamente. En el desarrollo del proyecto se ubican las electroválvulas de 24 V. Cuya información está en la tabla.

Tabla 8. Electroválvula para riego

	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI	Electroválvula para riego
--	--	----------------------------------



Datos Técnicos	
Vin	24 V AC
Corriente	90 mA
Protección	IP68

Fuente: [56]

El consumo que tendría esta electroválvula utilizando la ecuación 4:

$$P = V * I \quad \text{ecu. (4)}$$

Donde:

$$V = 24 \text{ V}$$

$$I = 9 * 10^{-3} \text{ A}$$

Por lo tanto, el consumo de esta electroválvula será de **P = 0,216 W**

3.1.2.3 Sistema Eléctrico

Para determinar los conductores adecuados para una instalación eléctrica es necesario tomar en cuenta las norma. Para evitar algún percance en los equipos y el personal que vaya a manipular el sistema en caso de existir una falla.

- **Conductores eléctricos**

En la normativa del CONELEC, un conductor es un material capaz, a través de si, de conducir una corriente eléctrica [57].

Considerando los datos de la bomba se determina el calibre del conductor para esto se utiliza los siguientes datos:

Datos:

$$P = \frac{3}{4} \text{ de hp} * 746 \text{ W/hp} = 559,5 \text{ W}$$

$$\text{Voltaje (V)} = 110 \text{ V}$$

Procedimiento:

Se determina la carga total P.

$$I = P / (V * 0,9) \quad \text{ecu. (5)}$$

Donde:

I: es la corriente que pasará por los conductores (A)

P: es la carga total (W)

V: es el voltaje que llega a la residencia por medio de la acometida (V)

Factor 0,9: es el factor de potencia el cual regularmente es del 90 % por la combinación de cargas resistivas e inductivas existentes en la instalación eléctrica.

Con la I, se determina una I_c (corriente corregida) multiplicándola por un factor de demanda o factor de utilización (f.d.). En virtud de que el factor de demanda o utilización especificada en la Norma Oficial, varía mucho antes y después de los 3.000 Watts, puede utilizarse a cambio uno más acorde de 0,6 o 0,7 correspondiente al 60 % y 70 % respectivamente.

Para calcular la Corriente Corregida simplemente se multiplica la I por el f.d. es decir se utiliza la ecuación 5:

$$I_c = (I) (f.d.) \quad \text{ecu. (5)}$$

Los datos antes mencionados la $I=5,64$ A y aplicando el factor de utilización $I_c=3,95$ A.

Considerando la $I_c = 3,95$ A y aplicando la norma *American Wire Gauge Standard* (AWG) es recomendable utilizar el número 15 o 16 para nuestras instalaciones como se muestra en la figura 18.

Número AWG	Diámetro (mm)	Sección (mm ²)	Número espiras por cm.	Kg. por Km.	Resistencia (O/Km.)	Capacidad (A)
8	3,264	8,36		74	2,03	24
9	2,906	6,63		58,9	2,56	19
10	2,588	5,26		46,8	3,23	15
11	2,305	4,17		32,1	4,07	12
12	2,053	3,31		29,4	5,13	9,5
13	1,828	2,63		23,3	6,49	7,5
14	1,628	2,08	5,6	18,5	8,17	6,0
15	1,450	1,65	6,4	14,7	10,3	4,8
16	1,291	1,31	7,2	11,6	12,9	3,7
17	1,150	1,04	8,4	9,26	16,34	3,2
18	1,024	0,82	9,2	7,3	20,73	2,5
19	0,9116	0,65	10,2	5,79	26,15	2,0
20	0,8118	0,52	11,6	4,61	32,69	1,6
21	0,7230	0,41	12,8	3,64	41,46	1,2

Figura 18. Calibres de conductores

Fuente: [58]

Los conductores permiten el tener seguridad en el sistema con respecto a su alimentación, además de aquello permite prevenir una caída de tensión y un flujo de corriente constante. Revidando la norma y en función de los cálculos se han determinado los conductores antes mencionados.

Características del conductor se detalla en la tabla 9.

Tabla 9. Conductor AWG #15

		Conductor AWG #15
Datos Técnicos		
Calibre	#15	
Amperaje soportado	4,8 A	
Temperatura	60°C	

Fuente: Autor

Ahora el conductor para el arranque de la bomba de agua se considera lo siguiente:

$I = 8 \text{ A} * 3 = 24 \text{ A}$ con una alimentación de $V = 110 \text{ V}$. Se determina utilizar un calibre AWG #8.

- **Circuito de potencia**

Para realizar el diseño del sistema de riego se hace necesario la utilización de circuitos de potencia los cuales permiten accionar: motores, válvulas, bombas según sea el caso. Para obtener la carga necesaria para la activación de un actuador es necesario que exista los siguientes detalles revisar Anexo 1:

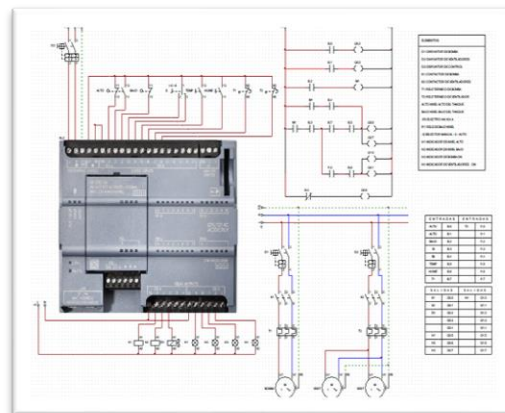


Figura 19. Cade Simu

Fuente: Autor

Con la utilización del software de Cade Simu permite realizar el diseño del circuito de potencia que se va a utilizar en el sistema y posteriormente en el prototipo detallada en la figura 19.

- **Fuente de energía:** suministrada por la una empresa de distribución eléctrica.
- **Convertidor:** que inter actúa con un circuito de mando.
- **Circuito de mando:** es una programación mediante condiciones de funcionamiento.

Equipos de Potencia

Para realizar las pruebas respectivas del funcionamiento del circuito de potencia se ubicarán los siguientes elementos que se detallan en las tablas:

Un contactor es un elemento electromecánico que tiene la capacidad de establecer o interrumpir la corriente eléctrica de una carga, cuyas características se detallan en la tabla 10.

Tabla 10 Contactor

	Contactor Siemens 3RT2
	
Datos Técnicos	
Terminales	Terminales de tornillo
Corriente de funcionamiento	12 A
Potencia nominal	3 kW
Voltaje	400 V AC
Tensión de la bobina	110 V AC
Contactos auxiliares	1NO & 1NC
Fuente de alimentación	110 V AC
Dimensiones	45 mm * 85 mm * 92 mm

Fuente: Autor

Un guardamotor es un dispositivo de protección electromecánico para el circuito principal. Otorgan la posibilidad de arrancar y detener motores manualmente. Las características del equipo están en la tabla 11.



Tabla 11 Guarda Motor

Datos Técnicos	
Tipo	3RV1. 4
Cantidad de polos	S3
Intensidad asignada máx. In.max	3A
Frecuencia asignada	50/60Hz
Tensión de aislamiento	690V
Tensión asignada soportada al impulso Uimp	6kV
Seccionamiento seguro entre circuito Según DIN VDE 0106, parte 101	Hasta 400 V

Fuente.

El selector-conmutador e interruptor de control eléctrico, es un dispositivo utilizado para desviar ó interrumpir el curso de una corriente eléctrica, mediante el accionamiento manual de un eje que se rota a posiciones definidas, cuya actual actuación es tener al sistema en modo manual y modo automático. Los detalles técnicos se encuentran en la tabla 12.

Tabla 12 Interruptor selector

	Interruptor selector siemens
	
Datos Técnicos	
Número de Posiciones	3
Tipo de Actuador	Mango corto
Configuración del Contacto	2 NO
Corriente Máxima	10 A
Serie	SIRIUS ACT
Diámetro del Disyuntor	22 mm
Tipo de Terminal	Roscado
Tensión AC Máxima	500 V

Fuente: Autor

Este elemento permite realizar la activación y desactivación de la bomba de una manera segura. Además, permite controlar el consumo al momento del arranque del motor evitando picos de corriente y por ende un aumento en la corriente.

3.1.2.4 Sistema de control

Para el desarrollo del sistema de control se detalla tanto elementos como condiciones de funcionamiento. Es necesario determinar si el control que aplica esta o tiene estabilidad y se utilizan técnicas de control.

- **Caracterización de las señales de entrada**

La base de datos utilizada para el análisis tiene una fecha de inicio del: 20/04/2020 y finalizo el: 20/05/2020, donde se realiza un muestreo cada 5 minutos de paso. Se llego a determinar una cantidad de 8779 datos respectivamente. Cabe mencionar que en la actualidad se sigue alimentando esta información, porque en el lugar de estudio se tiene

ubicada una estación meteorológica que permite realizar este registro de información. A continuación, se detallan las mediciones realizadas para las variables de entrada del sistema de control:

Las señales censadas de temperatura interior del invernadero ubicada en la Figura 20 donde se puede observar $38,50^{\circ}\text{C}$ como un valor máximo y una lectura mínima de $4,20^{\circ}\text{C}$.

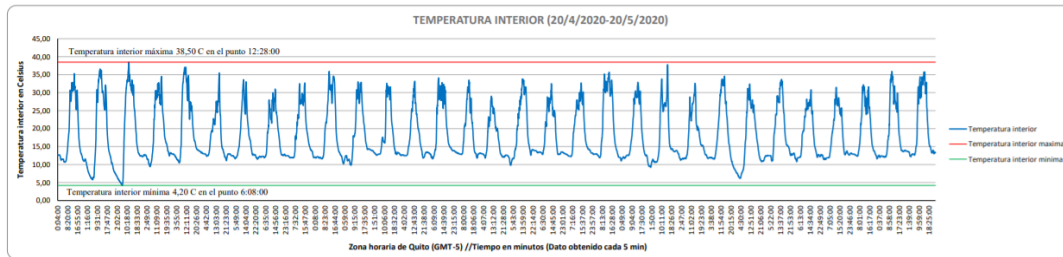


Figura 20. Temperatura censada interna

Fuente: Autor

En la Figura 21 se observa una temperatura exterior máxima de $25,30^{\circ}\text{C}$ en horas de la tarde, y en horas de la mañana se ha registrado una temperatura exterior mínima de $2,70^{\circ}\text{C}$.

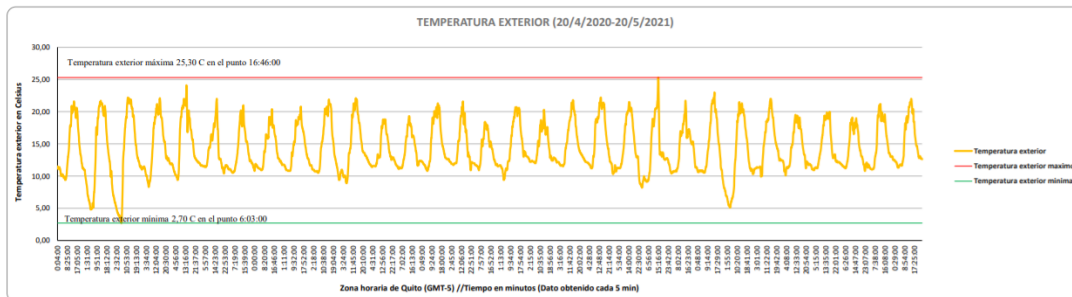


Figura 21. Temperatura censada externa

Fuente: Autor

La variable de humedad se ha registrado desde el punto de vista ambiental, es decir según la variación existe en el ambiente. De la misma forma se ha considerado la misma base de datos ya que se utiliza la estación meteorológica para el caso de estudio.

Los valores censados de humedad en la Figura 22 se ha determinado una humedad interior máxima del 93 %, y un 19 % de humedad mínima. En función de las horas del día existe una variación respectivamente.

