



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA**

**SIMULACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO, TEMPERATURA Y  
HUMEDAD DENTRO DE UN INVERNADERO DE 4500 METROS CUADRADOS EN  
LA COMUNIDAD DE SAN MIGUEL DE PAQUIESTANCIA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Mecánico

**AUTOR: LUIS JAVIER CHICAIZA RAMOS**

**TUTOR: JAIME ROLANDO HEREDIA VELASTEGUÍ**

Quito – Ecuador  
2022

## **CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Luis Javier Chicaiza Ramos con documento de identificación N.º 1721678595 manifiesto que:

Soy el autor y responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 19 de septiembre de 2022

Atentamente,



.....  
Luis Javier Chicaiza Ramos  
1721678595

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL TRABAJO DE  
TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

Yo, Luis Javier Chicaiza Ramos con documento de identificación N.º 1721678595, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Proyecto Técnico: “Simulación y control del sistema de riego, temperatura y humedad dentro de un invernadero de 4500 metros cuadrados en la comunidad de San Miguel de Paquiestancia”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingeniero Mecánico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de septiembre de 2022

Atentamente,



.....  
Luis Javier Chicaiza Ramos

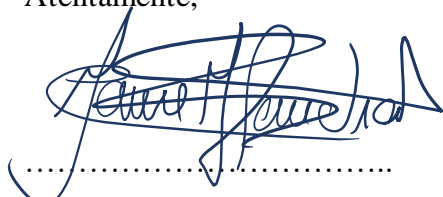
1721678595

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Jaime Rolando Heredia Velasteguí con documento de identificación N.º 1721400768, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: **SIMULACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE RIEGO, TEMPERATURA Y HUMEDAD DENTRO DE UN INVERNADERO DE 4500 METROS CUADRADOS EN LA COMUNIDAD DE SAN MIGUEL DE PAQUISTANCIA**, realizado por Luis Javier Chicaiza Ramos con documento de identificación N.º 1721678595, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción proyecto técnico que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 19 de septiembre de 2022

Atentamente,



.....  
Ing. Jaime Rolando Heredia Velasteguí, M.Sc.

1721400768

## **DEDICATORIA**

Me llena de alegría y satisfacción poder dedicar mi trabajo de titulación a mi familia quienes durante toda mi vida han sido un apoyo moral enorme, pues siempre nos brindamos la mano y ayuda, con el ánimo de vernos crecer y superarnos caminando siempre de la mano de Dios.

A mi papi Luis quien con su manera fuerte y firme de ver la vida ha logrado inculcar en mí el no tener miedo y arriesgarme, a cualquier circunstancia de la vida e ingeniármelas para poder sobrellevar cualquier eventualidad personal, profesional o decisiones importantes de mi vida.

A mi mami Myrian por su amor, dedicación y paciencia, siempre para estado para mí, escuchando mis ideas y mis proyectos, mis aciertos y desaciertos, por sus bromas y consejos, impulsándome a ser mejor persona día a día sin hacer daño a nadie y siempre bajo la bendición de la virgen María.

A mi hermana Gaby por saber escucharme y darme la mano siempre, saber que tengo un apoyo sincero y real que puedo confiar plenamente en sus intenciones y ella en las mías, junto con ella agradecer por los momentos vividos en familia con mi cuñado Estalín y sus hijos Daniela y Matthias que los quiero mucho.

A mi hermana Melanie por ser la compañía de mis padres y una chica tranquila, que no le da problemas ni dolores de cabeza a mis padres.

*Javier*

## **AGRADECIMIENTO**

En primer lugar, agradezco a Dios por brindarme resistencia, constancia y perseverancia para poder mantenerme económica y anímicamente para terminar con mis estudios. Luego a mis padres por el apoyo moral y cariño.