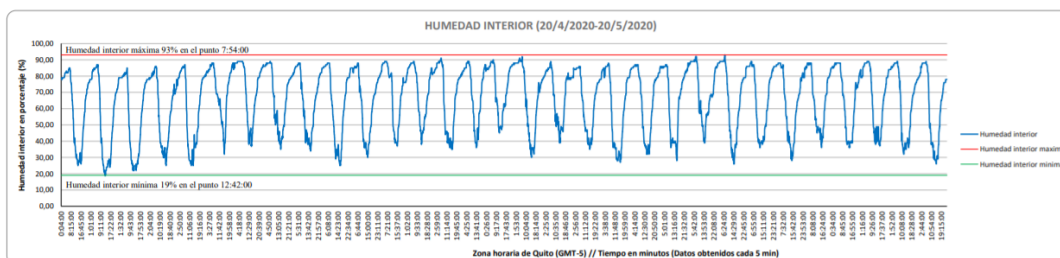


Figura 22. Humedad censada interna

Fuente: Autor

Con respecto a la humedad externa en horas de la madrugada se ha identificado una humedad exterior máxima del 99 % y en horas de la tarde una disminución de la misma a un 35 % como se observa en la Figura 23.

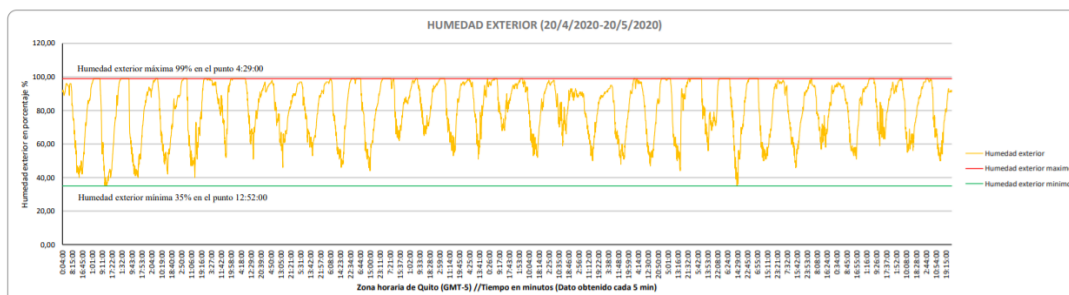


Figura 23. Humedad censada externa

Fuente: Autor

Productos que pueden desarrollarse en el invernadero experimental dependiendo del Set Point a establecer. En la tabla 13 se identifica los valores que se debe considerar en los diferentes cultivos expresados para la temperatura y humedad (suelo).

Tabla 13. Tabla de Temperatura y Humedad

Hortícola				
Nombre	Temperatura óptima °C	Entrada del escalón de temperatura	Humedad óptima	Entrada del escalón de humedad
Tomate	15 a 20	17,5	60 - 80%	70

Pepino	20 a 21	20,5	90 - 95 %	92,5
Melón	20 a 22	21	60 - 80 %	70
Pimiento	15 a 20	17,5	50 - 70 %	60
Berenjena	15 a 20	17,5	90 - 95 %	92,5
Lechuga	10 a 12	11	98 - 100 %	99
Fresa	12 a 15	13,5	95%	95
Cilantro y perejil	16 a 20	18	84%	84
Acelga	15 a 18	16,5	95 - 98 %	96,5
Cebolla cabezona	12 a 24	18	95 - 100 %	97,5
Hierbabuena	10 a 22	16	70 - 80 %	75
Florícola				
Nombre	Temperatura óptima °C	Set point Temperatura	Humedad óptima	Set point Humedad
Clavel	15 a 18	16,5	65 - 70 %	67,5
Rosa	15 a 18	16,5	60 - 75 %	67,5
Gerbera	18 a 20	19	75 - 90 %	82,5
Crisantemo	18	18	70 - 75%	72,5
Gladiolo	10 a 15	12,5	60 - 80 %	70
Tulipán	8 a 12	10	70 - 90 %	80
Iris y narciso	10 a 13	11,5	65 - 70 %	67,5
Lilium y fresia	10 a 15	12,5	60 - 80 %	70
Ciclamen	14 a 16	15	75 - 85 %	80
Begonia	18 a 20	19	70 - 80 %	75
Poinsettia	18 a 20	19	70 - 80 %	75
Pelargonium	20	20	60 - 80 %	70
Saintpaulia	20 a 22	21	50 - 70 %	60
Kalanchoe	25 a 32	28,5	60- 90 %	75
Hortensia	18 a 20	19	50 - 60 %	55
Gardenia	19 a 22	20,5	50 - 80 %	65
Cymbidium	10 a 14	12	50 - 60 %	55
Phalaenopsis y catleya	16 a 18	17	65 - 70 %	67,5
Crotón y picus	21	21	75 %	75
Dieffenbachia	18 a 20	19	70 - 80 %	75

Fuente. Autor

- **Caracterización del sistema de control**

Función de transferencia

Se determina la función de transferencia por medio del **Process Models** de cada una de las variables es decir la temperatura, humedad tanto interna como externa. Para la obtención de estas funciones fue necesario utilizar la base de datos que en cuyo caso fue determinada por el uso de la estación meteorológica. Para determinar cada una de las funciones se utilizó la función Ident respectivamente. En consecuencia, se obtiene la siguiente información:

- **Función de transferencia de la temperatura interna**

$$FTI = \frac{-4.874s^3 + 4.28s^2 - 0.2718s + 0.006278}{s^3 + 0.0608s^2 + 0.07978s + 0.0001654}$$

En la Figura 24 se observa el comportamiento de la señal de temperatura interna sometida a una entrada tipo escalón, esta función fue determinada con un fit del 55.82 % de precisión, donde se identifica la presencia de oscilaciones.

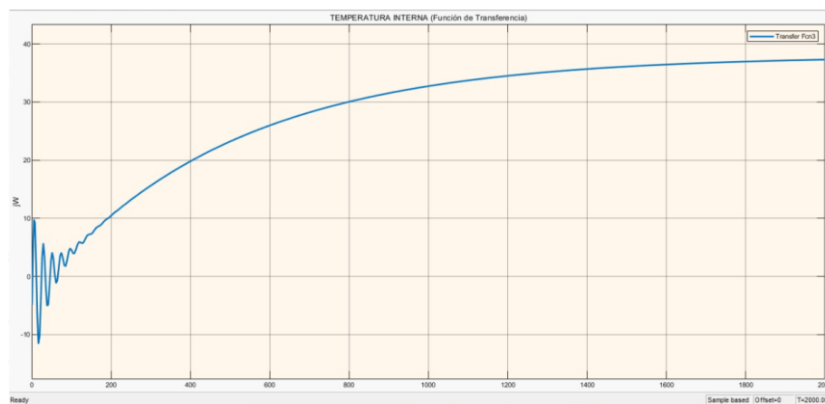


Figura 24 Temperatura interna

Fuente: Autor

- **Función de temperatura externa**

$$FTE = \frac{2.215s^2 + 0.2384s + 0.001024}{s^3 + 0.03937s^2 + 0.08893s + 2.637e - 05}$$

En la Figura 25 se observa el comportamiento de la señal de temperatura externa sometida a una entrada tipo escalón, esta función fue determinada con un fit del 50.44 % de precisión, donde se identifica la presencia de oscilaciones.

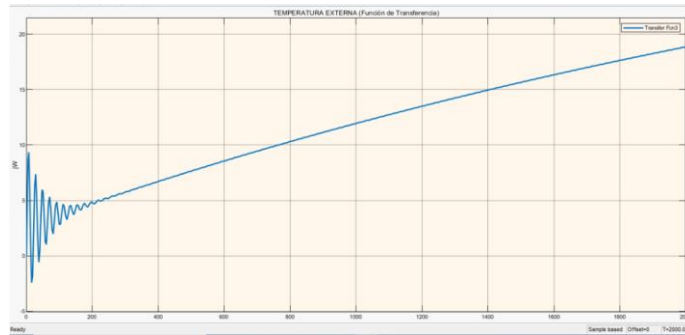


Figura 25 Función de transferencia temperatura externa

Fuente: Autor

Con respecto a la humedad se ha considerado las siguientes funciones de transferencia, hay que recalcar que estas variables cambian según las condiciones climáticas de la zona de estudio. A continuación, se determina el comportamiento de la función antes mencionada:

- **Función de humedad interna**

$$FHI = \frac{12.29s^3 - 1.95s^2 + 1.23s + 0.1346}{s^3 + 0.09736s^2 + 0.05701s + 0.0008133}$$

En la Figura 26 se observa el comportamiento de la señal de humedad interna del invernadero sometida a una entrada tipo escalón, esta función fue determinada con un fit del 54.39 % de precisión, donde se identifica unas pequeñas perturbaciones.

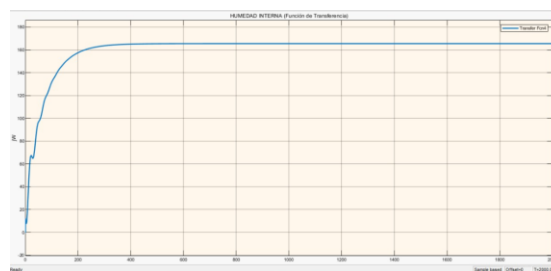


Figura 26 Humedad interna función de transferencia

Fuente: Autor

- **Función de humedad externa**

$$FHE = \frac{-2.672s^2 - 0.5686s + 0.2731}{s^3 + 0.07857s^2 + 0.07867s + 0.001657}$$

En la Figura 27 se observa el comportamiento de la señal de humedad externa del invernadero sometida a una entrada tipo escalón, esta función fue determinada con un fit del 53.09 % de precisión, donde se identifica la presencia de oscilaciones

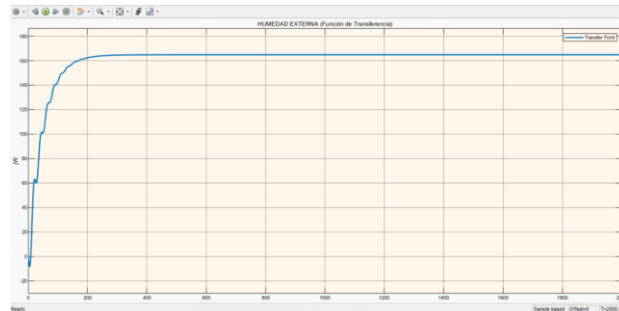


Figura 27 Humedad externa

Fuente: Autor

Estabilidad

Los criterios de estabilidad se hacen necesarios para determinar si el sistema de control tiene estabilidad o no. Para esto se utilizó criterios como: Polos y ceros de la función de transferencia y lugar de las raíces. En la Figura 28 se observa una caracterización en función de los resultados obtenidos en forma teórica.

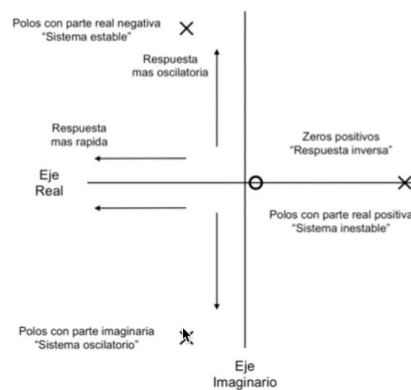


Figura 28 Polos y ceros de una función de transferencia

Fuente: Autor

Para el desarrollo del trabajo se realiza la aplicación de los métodos antes descritos para cada una de las funciones de transferencia obtenidas anteriormente.

Modelo de polos y ceros

Se hace uso de comandos para determinar los polos y ceros en base a las funciones de transferencia.

- FunTInterna

En la Figura 29 se observa la existencia de 3 polos y 3 ceros respectivamente, donde el sistema presenta oscilaciones y estabilidad del mismo.

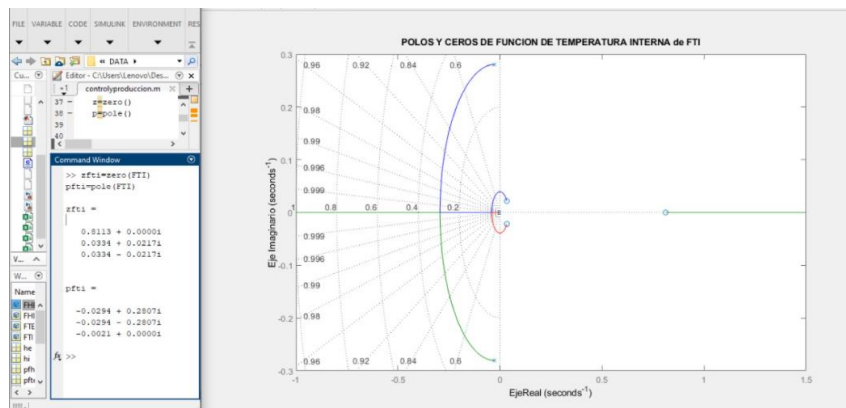


Figura 29. Polos y ceros de la función de temperatura interna

Fuente. Autor

- FunTexterna

La función de transferencia obtenida de la temperatura externa presenta la existencia de 2 ceros y 3 polos. En la Figura 30 se aprecia un sistema oscilatorio pero estable por estar en el cuadrante II y III.

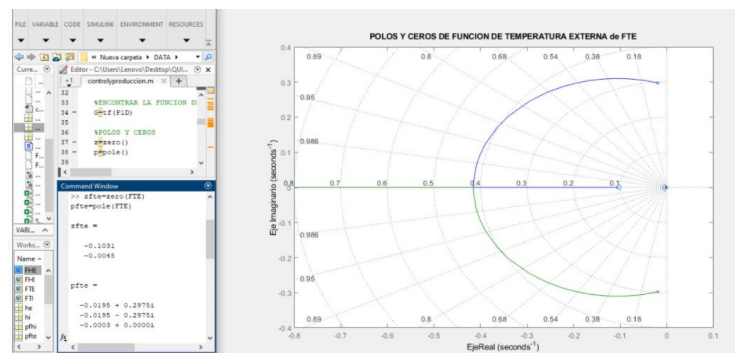


Figura 30. Polos y ceros de la función de temperatura externa

Fuente. Autor

- FunHinterna

La humedad interna en el invernadero presenta un comportamiento oscilatorio, pero con niveles de estabilidad encontrando 3 ceros y 3 polos como se muestra en la Figura 31.

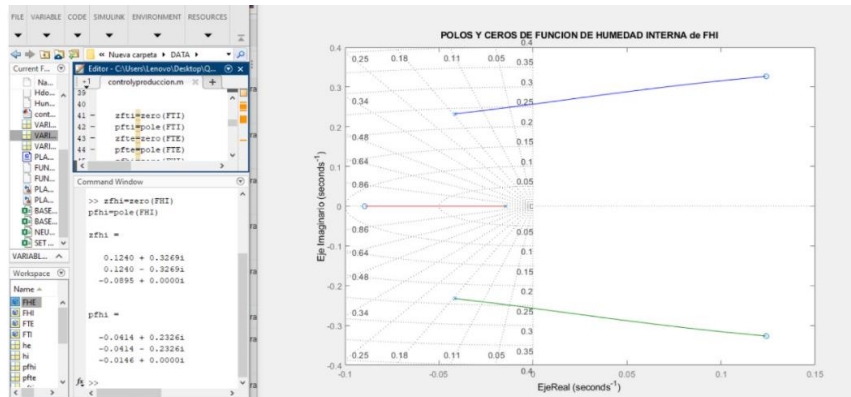


Figura 31. Polos y ceros de la función de humedad interna

Fuente. Autor

- FunHexterna

La función de transferencia de la humedad externa presenta la existencia de 2 ceros y 3 polos, además se observa un comportamiento oscilatorio pero que también tiene niveles de estabilidad como se lo observa en la Figura 32.

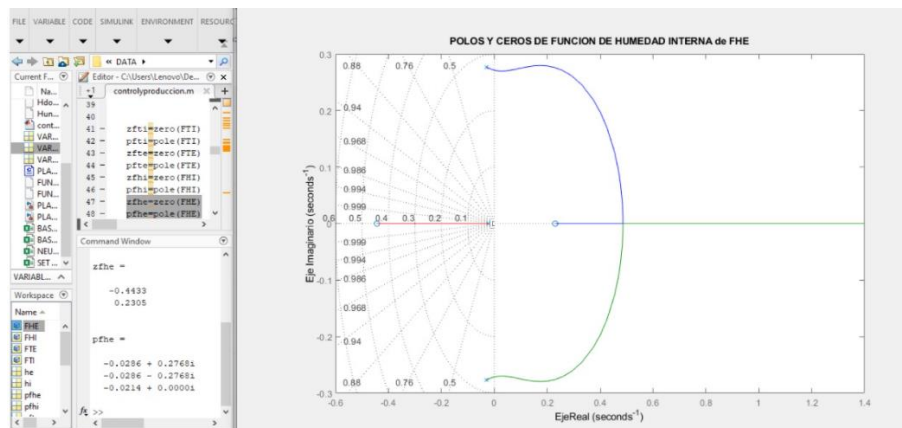


Figura 32. Polos y ceros de la función de humedad externa

Fuente: Autor

Los polos y ceros de las funciones de temperatura y humedad no requieren un recorrimiento de polos ya que se encuentran en lado negativo del eje de las abscisas y se

determina que la función encontrada es fiable y se puede determinar que las funciones tienen oscilaciones pero que pueden ser controladas. Dando como resultado un sistema estable.

Diagrama de control

Los sistemas de control permiten la linealización de las funciones de transferencia a través del PID. En el caso de estudio se considera la aplicación de estos criterios para la función de temperatura y humedad interna como señales de entrada para el proceso. En la Figura 33 se determina la aplicación del PID donde los valores $K_p = 0.04684$, $K_d = -5.8417$ y la $K_i = 7.66 \text{ e-}5$ en la función de transferencia de la temperatura interna.

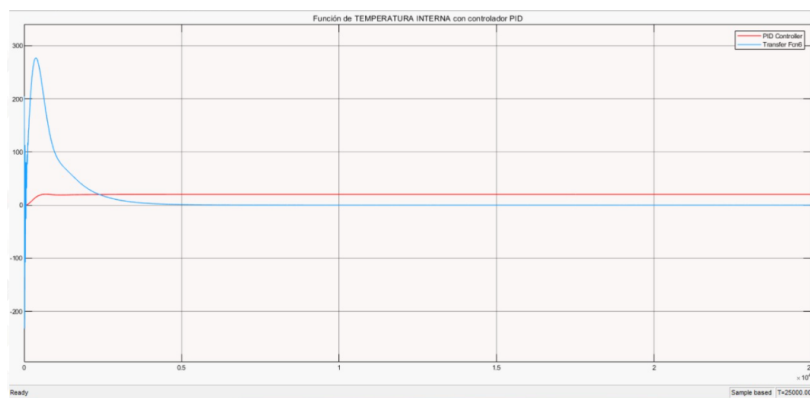


Figura 33 PID Temperatura interna

Fuente: Autor

En la Figura 34 se determina la aplicación del PID donde los valores $K_p = 0.008197$, $K_d = -0.18931$ y la $K_i = 0.000245$ de la función de transferencia de la humedad interna.

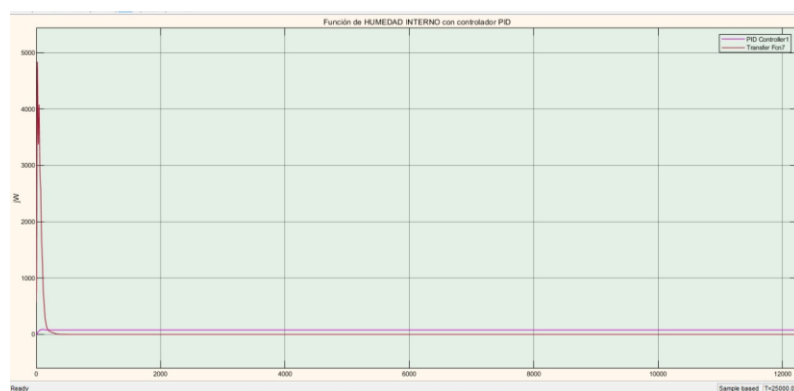


Figura 34 PID Humedad interna

Encontrado cierto nivel de dificultad al momento de trabajar con la union de diferentes variables, por lo tanto se realiza un analisis adicional para poder unificar las variables de entrada a travez del uso de la lógica difusa.

- **Caracterización de la Planta Fuzzy**

Para el sistema de control del invernado es recomendable usar la lógica difusa ya que permite realizar una planta en base a condiciones de las variables de entrada (Temperatura interna y Humedad interna) y las restricciones para la salida del sistema ya que se trabaja con variables de larga duración que llegan a variar al paso de las distintas estaciones al año. Como se muestra en la Figura 35.

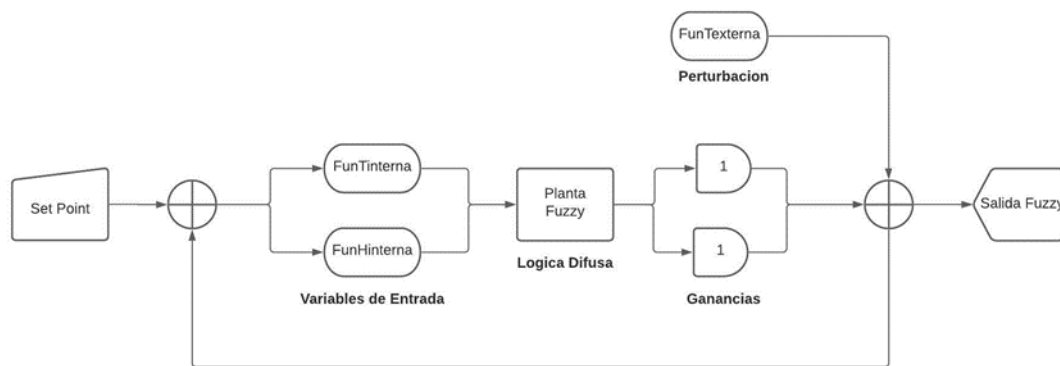


Figura 35 Diagrama de bloques

Fuente: Autor

La Lógica difusa con nuestras funciones de transferencia realizan la optimización del sistema en base a condiciones de dos variables de entrada temperatura interna y humedad interna que son las funciones consideradas como entradas del proceso. El método de estabilidad de Fuzzy en el sistema permite relacionar la humedad y temperatura por medio del Fuzzy Logic Dessigner como se muestra en la Figura 36.

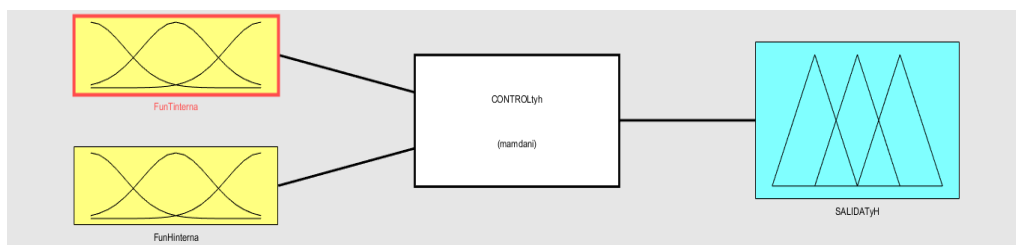


Figura 36. Entradas de las variables y relación del sistema.

Fuente: Autor

Las variables de temperatura y humedad ingresan al sistema por medio de parámetros establecidos en la data siendo la temperatura un rango de 0 a 30 °C y la humedad se trabajará de forma porcentual siendo el 0 % al 100%.

Para determinar los parámetros para la lógica difusa se interpreta de la siguiente manera:

- Las variables de temperatura de 0 °C a 10 °C se denomina como: temperatura baja.
- Las variables de temperatura de 10 °C a 20 °C se denomina como: temperatura estable.
- Las variables de temperatura de 20 °C a 30 °C se denomina como: temperatura alta.

En la Figura 37 se observa la ubicación de los parámetros antes descritos utilizado en el bloque lógico.