Además de manera muy especial agradezco a Laudy Lema y Vane Lema por la gran amistad que hemos cultivado a lo largo de este tiempo, por la apertura brindada en su negocio (Saron Roses), donde pude desarrollar mi proyecto, también gracias por los momentos de risas y diversión compartidos, sin dejar de lado la gran acogida dentro de su casa Laudy, me hicieron sentir parte de su familia cada día que pase en su casa. Pdta.: gracias por el susto que me dio su fantasma.

Finalmente agradezco a mi tutor el Ing. Jaime Heredia, por su acompañamiento durante el desarrollo de mi trabajo de titulación y cumplimiento de los objetivos que me propuse al desarrollar el presente proyecto de titulación.

***Javier***

## ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA.....	v
AGRADECIMIENTO.....	vi
ÍNDICE GENERAL.....	vii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xii
ÍNDICE DE TABLAS .....	xiv
RESUMEN.....	xv
ABSTRACT.....	xvi
INTRODUCCIÓN .....	1
Antecedentes: .....	2
Problema: .....	2
Justificación:.....	3
Objetivos: .....	3
Objetivo general .....	3
Metodología: .....	4
CAPÍTULO I.....	5
1    CONCEPTOS Y DEFINICIONES .....	5
1.1    Invernadero.....	5
1.2    Reseña histórica del invernadero.....	5
1.3    Tipos de invernaderos.....	6
1.3.1    Plano o tipo parral .....	6
1.3.2    Tipo túnel .....	6
1.3.3    Diente de sierra.....	7
1.3.4    Tipo Capilla .....	7
1.3.5    De Cristal.....	7

1.3.6	Tropicales o Asimétrico .....	8
1.4	Cultivo de flores de exportación el Ecuador .....	8
1.5	Invernaderos automatizados.....	9
1.6	Tipo de suelo del invernadero en el cultivo de rosas.....	9
1.7	Sistemas de riego .....	10
1.7.1	Métodos de riego.....	10
1.8	Eficiencia de los métodos de riego.....	11
1.9	Sistemas de riego automáticos.....	12
1.10	Ventilación .....	12
1.11	Tipos de cortinas de ventilación.....	12
1.11.1	Cortinas manuales .....	13
1.11.2	Cortinas automáticas .....	13
1.12	Variables por controlar.....	14
1.12.1	Humedad .....	14
1.12.2	Temperatura .....	15
1.13	Sensores .....	16
1.14	Sensor de humedad .....	16
1.14.1	Higrómetro de cabello .....	16
1.14.2	Psicómetro .....	16
1.14.3	Sensores capacitivos.....	16
1.14.4	Sensor de espejo enfriado.....	16
1.15	Sensor de temperatura.....	16
1.15.1	Resistencias metálicas .....	17
1.15.2	Termistores .....	17
1.15.3	Termopares .....	17
1.16	Electroválvulas.....	17



1.17	Motorreductor .....	17
1.18	PLC .....	17
1.19	Interfaz hombre maquina (HMI).....	18
1.20	Sistemas de control .....	18
1.20.1	Tipos de sistemas de control .....	18
CAPÍTULO II .....		20
2	METODOLOGÍA .....	20
2.1	Diseño de la investigación .....	20
2.2	Tipo de investigación .....	20
2.3	Técnicas e instrumentos de investigación .....	21
2.4	Localización geográfica del invernadero de rosas.....	22
2.5	Descripción de las instalaciones del invernadero .....	22
2.6	Riego presente en el invernadero .....	24
2.7	Ventilación presente en el invernadero .....	25
2.8	Temperatura y humedad adecuadas para crecimiento de rosas.....	25
2.8.1	Temperatura ambiente.....	25
2.8.2	Humedad relativa (ambiente).....	26
2.8.3	Humedad volumétrica (suelo) .....	26
2.9	Medición de Variables.....	26
2.10	Mediciones de humedad relativa y temperatura ambiental.....	26
2.11	Mediciones de humedad del suelo y pH .....	28
2.12	Medición de caudal en sistema de riego .....	30
2.13	Suelo del invernadero.....	31
2.14	Descripción de equipos seleccionados.....	33
2.14.1	Motor de ½ Hp monofásico y caja reductora ortogonal.....	33
2.14.2	Termistor NTC 10K contra el agua .....	34