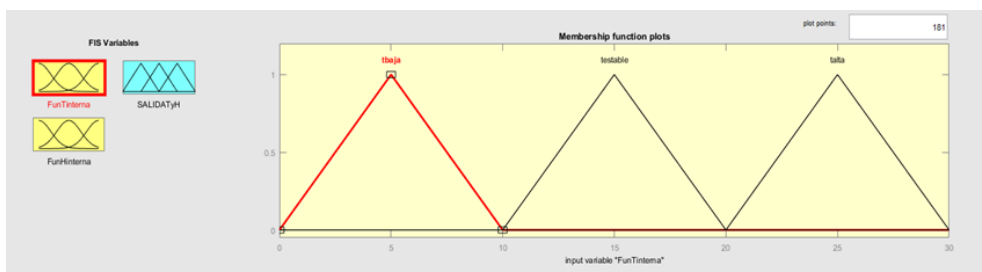


Figura 37 Parámetros de temperatura

Fuente: Autor

Ahora al considerar la variable de humedad se divide también se realiza una configuración mediante rangos los cuales son los siguientes:

- La humedad entre el 0 % al 80 % se denomina seco.
- La humedad entre el 80 % al 90 % se denomina como humedad estable.
- La humedad entre el 90 % al 100 % se considera como exceso de humedad.

En la Figura 38 se adjunta los parametros e interpretación de la humedad para el bloque lógico.

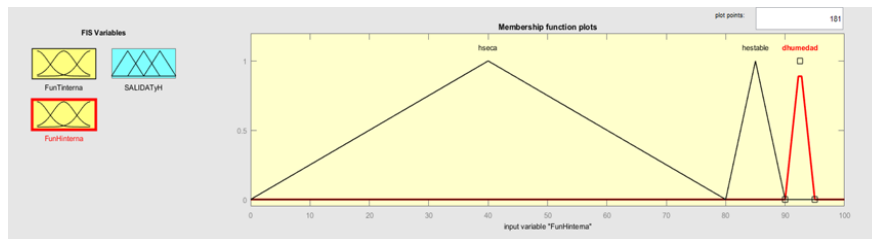


Figura 38 Parámetros de humedad

Fuente: Autor

Por lo tanto, se determina las siguientes condiciones lógicas para la interpretación de la salida del sistema. En la tabla 14 se realizan las siguientes consideraciones:

Tabla 14. Condiciones del bloque Fuzzy

UTC	Humedad			
	Rangos	H_Seco	H_Estable	H_Exceso
<i>Temperatura</i>	T_Baja	Sistema de riego (SDR)	Sin actuación (N/N)	Sin actuación (N/N)
	T_Estable	Sistema de riego (SDR)	OK	Sin actuación (N/N)
	T_Alta	Cortinas (C) Ventiladores (V) Sistema de riego (SDR)	Cortinas (C) Ventiladores (V)	Cortinas (C) Ventiladores (V)

Fuente: Autor

La Figura 39 indica las condiciones y relaciones que debe considerar en el sistema para obtener una estabilidad del mismo. Aunque el sistema se vea afectado por perturbaciones en el caso de estudio se ha denominado como: La temperatura externa existente en el medio ambiente.

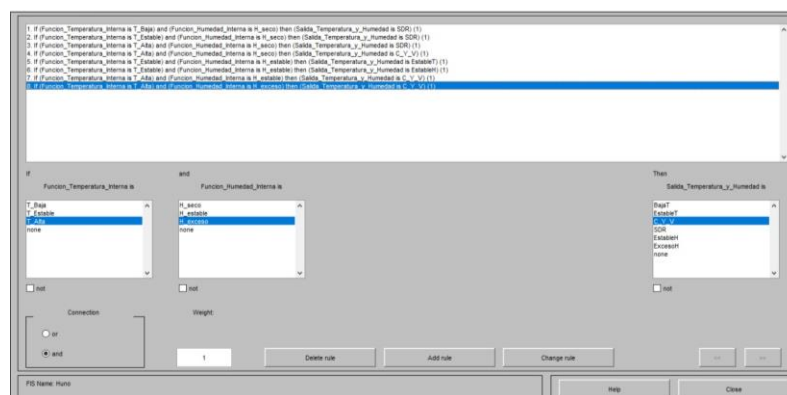


Figura 39. Condiciones del bloque

Fuente: Autor

Mediante las condiciones dadas al sistema se determina el siguiente diagrama de flujo para entender y comprender las condiciones existentes en el sistema. Como se observa en la Figura 40, Anexo 2.

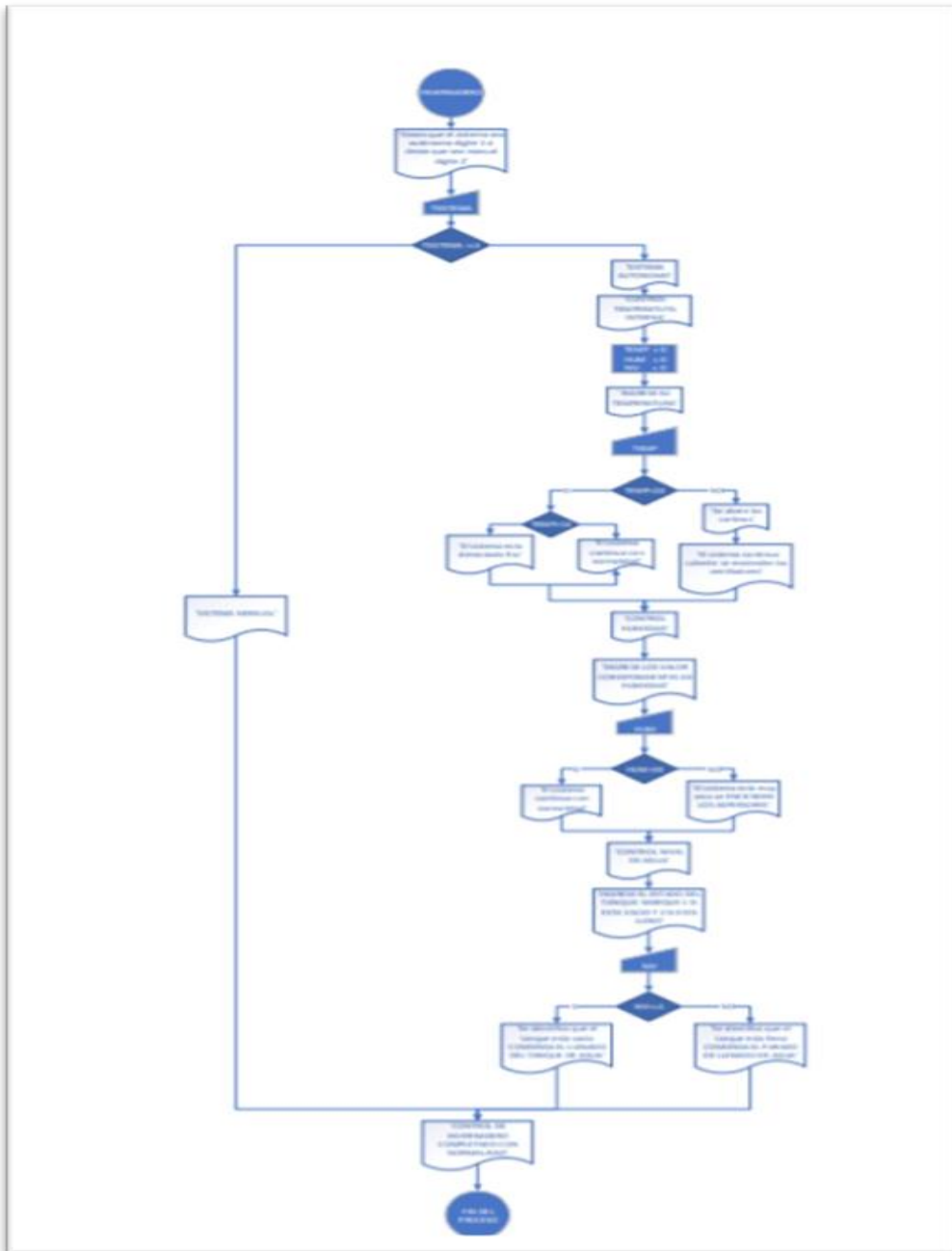


Figura 40 Diagrama de flujo

Fuente: Autor

- **Interpretación de la planta.**

El trabajo de la planta se determina con la utilización de diferentes bloques, donde se han ubicado las diferentes condiciones de funcionamiento. El bloque de Fuzzy Logic dará las señales pertinentes para que el sistema tome decisiones para los diferentes actuadores ubicados en el proceso como son: Sistema de riego, motores para las cortinas y ventiladores. La figura 41 indica las entradas, aplicación del bloque Fuzzy Logic, la perturbación ingresada al sistema y su respectiva salida.

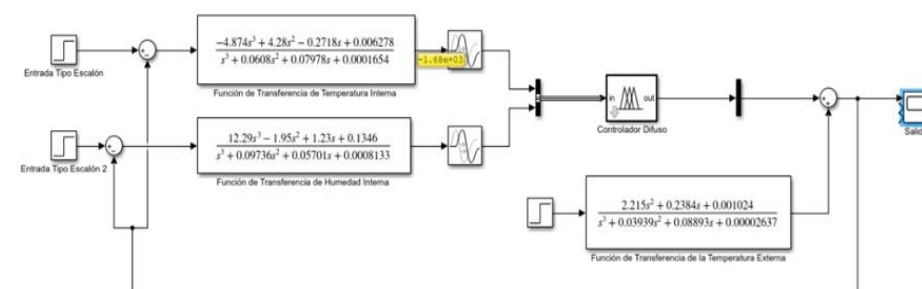


Figura 41 Diagrama Lógica difusa

Fuente: Autor

En la Figura 42 se identifica un sistema oscilatorio pero estable donde el nivel de efectividad es del 88.41 %.

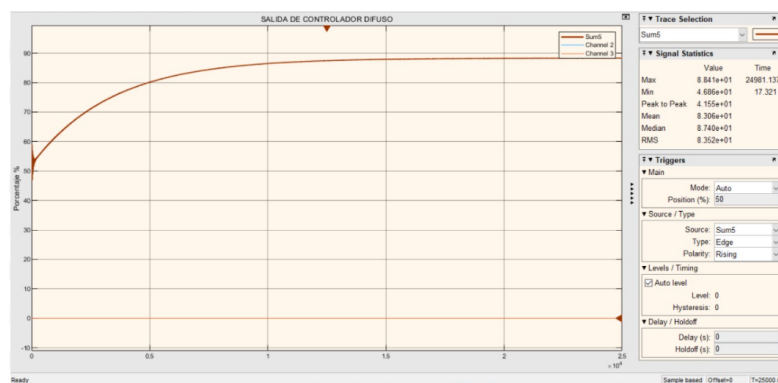


Figura 42 Salida del sistema

Fuente: Autor

- **Casos de análisis**

En el trabajo de investigación se determina las diferentes condiciones determinadas en el proceso con el objetivo de interpretar la salida correspondiente.

Caso 1

Para el primer escenario se considera la siguiente información:

- T_baja valor: 5 ° C
- H_seco valor: 10 %



Figura 43 Salida escenario 1

Fuente: Autor

En la Figura 41 se observa la ubicación de las condiciones y por ende una activación en este caso específico el encendido del sistema de riego (SDR).

Caso 2

Para el segundo escenario se considera la siguiente información:

- T_estable valor: 18 ° C
- H_seco valor: 10 %

En este escenario se realiza una modificación del parámetro de la temperatura cuya respuesta del sistema se observa en la Figura 42 donde la actuación en este sentido viene dada por la activación del sistema de riego.



Figura 44 Respuesta escenario 2

Fuente: Autor

Caso 3

Para el tercer escenario se considera la siguiente información:

- T_{alta} valor: 28°C .
- H_{seco} valor: 10 %

En la Figura 43 se observa una actuación del sistema de riego, ventiladores y cortinas.

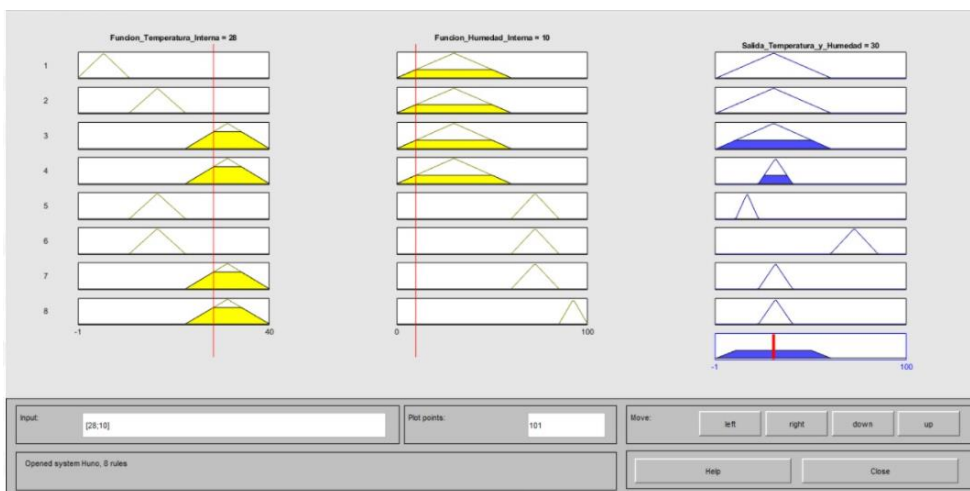


Figura 45 Respuesta escenario 3

Fuente: Autor

Caso 4

Para el primer escenario se considera la siguiente información:

- T_alta valor: 28 °C
- H_exceso valor: 95 %



Figura 46 Salida escenario 4

Fuente: Autor

3.2 Indicadores económicos

El invernadero experimental tiene equipos y elementos de consumo eléctrico, hídricos y productivos por lo cual en base a mediciones se lleva a concebir las siguientes plantillas ubicados en la tabla 15.

Tabla 15. Costos del Invernadero Experimental

Electricidad								
Equipos	Cantidad	Voltaje [V]	Corriente [A]	Potencia [W]	Horas al día	Wh/día	kWh/mes	kWh/año
6ep1332-1sh42 (Fuente)	1	110	1,22	134,2	24	3220,8	96,624	1159,49
Sp101a (Ventilador)	2	115	0,21	48,3	3	144,9	4,347	52,16
Paolo_model:cp-2003 (bomba eléctrica de agua)	1	110	2,00	220	5	1100	33	396,00
Hydrollo_pump qb60 (bomba eléctrica de agua)	1	110	2,5	275	2	550	16,5	198,00

Total	5		5,93	677,5	34	5015,7	150,4 71	1805,6 5
Costo	Kwh		\$0,12	Kwh/mes		\$18,06	kWh/año	\$216,68
Agua								
Equipos	Capacidad máxima (LPM)		Minutos de uso		Horas en uso		m³	
Paolo_model:cp-2003 (bomba eléctrica de agua)	170		300		5		51	
Hydrollo_pump qb60 (bomba eléctrica de agua)	40		120		2		4,8	
Total	210		420		7		55,8	
Costo	m³		\$0,09	m³/mes		\$5,02	m³/año	\$60,26
Semillas								
Hortalizas								
Especie	Cantidad por libras		Precio por cada libra		Total			
Acelga	1		\$5,00		\$5,00			
Berenjena	1		\$55,00		\$55,00			
Cebolla cabezona	1		\$200,00		\$200,00			
Cilantro	1		\$5,00		\$5,00			
Fresa	1		\$45,00		\$45,00			
Hierba buena	1		\$40,00		\$40,00			
Lechuga	1		\$36,00		\$36,00			
Melón	1		\$60,00		\$60,00			
Pepino	1		\$25,00		\$25,00			
Perejil	1		\$82,00		\$82,00			
Pimiento	1		\$70,00		\$70,00			
Rábano	1		\$16,00		\$16,00			
Remolacha	1		\$45,00		\$45,00			
Tomate	1		\$15,00		\$15,00			
Zanahoria	1		\$30,00		\$30,00			
Total	15		\$729,00		\$729,00			
Florícola								
Especie	Cantidad por libras		Precio por cada libra		Total			
Clavel	1		\$10,00		\$10,00			
Rosa	1		\$6,00		\$6,00			
Gerbera	1		\$14,00		\$14,00			
Crisantemo	1		\$13,00		\$13,00			
Glandiolo	1		\$11,00		\$11,00			
Tulipán	1		\$19,00		\$19,00			
Iris	1		\$11,00		\$11,00			
Narciso	1		\$7,00		\$7,00			

Lilium	1	\$18,00	\$18,00
Azalea	1	\$6,00	\$6,00
Rododendron	1	\$9,00	\$9,00
Begoeia	1	\$16,00	\$16,00
Poinsetia	1	\$11,00	\$11,00
Primula	1	\$17,00	\$17,00
Carceolaria	1	\$17,00	\$17,00
Pelargonium	1	\$18,00	\$18,00
Saintparolia	1	\$17,00	\$17,00
Klanchoe	1	\$13,00	\$13,00
Hortensia	1	\$11,00	\$11,00
Gardenia	1	\$17,00	\$17,00
Cybidum	1	\$16,00	\$16,00
Phalaenopsis	1	\$5,00	\$5,00
Cattleya	1	\$7,00	\$7,00
Crotón	1	\$8,00	\$8,00
Picus	1	\$8,00	\$8,00
Diffenbachia	1	\$6,00	\$6,00
Total	26	\$311,00	\$311,00
Valor total de las semillas por 10 años:	\$1.040,00		

Fuente: Autor

3.5. Conclusiones del III capítulo.

La aplicación de software cuenta con una interfaz sencilla que facilita su acceso:

- El Software alberga un diseño sencillo, por lo cual brinda una interacción rápida al momento de ejecutar la orden con respecto a la respuesta y ejecución del sistema.

CONCLUSIONES GENERALES

- En el desarrollo de las tesis ha sido necesario un sistema de control identificando en primera instancia una teoría clásica que hace referencia a criterios de estabilidad, ahora para desarrollar los diferentes diagramas de control existentes en la investigación es necesario determinar métodos heurísticos que permitan vincular n número de entradas partiendo en un paradigma denominado lógica difusa.
- La eficiencia del sistema de riego y consumo eléctrico se desarrolló en un conjunto de funciones de entrada, salidas y perturbaciones dadas por el medio ambiente. Las condiciones de lógica difusa permiten la relación de temperatura y humedad basado en n escenarios posibles, garantizando así un buen funcionamiento del sistema de control.
- Los principales indicadores que se toman en consideración para el análisis son en base a la adquisición de sensores y equipos los cuales tienen una alta sensibilidad (equipos de media gama) los cuales permitieron obtener una base de datos real, obteniendo un 88,41% de eficiencia.

RECOMENDACIONES

- Mantener una conexión activa de internet ya sea cableada o inalámbrica en las instalaciones del invernadero o donde se va a alojar los diferentes equipos.
- Para el correcto funcionamiento del mecanismo de riego es necesario mantenerlo siempre conectado a una fuente de agua.
- Poner a disposición de los agricultores, diseños de sistemas tecnificados de riego, y promover el buen uso de la energía.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.

- [1] G. M. Caiza y M. L. Camuendo, Diseño e implementación de un sistema de control de temperatura en los invernaderos de los microempresarios floricultores de la Asociación Camino a La Esperanza de la Comúna Jurídica de Patután, Parroquia Eloy Alfaro, Cantón Latacunga., Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2011.
- [2] T. E. Castillo, Implementación de un sistema SCADA para integrar a varios dispositivos de automatización en el monitoreo y control de un prototipo de invernadero de rosas para la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial, Ambato: Universidad Técnica de Ambato, 2010.
- [3] O. Torrente Artero, ARDUINO, “Curso práctico de formación”, Primera Edición ed., Madrid: Alfaomega Grupo Editorial, S.A, de C.V., 2013.
- [4] L. Puma Caiza, Sistema de supervisión, control y adquisición de datos a través de la telefonía móvil para invernaderos de rosas, Ambato, 2006.
- [5] T. Castillo Sánchez, “IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA SCADA PARA INTEGRAR A VARIOS DISPOSITIVOS DE AUTOMATIZACION EN EL MONITOREO Y CONTROL DE UN PROTOTIPO DE INVERNADERO DE ROSAS PARA LA FACULTAD DE INGENIERIA EN SISTEMAS, ELECTRONICA E INDUSTRIAL”, Ambato, 2010.
- [6] G. Y. López Ajila, “DESARROLLO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA SCADA PARA INVERNADEROS, UTILIZANDO UN SISTEMA DE CONTROL PLC Y UN SISTEMA DE COMUNICACIÓN BASADO EN RED GPRS Y DE LOCALIZACIÓN GPS”, Loja, 2012.
- [7] M. X. Aillón Abril, “DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA LOS LECHOS DE PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ EN LA EMPRESA BIOAGROTECSA CÍA. LTDA.”, Ambato, 2013.
- [8] M. I. Gómez Gavilanes, “ DISEÑO DE IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA DE MONITOREO Y CONTROL DISTRIBUIDO A TRAVES DE LA NUBE, DE MICRO-UNIDADES DE REGULACION DE HUMENDAD Y TEMPERATURA PARA INVERNADEROS”, Guayaquil, 2015.

- [9] A. Barroso García, Control y monitorización de un invernadero, Madrid: España, 2015.
- [10] Universidad Distrital Francisco Jose De Caldas, «Parámetros de configuración en módulos XBEE-PRO® S2B ZB,» *Tecnuras*, Bogota 2015.
- [11] P. Restrepo, C. Diana, C. Ovalle, Demetrio y C. Montoya, «P. RESTREMANEJO E INTEGRACIÓN DE BASES DE DATOS EN REDES DE SENSORES INALÁMBRICA,» *UNAL*, vol. 6, n° 1, pp. 145-154, 2008.
- [12] Universidad Distrital Francisco Jose De Calda, «AUTOMATIZACIÓN EN LA INDUSTRIA DE BOLÍGRAFOS,» Bogota 2011.
- [13] M. Gómez Gavilanez, Diseño e Implementación de un sistema de monitoreo y control distribuido a través de la nube, de micro-unidades de regulación de humedad y temperatura para invernaderos, Guayaquil, 2015.
- [14] M. Erazo Rodas y J. Sánchez Alvarado , CONTROL Y SUPERVISIÓN DE VARIABLES EN UN SISTEMA DE ANTIHELADAS, REGADÍO Y VENTILACIÓN PARA OPTIMIZAR LOS CULTIVOS BAJO INVERNADERO”, Latacunga: Escuela Superior Politécnica del Ejercito sede Latacunga, 2011.
- [15] J. & V. W. Melo, Implementación de un sistema de almacenamiento de la información, monitoreo y control aplicando el internet de las cosas, para la automatización de un invernadero, Riobamba: Universidad Nacional de Chimborazo, facultad de Ingeniería, Carrera de Electrónica y Telecomunicaciones, Noviembre, 2017.
- [16] E. Villagrán, Diseño y evaluación climática de un invernadero para condiciones de clima intertropical de montaña., Bogotá: Universidad Nacional de Colombia, Facultad de ingeniería, Departamento de Ingeniería Civil y Agrícolas, 2016.
- [17] Rodríguez Díaz, Modelado y Control jerárquico de cultivo en invernadero, Almeira, 2002.
- [18] O. Guadarrama, Automatización climática para un invernadero, México D.F: Instituto Plitécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, Diciembre 2014.
- [19] I. Moreno, Automatización de un invernadero, Universitat Rovira I Virgili, Junio del 2011.