2.14.3	Sensor de humedad HD-38 .....	35
2.14.4	Electroválvula S390-2W .....	36
2.14.5	PLC S7-200 .....	37
2.14.6	Siemens HMI KTP 400- Sismatic .....	37
2.14.7	Fuente de alimentación 120 VAC – 240 VAC.....	38
2.14.8	Gabinete eléctrico.....	39
CAPÍTULO III.....		40
3	PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN .....	40
3.1	Necesidades del floricultor .....	41
3.2	Enunciado.....	42
3.3	Desarrollo de la programación en el software TIA portal V15 .....	43
3.4	Bloque de programación- main [OB 1] .....	44
3.5	Interfaz HMI.....	47
3.6	Diagramas y esquemas eléctricos .....	51
3.6.1	Tablero de control en gabinete .....	52
3.6.2	Conexiones basicas para equipos .....	54
CAPÍTULO IV.....		56
4	ANÁLISIS DE RESULTADOS .....	56
4.1	Análisis de costos para la automatización .....	57
4.2	Costo de los dispositivos para la automatización .....	57
4.3	Indicadores económicos .....	58
4.3.1	Valor actual neto (VAN).....	58
4.3.2	Tasa de descuento.....	58
4.3.3	Tasa interna de retorno.....	59
4.3.4	Tiempo de Recuperación de Inversión.....	59
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		61

CONCLUSIONES .....	61
RECOMENDACIONES .....	63
Referencias bibliográficas .....	65
ANEXOS.....	70

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Invernadero plano o tipo parral [8] .....	6
Figura 2. Invernadero túnel [8] .....	6
Figura 3. Invernadero diente de sierra [7] .....	7
Figura 4. Invernadero tipo capilla [8] .....	7
Figura 5. Invernadero de cristal [8] .....	8
Figura 6. Invernadero tropical o asimétrico [8] .....	8
Figura 7. Distribución geográfica de producción de flores [9] .....	9
Figura 8. Cortinas plegables, enrollables, abatibles [20] .....	13
Figura 9. Cortinas automáticas enrollables y abatibles [20] .....	13
Figura 10. Sistema de control laso abierto [32] .....	19
Figura 11. Sistema de control laso cerrado [33] .....	19
Figura 12. Ubicación satelital del invernadero [37] .....	22
Figura 13. Imagen amplia de invernadero hasta la presente fecha .....	23
Figura 14. Dimensiones en metros del invernadero actualmente .....	24
Figura 15. Cortinas enrollables del invernadero .....	25
Figura 16. Higrómetro medidor digital de humedad relativa y temperatura ambiente .....	27
Figura 17. Medidor de humedad de suelo y pH .....	28
Figura 18. Mediciones para determinar caudal .....	31
Figura 19. Proceso para determinar tipo de suelo .....	32
Figura 20. Proceso para determinar tipo de suelo .....	32
Figura 21. Proceso para determinar forma del suelo .....	33
Figura 22. Motor y caja reductora [39] .....	34
Figura 23. Termistor NTC 10K [40] .....	35
Figura 24. Sensor humedad de suelo HD-38 [41] .....	36
Figura 25. Válvula solenoide [42] .....	36
Figura 26. PLC S7-200 / CPU-22.2 [43] .....	37
Figura 27. HMI Siemens ktp 400 [44] .....	38
Figura 28. Fuente Siemens 120 VAC – 240 VAC [45] .....	38
Figura 29. Tablero eléctrico [46] .....	39
Figura 30. Esquema del software y hardware. ....	40