- [20] M. S. A. J. Erazo Rodas, Control y supervisión de variables de un sistema de antiheladas, riego y ventilación para optimizar los cultivos bajo invernadero., Latacunga: Escuela Politécnica del Ejército Extensión Latacunga, Carrera de Ingeniería Eléctrica e Instrumentación, Noviembre 2011.
- [21] G. B. Carozama Flores, SCADA para invernaderos sobre software libre, Ibarra: Universidad Técnica del Norte, Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, Carrera de Ingeniería en Mecatrónica, 2018.
- [22] A. d. a. i. d. Cañar, Diseño, construcción y mantenimiento de invernaderos de madera, Cañar, 2004.
- [23] Z. Serrano Carmeño, Construcción de Invernaderos, Madrid, 2005.
- [24] K. Lara, Diseño e implementación de un sistema de control microclimático para la preservación de orquídeas endémicas del Perú en invernadero, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Diciembre 2015.
- [25] «ininsa,» [En línea]. Available: <https://www.fabricanteinvernaderos.com/productos/umbraculos/umbraculo-de-techo-plano/>. [Último acceso: 26 05 2020].
- [26] D. Borja Cazales, Invernadero inteligente. Tesis para obtener el título de Técnico en sistemas Digitales., México D. F.: Instituto Politécnico Nacional CECyT No 1 GONZALO VASQUEZ VELA, 2010.
- [27] R. López de Paz, Diseño del sistema de control de temperatura de un invernadero, Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, Facultad de Ciencias e Ingeniería, Abril 2016.
- [28] C. Barreiro y J. Lema, “Diseño de un sistema de climatización, para invernaderos de cultivo de flores, a través de software”, Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO, FACULTAD DE MECÁNICA, ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA., 2009.
- [29] R. Barraqueta, Implementación de invernadero con sistema de control y monitoreo inalámbricos 424.16.9, Zaragoza: Escuela Universitaria Politécnica de la Almunia de Doña Godina (Zaragoza), Diciembre, 2016.
- [30] «INNEX,» [En línea]. Available: <http://innex.com.mx/productos-invernaderos-asimetricos/>. [Último acceso: 30 05 2020].

- [31] «Tu Industria,» [En línea]. Available: <https://tuindustria.wixsite.com/tuindustria/single-post/2016/07/20/Caracter%C3%ADsticas-del-Invernadero-tipo-T%C3%BAnel>. [Último acceso: 30 05 2020].
- [32] A. Nájera, Diseño de un sistema de instrumentación y medición para los parámetros físicos de un módulo de invernadero, Universidad Autónoma del estado de Hidalgo, Agosto 2017.
- [33] «Diseño y construcción de invernaderos y viveros en España,» 25 10 2017. [En línea]. Available: <https://www.deforche.be/en/factores-tener-en-cuenta-en-los-cultivos-agricolas/>. [Último acceso: 01 06 2020].
- [34] E. Barrera Martín, R. V. Herrero Niño y A. R. Meraz García, Invernadero Inteligente, Méco D.F.: Instituto Politécnico Nacional, 2014.
- [35] J. Baltazar Aguilat, D. Enciso Hernández y M. A. Vargas Domínguez, Diseño e implementación de un dispositivo digital para el control de la temperatura de un invernadero de tomate., México D.F.: Instituto Politécnico Nacional, 2014.
- [36] J. Caiza Chimarro, Diseño e implementación de un prototipo de sistema de control, supervisión de temperatura y humedad, para cultivos caseros bajo invernadero, utilizando el módulo Arduino, en la ciudad de Cayambe, Universidad Tecnológica Israel, 2016.
- [37] L. Lopez, Diseño de un sistema de control de temperatura on/off para aplicaciones de invernadero utilizando energía solar y gas natural., Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú, 2008.
- [38] «Horticultura,» [En línea]. Available: <http://www.interempresas.net/Horticola/Articulos/77307-Control-climatico-en-invernaderos.html>. [Último acceso: 01 06 2020].
- [39] Z. S. Cermeño, Construcción de invernaderos, Mundi-Prensa Libros, 2005.
- [40] M. J. E. N. S. V. Molina C., «Monografias.com,» Noviembre 2009. [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos76/automatizacion/automatizacion2.shtml>.
- [41] P. Muñoz, B. Julian y C. O. S. A. Z. C. Arboleda Angela, «Sistema de instrumentación y monitoreo para el invernadero la Aldana de la Universidad del Quindío,» *Revista UTP (Universidad Tecnológica de Pereira)*, 2011.

- [42] A. CreusSole, Documentos de apuntes sobre instrumentación y Elementos de control de la unidad 1 - 6 de la materia Elementos de transmisión y control de la carrera ICA. Referentes al libro INSTRUMENTACION INDUSTRIAL, 6 Edición ed.
- [43] E. Boix Aristu, OPERACIONES BASICAS DE PRODUCCION Y MANTENIMIENTO DE PLANTAS EN VIVEROS Y CENTROS DE JARDINERIA, España, 2015.
- [44] S. Organización de Servicio SEAT, «Conceptos Basicos de Electricidad,» *Conceptos Basicos de Electricidad*, vol. 1, p. 36, 1996.
- [45] J. Guerrero Sedeño y J. Candelo Becerra, Análisis de circuitos eléctricos estado estable, Barranquilla, 2011.
- [46] A. Orza Couto, La Eletricidad Conceptos y fenómenos, TECNOLOGÍA 3° ESO, 2005.
- [47] J. Campos Vásquez, Tipos de Electricidad, Quito, 2013.
- [48] M. F. N. Herrera E., Tutoría de la Investigación Científica, Ambato: Maxtudio, 2004.
- [49] MATLAB, [En línea]. Available: https://www.u-cursos.cl/ingenieria/2007/2/EL42D/1/material_docente/bajar%3Fid_material%3D143137. [Último acceso: 24 02 2021].
- [50] R. Dorf, Circuitos Eléctricos, [En línea]. Available: https://tecdigital.tec.ac.cr/repo/rea/electronica/el-2114/un_5/51_funcin_de_transferencia_polos_y_ceros.html. [Último acceso: 24 02 2021].
- [51] R. S. J. Dorf, « Circuitos Eléctricos, 8va edición, sección 13.1,» [En línea]. Available: https://tecdigital.tec.ac.cr/repo/rea/electronica/el-2114/un_5/51_funcin_de_transferencia_polos_y_ceros.html. [Último acceso: 03 03 2021].
- [52] CAD_SIMU, [En línea]. Available: <https://frigoristas.wordpress.com/cade-simu/>. [Último acceso: 03 03 2021].
- [53] M. Gomez, «Academia.edu,» 13 11 2015. [En línea]. Available: http://www.academia.edu/8014551/BOMBA_CENTR%C3%8DFUGA_DEFI

NICI%C3%93N_Las_Bombas_centrales_fugas_tambien_llamadas_Rotodin%C3%A1micas.

- [54] Ferrería Industrial, [En línea]. Available: <http://www.ludepa.ec/productos/bombas-y-plomeria/bomba-de-agua-electrica-centrifuga/>. [Último acceso: 23 02 2021].
- [55] N. García, 08 07 2017. [En línea]. Available: <https://www.slideshare.net/NiltonGarcaJurez/caudal-de-circulacin-en-tuberas-comeval>. [Último acceso: 23 02 2021].
- [56] Gestión Piscinas, [En línea]. Available: https://gestionpiscinas.es/electrovalvula-riego-24vac.html#/127-conexion_rosca-conexion_rosca_1_1_2. [Último acceso: 23 02 2021].
- [57] Conelec, «Consejo Nacional de Electricidad,» Quito, 2010.
- [58] ELECTRONICA, [En línea]. Available: <https://www.electronicafacil.net/tutoriales/Valores-normalizados-cables-AWG.php>. [Último acceso: 23 02 2021].
- [59] Traxco S.A., «NOTICIAS AGRÍCOLAS,» 10 Octubre 2010. [En línea]. Available: <https://www.traxco.es/blog/noticias-agricolas/historia-ancestral-del-riego>.
- [60] Traxco S.A., «NOTICIAS AGRÍCOLAS,» 14 Agosto 2019. [En línea]. Available: <https://www.traxco.es/blog/noticias-agricolas/cultivos-en-el-desierto>.
- [61] J. C. Váconez y F. d. J. Chamba, «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO,» 04 Mayo 2013. [En línea]. Available: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5304/1/UPS-GT000434.pdf>.
- [62] I. M. Mendez, «AUTOMATIZACIÓN DE UN INVERNADERO,» 15 Junio 2011. [En línea]. Available: <http://deeea.urv.cat/public/PROPOSTES/pub/pdf/1710pub.pdf>.
- [63] E. Barrera, R. Herrero y A. Meraz, «INVERNADERO INTELIGENTE,» 24 Mayo 2014. [En línea]. Available: <https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14050/1/INVERNADERO%20INTELIGENTE.pdf>.

- [64] AGRONOMÍA, «ESTRUCTURAS PARA INVERNADEROS,» 25 Abril 2014. [En línea]. Available: <http://ingagronomiacmu.blogspot.com/2010/02/estructuras-para-invernadero.html>.
- [65] J. Barón y D. Pérez, «INVERNADERO DE RIEGO Y TEMPERATURA CONTROLADO,» 24 Abril 2017. [En línea]. Available: <https://repository.libertadores.edu.co/bitstream/handle/11371/1292/baronjulio2017.pdf?sequence=4&isAllowed=y>.
- [66] A. Villacreses Pita y D. Salazar Velarde, DISEÑO E IMPLEMENTACION DE UN SISTEMA SCADA PARA MONITOREO DE FLUJO Y TEMPERATURA DEL SISTEMA DE RELLENADO ASEPTICO DE JUGO DE MARACUYA EN LA AGRO-INDUSTRIA FRUTAS DE LA PASION C.LTDA., Guayaquil, 2015.
- [67] M. Iriani y M. Coronel, Modelo de Implentación de SCADA mediante LabView, Argentina: Facultad de Ingeniería- UNMDP, 2013.
- [68] A. Moreno Vega, MANEJO Y MANTENIMIENTO DE INVERNADEROS, España, 2017.
- [69] J. Ramírez Arias, CONTROL JERARQUICO MULTIOBJETIVO DE CRECIMIENTO DE CULTIVOS BAJO INVERNADERO, Almería, 2005.
- [70] N. Castilla, INVERNADEROS DE PLASTICO TECNOLOGÍA Y MANEJO, Madrid, 2007.
- [71] D. Valera Martínez, F. Molina Arias y J. A. Gil Ribes, Los invernaderos de Almería: Tipología y mecanización del clima, Almería, 1999.
- [72] S. Gallardo Vásquez, Técnicas y procesos en instalaciones domóticas y automáticas., Madid, 2019.
- [73] A. Rodríguez Penin, Sistemas SCADA, México, 2007.
- [74] R. Suárez, «Automatización y control de un invernadero experimental,» Ambato, 2021.
- [75] C. Eibar Bejarano y V. Silva Escobar, "Diseño e implementación de un sistema automático de control de riego para la estación experimentación- ESPOCH", Riobamba: ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO, 2012.

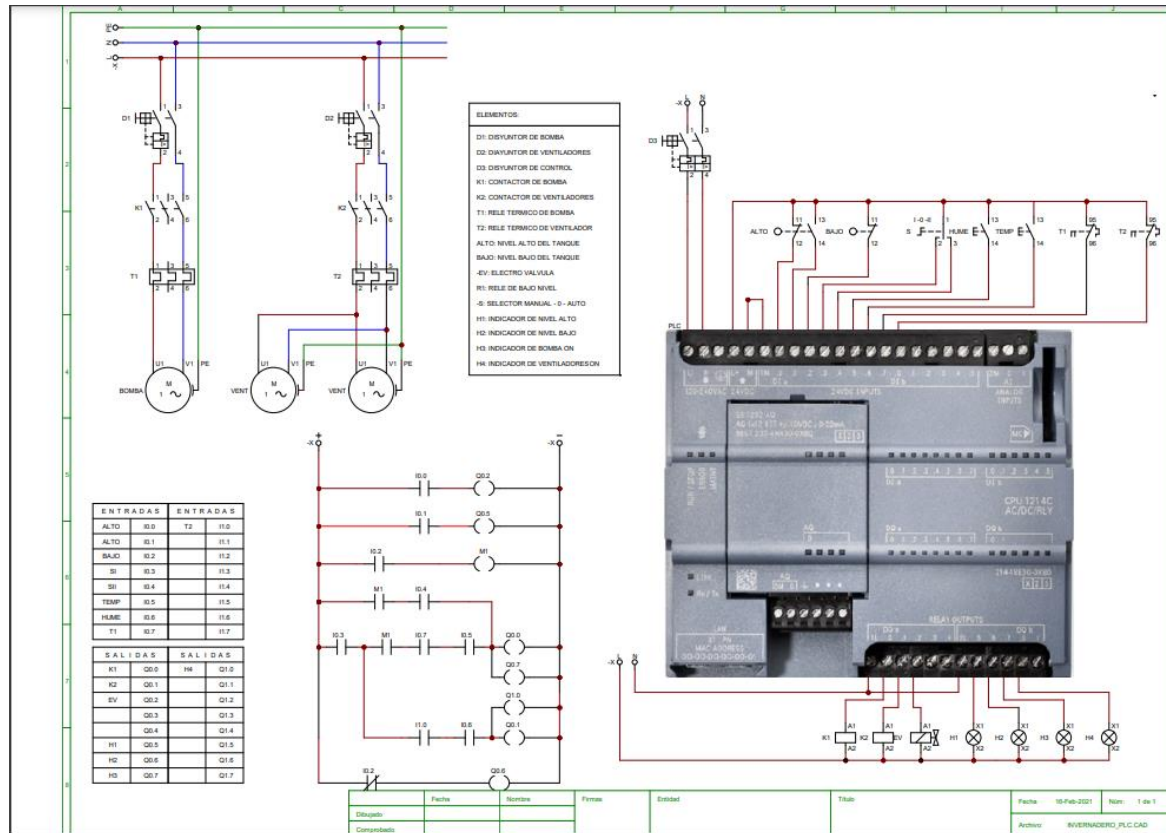
- [76] M. J. Espin Ortiz y A. B. López Landázuri, "Diseño e implementación de un sistema de automatización para el control de temperatura, luminosidad, y CO2 para un invernadero" Como complemento del proyecto de investigación del "Sistema Antiheladas", Latacunga: Escuela Politécnica del Ejército Sede Latacunga, Carrera de Ingeniería Electrónica e Instrumentación, Abril 2010.
- [77] L. Romero, Desarrollo e implementación de un sistema mecatrónico de control de temperatura a través del flujo de aire de un modelo de invernadero, Bogotá: Universidad Agraria de Colombia Uniagraria, 2015.
- [78] N. Castilla Prados, "Invernaderos de plástico", Madrid: Madrid: Mundi-Prensa, 2007.
- [79] J. I. M. y J. P. P. E. J. Baeza Romero, "Avances en el estudio de la ventilación natural", Cajamar, 2014.
- [80] G. D. Tenorio, «La ventilación natural y su mecanización en invernaderos,» [En línea]. Available: <http://www.horticom.com/pd/imagenes/66/047/66047.pdf>. [Último acceso: 12 06 2020].
- [81] P. P. J.W, Diseño de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura y humedad para un cultivo de invernadero., Universidad Tecnológica de Pereira, Programa de Ingeniería Eléctrica., Noviembre del 2016.
- [82] SIEMENS, SIMATIC HMI WinCC Flexible 2008, SIEMENS, 2017.
- [83] J. Aux y L. Benavidez, Control automatizado de un sistema de riego y fertirriego, Nariño, 2015.
- [84] Fernandez, «Redagricola,» Redagricola, agosto 2017. [En línea]. Available: <http://www.redagricola.com/cl/sistemas-monitoreo-humedad-control-remoto-del-riego-lemsystem/>. [Último acceso: 15 diciembre 2018].
- [85] «Hetpro,» 25 11 2017. [En línea]. Available: <https://hetpro-store.com/TUTORIALES/lm35/>. [Último acceso: 24 06 2020].
- [86] «Patagoniatec,» [En línea]. Available: <https://saber.patagoniatec.com/2014/07/sensor-de-temperatura-lm35-arduino-argentina-ptec/>. [Último acceso: 23 06 2020].
- [87] «Arduino a muete,» 11 04 2014. [En línea]. Available: <http://arduinoamuede.blogspot.com/2014/04/sensores-de-temperatura-y-humedad-dhtxx.html>. [Último acceso: 24 06 2020].

- [88] «WIKA,» [En línea]. Available: https://www.wika.es/landingpage_thermocouple_es_es.WIKA. [Último acceso: 24 06 2020].
- [89] «Ceiv,» [En línea]. Available: <https://ceiv.com.mx/termopar-tipo-k/>. [Último acceso: 24 06 2020].
- [90] Masvoltaje, «www.masvoltaje.com,» 27 febrero 2018. [En línea]. Available: <https://masvoltaje.com/simatic-s7-1200/1195-simatic-s7-1200-cpu-1212c-cpu-compacta-ac-dc-rele-4047623402725.html>. [Último acceso: 08 enero 2020].
- [91] Definición.de, «Significado,» Noviembre 2015. [En línea]. Available: <http://definicion.de/tubo/>.

ANEXOS

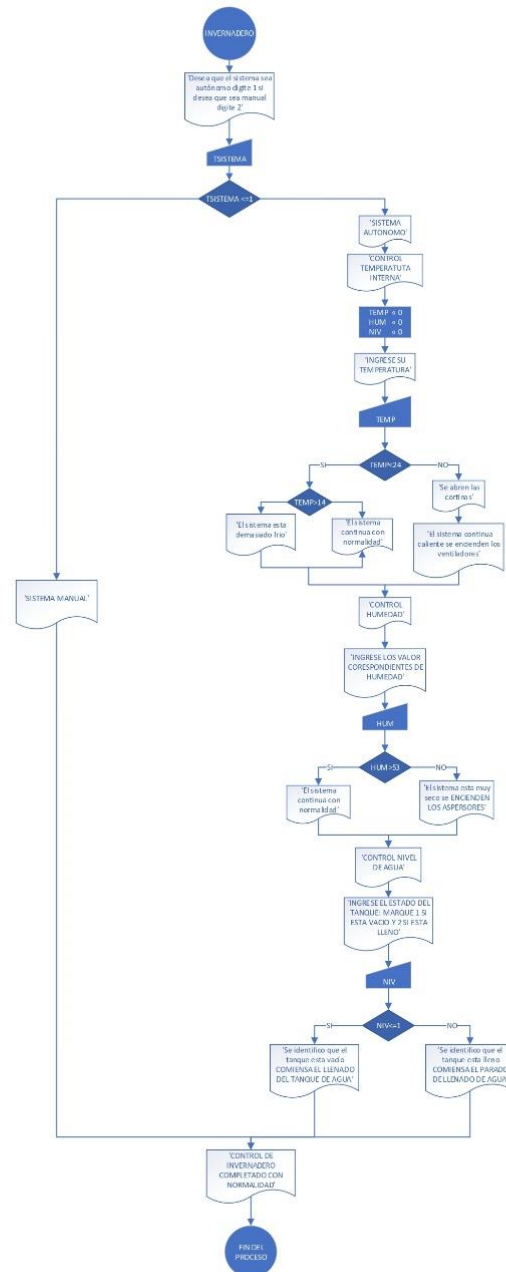
Anexo_1

Diagrama de control y mando del sistema.



Anexo 2

Diagrama de flujo, condiciones del sistema.



ANEXO 3

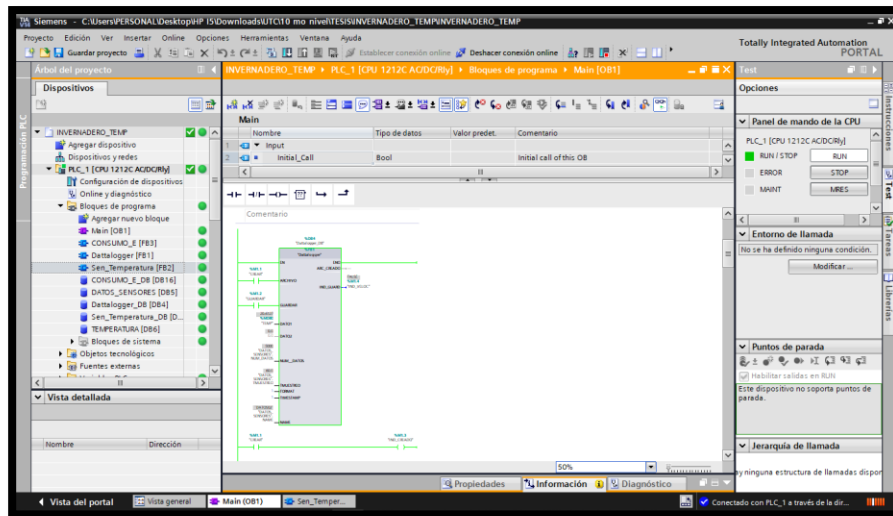
Programación PLC S7-1200

Adquisición de la Temperatura

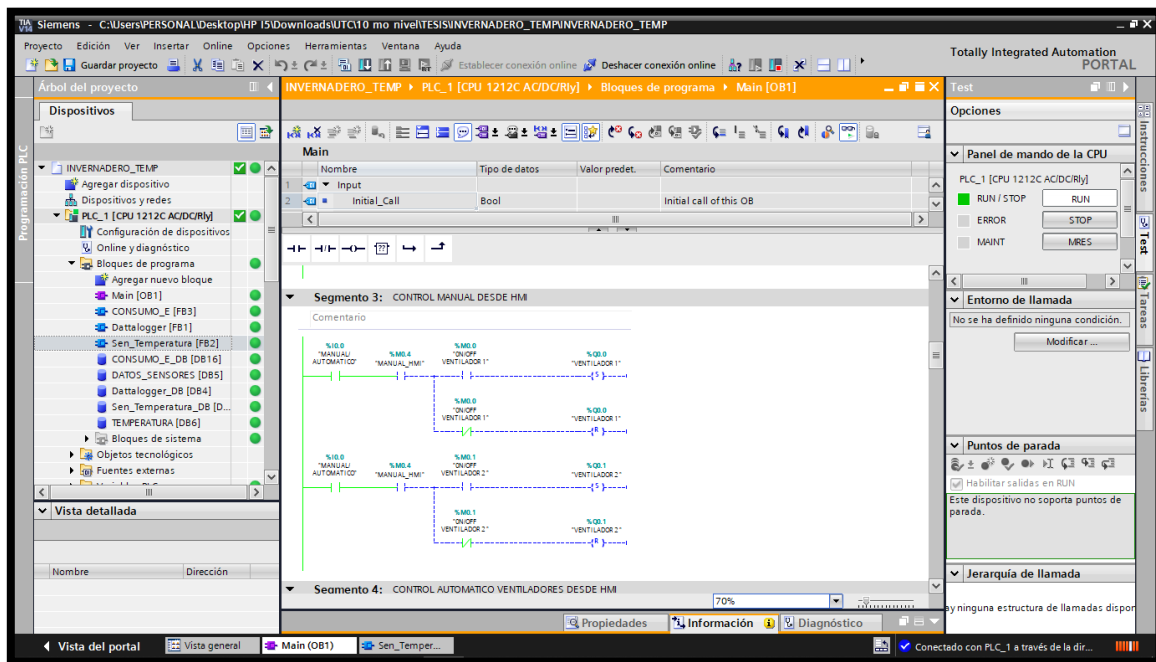
The screenshot shows the Siemens TIA Portal interface for a PLC S7-1200. The main window displays the 'Main' program block, which is titled 'Main Program Sweep (Cycle)'. The program is divided into two segments: 'Segmento 1: ADQUISICION TEMPERATURA' and 'Segmento 2: DATA LOGGER'. The first segment contains a ladder logic diagram with a normally open contact labeled 'S665' and 'SW64' in series with a coil labeled 'S665' and 'SW64'. The coil is connected to a digital output 'Q0.0' labeled 'M0.0' and 'TEMP'. The second segment is a data logger block. The left sidebar shows the project tree with the 'Main' program block selected. The right sidebar shows the 'Options' panel with various settings for the CPU and the program.

The screenshot shows the Siemens TIA Portal interface for a PLC S7-1200, focusing on the 'Sen_Temperatura' function block. The main window displays the 'Sen_Temperatura' block, which is titled 'Sen_Temperatura'. The block is divided into two segments: 'Segmento 1: ADQUISICION TEMPERATURA' and 'Segmento 2: ...'. The first segment contains a ladder logic diagram with a normally open contact labeled 'NORM_X' and a coil labeled 'SCALE_X'. The coil is connected to a digital output 'Q0.0' labeled 'M0.0' and 'TEMP'. The second segment is a data logger block. The left sidebar shows the project tree with the 'Sen_Temperatura' block selected. The right sidebar shows the 'Options' panel with various settings for the CPU and the program.