Figura 31. Sistema de control lazo cerrado .....	40
Figura 32. Dimensiones del área final de construcción del invernadero. ....	41
Figura 33. Principales equipos que se prevee insatalar en la automatización.....	42
Figura 34. flujograma de secuencia de la programación realizada .....	44
Figura 35. Variables declaradas en bloque principal. ....	45
Figura 36. Programación Ladder con bobinas set y reset. ....	45
Figura 37. Bloque general de porcentaje de temperatura y humedad. ....	46
Figura 38. Operación de promedio para apertura y cierre de cortinas .....	46
Figura 39. Selección de dispositivo HMI en el software .....	47
Figura 40. Declaración de variables en HMI. ....	48
Figura 41. Diseño del panel de control touch del HMI.....	48
Figura 42. Enlace de variable en evento. ....	49
Figura 43. Conexión PLC-HMI por puertos Ethernet.....	49
Figura 44. Pantallas de humedades .....	50
Figura 45. Pantalla de temperaturas .....	51
Figura 46. Ubicación de HMI ktp-400 en el gabinete.....	52
Figura 47. Ubicación de PLC y fuente de alimentación en el gabinete .....	52
Figura 48. Ubicación y cantidad de equipos por parcela .....	53
Figura 49. Conexión eléctrica para motorreductores .....	54
Figura 50. Conexión de electroválvulas .....	55
Figura 51. Conexión de sensores de temperatura y humedad.....	55

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Eficiencia de métodos de riego [15].....	11
Tabla 2. Humedad relativa y volumétrica ideales para el cultivo de rosas [23]. .....	14
Tabla 3. Valores de temperatura óptimos [24] .....	15
Tabla 4. Mediciones realizadas en el invernadero en un intervalo de tiempo .....	27
Tabla 5. Mediciones de humedad volumétrica y pH.....	29
Tabla 6. Características del motor [39] .....	33
Tabla 7. Características de caja reductora [39] .....	34
Tabla 8 Características del sensor NTC 10K [40].....	34
Tabla 9. Características sensor HD-38 [41]. .....	35
Tabla 10. Principales características válvula solenoide [42].....	36
Tabla 11. Características principales PLC S7-200 [43] .....	37
Tabla 12 Características HMI ktp 400 [44].....	38
Tabla 13 Detalle de dispositivos y costos directos.....	57
Tabla 14 Resultados de indicadores económicos .....	60

## RESUMEN

El trabajo presentado a continuación está enfocado en la simulación y control del sistema de riego, temperatura y humedad dentro de un invernadero de 4500 m<sup>2</sup> en la comunidad de San Miguel de Paquiestancia ubicado en la parroquia de Cayambe. Este invernadero es productor de rosas y tiene un acercamiento con los sectores primarios que promueven la economía del sector. La rentabilidad, juntamente con la optimización de recursos económicos y humanos para el cuidado del invernadero que está a cargo de una sola persona.

En el Capítulo I se presentan algunos precedentes de la investigación, se formuló un problema que está presente en la operación propia de un invernadero, además se realizó la interpretación de la información para conocer los requerimientos que presenta la industria florícola ecuatoriana en lo que refiere a la calidad de los productos de exportación y las condiciones necesarias para la producción de rosas.

En el Capítulo II y Capítulo III se presenta la metodología, la cual se enfoca plenamente en la interpretación y control de las variables de estudio dentro del invernadero. En este apartado se utilizaron instrumentos de medición para recolectar los datos necesarios para la simulación, este paso es necesario para conocer las condiciones actuales de trabajo en el invernadero y tener como precedente la elaboración de la propuesta tomando en cuenta las posibilidades del floricultor, es así como se procede a describir un diseño de la programación para obtener los resultados esperados que temperatura no excedente a los 25°C y humedad de entre 70-80% en el ambiente.

Finalmente, en el Capítulo IV se realiza un análisis económico enfocado en los indicadores económicos VAN, TIR, tasa de descuento y beneficio proyectado, para poder determinar la viabilidad y rendimiento del proyecto obteniendo un 22% en la rentabilidad del proyecto y una recuperación financiera para 3 meses posterior a la inversión.