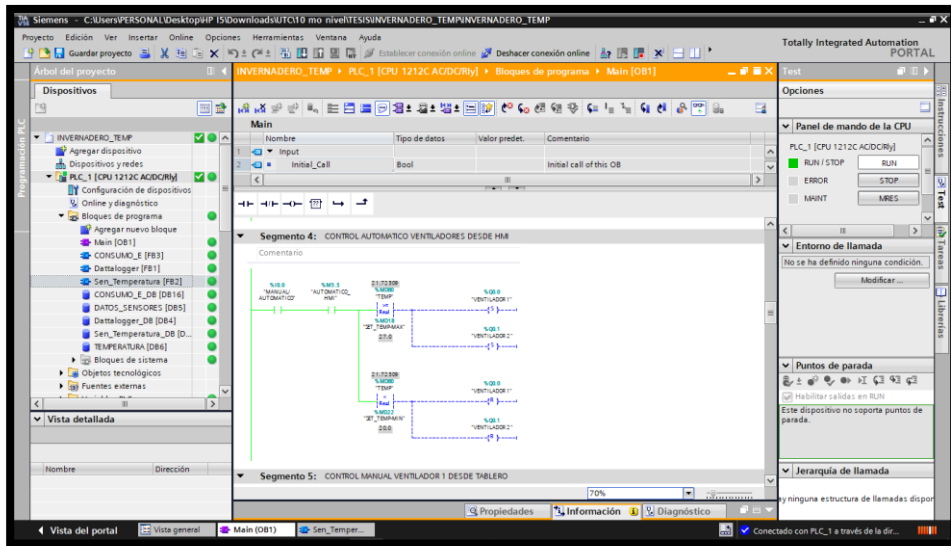
Data Logger



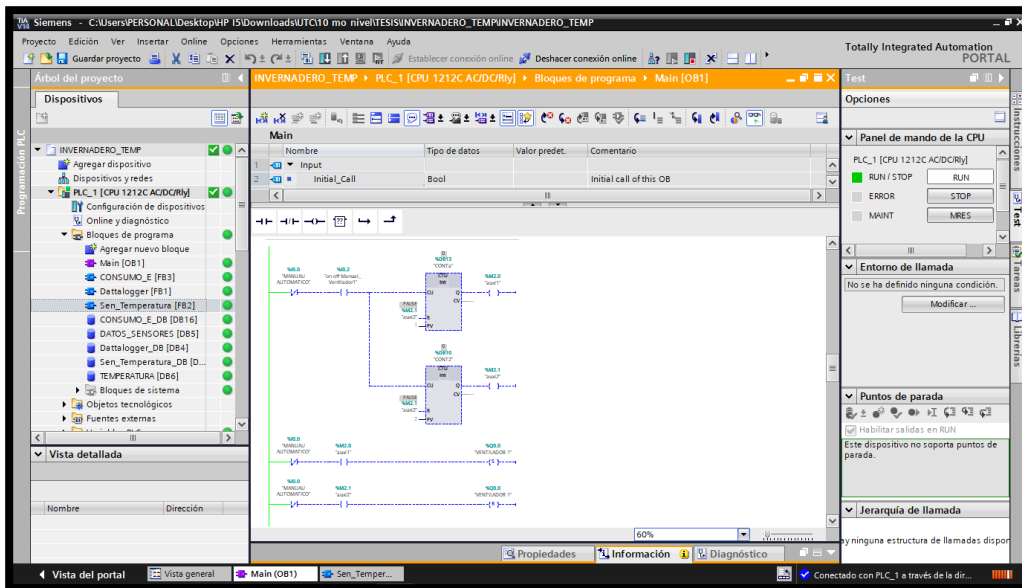
Control manual desde el HMI

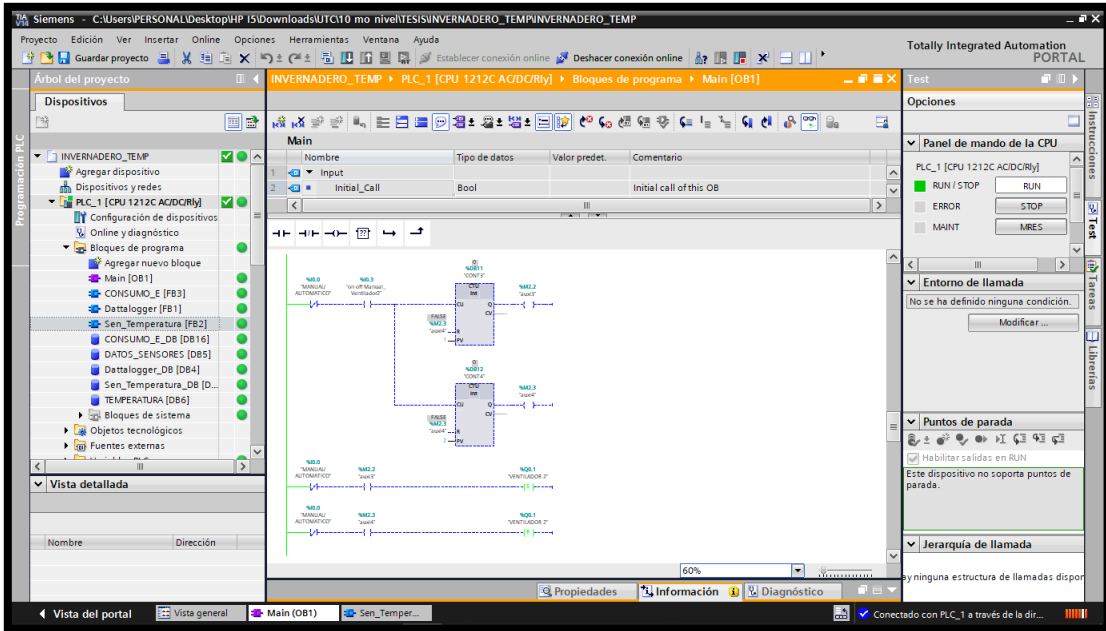


Control automático de ventiladores desde la HMI

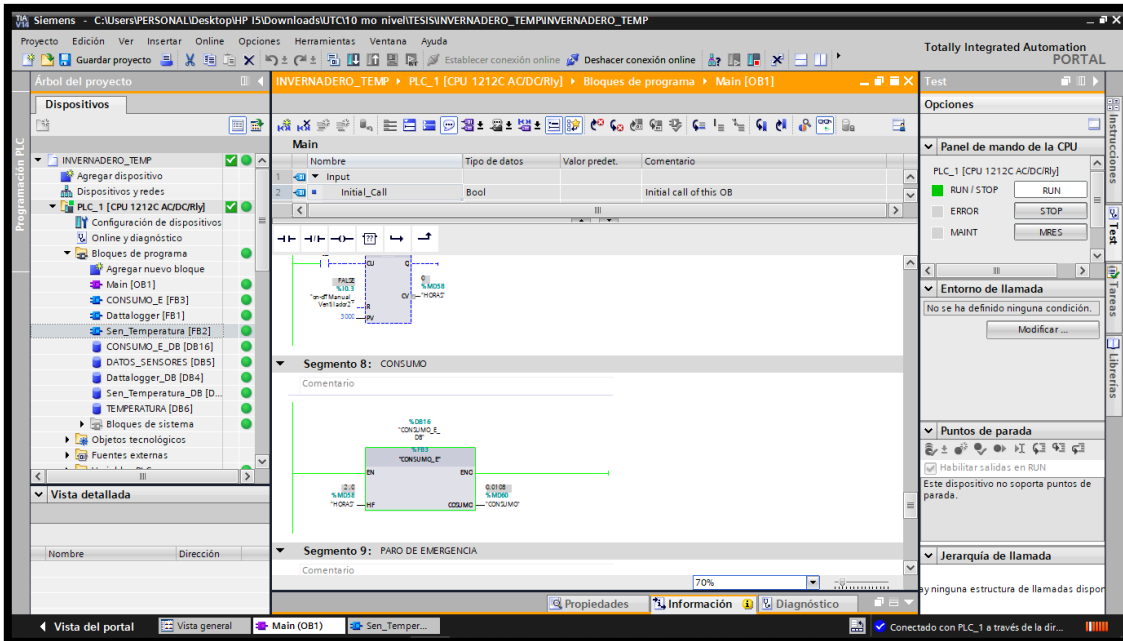


Control manual de los ventiladores desde el tablero





Consumo



Siemens - C:\Users\PERSONAL\Desktop\HP\15\Downloads\UTC10 mo nivel\TESIS\INVERNADERO_TEMP\INVERNADERO_TEMP

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

Árbol del proyecto: INVERNADERO_TEMP > PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] > Bloques de programa > CONSUMO_E [FB3]

Dispositivos:

- INVERNADERO_TEMP
- Agregar dispositivo
- Dispositivos y redes
- PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly]
- Configuración de dispositivos
- Online y diagnóstico
- Bloques de programa
- Agregar nuevo bloque
- Main [OB1]
- CONSUMO_E [FB3]
- Datalogger [FB1]
- Sen_Temperatura [FB2]
- CONSUMO_E_DB [DB16]
- DATOS_SENSORES [DB5]
- Datalogger_DB [DB4]
- Sen_Temperatura_DB [D...]
- TEMPERATURA [DB6]
- Bloques de sistema
- Objetos tecnológicos
- Fuentes externas

Vista detallada:

Nombre	Dirección

CONSUMO_E

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Remanencia	Accesible d...	Escrib...	Visible en...	Valor de...
1	Input						
2	HF	Real	0.0	Remane...	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Título del bloque: ...

Comentario

Segmento 1:

Comentario

CALCULATE Real

EN ENO

OUT := (IN1 * IN2) * (IN3)

OUT := COSUMO

#HF --- IN1
0.09 --- IN2
0.06 --- IN3

Segmento 2:

Comentario

100%

Propiedades Información Diagnóstico

Vista del portal Vista general Main (OB1) Sen_Temper... CONSUMO_E...

Conectado con PLC_1 a través de la dir...

Instrucciones

Opciones

Favoritos

Instrucciones básicas

- General
- Operaciones lógicas con...
- Temporizadores
- Contadores
- Comparación
- Funciones matemáticas

Instrucciones avanzadas

- Fecha y hora
- String + Char
- Periferia descentralizada
- PIBFenergy
- Alarmas
- Autos
- Diagnóstico
- Impulso
- Recetas y Data Logging
- Funciones de bloques de...
- Direccionamiento

Tecnología

Comunicación

Paquetes opcionales

Paro de Emergencia

Siemens - C:\Users\PERSONAL\Desktop\HP\15\Downloads\UTC10 mo nivel\TESIS\INVERNADERO_TEMP\INVERNADERO_TEMP

Proyecto Edición Ver Insertar Online Opciones Herramientas Ventana Ayuda

Totally Integrated Automation PORTAL

Árbol del proyecto: INVERNADERO_TEMP > PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] > Bloques de programa > Main [OB1]

Dispositivos:

- INVERNADERO_TEMP
- Agregar dispositivo
- Dispositivos y redes
- PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly]
- Configuración de dispositivos
- Online y diagnóstico
- Bloques de programa
- Agregar nuevo bloque
- Main [OB1]
- CONSUMO_E [FB3]
- Datalogger [FB1]
- Sen_Temperatura [FB2]
- CONSUMO_E_DB [DB16]
- DATOS_SENSORES [DB5]
- Datalogger_DB [DB4]
- Sen_Temperatura_DB [D...]
- TEMPERATURA [DB6]
- Bloques de sistema
- Objetos tecnológicos
- Fuentes externas

Vista detallada:

Nombre	Dirección

Main

Nombre	Tipo de datos	Valor predet.	Comentario
1	Input		
2	Initial_Call	Bool	Initial call of this OB

Comentario

50%

Propiedades Información Diagnóstico

Vista del portal Vista general Main (OB1) Sen_Temper... CONSUMO_E...

Conectado con PLC_1 a través de la dir...

Instrucciones

Opciones

Panel de mando de la CPU

PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly]

RUN / STOP RUN

ERROR STOP STOP

MAINT MRES

Entorno de llamada

No se ha definido ninguna condición

Modificar...

Puntos de parada

Habilitar salidas en RUN

Este dispositivo no soporta puntos de parada.

Jerarquía de llamada

ninguna estructura de llamadas dispon

Anexo 4

Fotografías de la implementación.