**Palabras clave:** control, humedad, invernadero, simulación, temperatura.

## ABSTRACT

The work presented below is focused on the simulation and control of the irrigation system, temperature, and humidity within a 4500 m<sup>2</sup> greenhouse in the community of San Miguel de Paquiestancia located in the parish of Cayambe. This greenhouse is a producer of roses and has an approach with the primary sectors that promote the economy of the sector. The profitability, together with the optimization of economic and human resources for the care of the greenhouse that is in charge of a single person.

In Chapter I, some background of the investigation was presented, a problem that is present in the operation of a greenhouse was formulated, in addition, the interpretation of the information was carried out to know the needs presented by the Ecuadorian floriculture industry in terms of the quality of export products and the necessary conditions to produce roses.

In Chapter II and Chapter III, the methodology is presented, which fully focuses on the interpretation and control of the study variables within the greenhouse. In this section, equipment was used to measure the variables and obtain the necessary data for the simulation, this step is necessary to know the current working conditions in the greenhouse and to have as a precedent a proposal that takes into account the possibilities of the flower grower, in this way we proceed to describe a programming design to obtain the expected results that temperature does not exceed 25°C and humidity between 70-80% in the environment.

Finally, in Chapter IV, an economic analysis is made with the economic indicators VAN, IRR, discount rate and projected benefit, determining the feasibility and performance that the project, can count on obtaining a 22% return and financial recovery of 3 months after the investment.

**Keywords:** control, greenhouse, humidity, simulation, temperature



## INTRODUCCIÓN

La floricultura en el Ecuador es uno de los principales aportes para la economía, siendo esta actividad la tercera en porcentaje de productos exportados no petroleros, después del camarón y el banano. Las flores ecuatorianas tienen su mercado en países donde las exigencias de calidad son minuciosas, tal como Estados Unidos, la Unión Europea y Rusia. Entonces, las grandes producciones y mejores calidades se logran con un sistema de invernadero en donde el agricultor puede manipular las condiciones de crecimiento del cultivo sin depender de los factores externos como el clima, el riego y las malas hierbas. Estos sistemas se pueden automatizar con controladores lógicos programables o PLCs los cuales contienen la programación para la operación de elementos mecánicos y eléctricos como interruptores y codificadores en las entradas y motores, válvulas, bombas, solenoides en las salidas. Las líneas de código se realizan en escalera las cuales presentan un inicio normalmente abierto o cerrado que cuando el interruptor de inicio se cierra, los relevadores internos se energizan.

Para el desarrollo del proyecto se necesitan realizar diversas medidas con las condiciones ideales del invernadero, en este caso se considera la temperatura y la humedad óptimas para cubrir todas las etapas de crecimiento y cultivo de las rosas con el fin de seleccionar la instrumentación necesaria para el movimiento de las parcelas y compuertas de ventilación. Esta idea surge con la necesidad de un uso eficaz de los recursos fusionándose a las técnicas de fertirrigación e hidroponía, es decir, el consumo y ahorro de agua y fertilizantes evitando los gastos adicionales y reduciendo los costos de producción.

La propuesta está ligada a una simulación con el sistema HMI del propio PLC para que el agricultor sienta la libertad de escoger las variables que más crea convenientes para su siembra de acuerdo con su experiencia y exigencias del mercado actual.

Los elementos son modulares, es decir, si existe en el futuro alguna disposición de las camas de cultivo o extensión del invernadero, se puede acomodar acorde a las necesidades del invernadero.

Al implementar un autómata programable (PLC) en una actividad se puede mejorar tiempos en los procesos, control de variables, disminución de costos de producción, poco mantenimiento y bajo costo respecto a las instalaciones eléctricas, aparte es de fácil entendimiento para cualquier operador que conozca los requerimientos del invernadero.

**Antecedentes:**

En la actualidad, la automatización se encuentra presente en muchas de las actividades manuales que realiza el hombre en el caso de la floricultura no existe la excepción, pues hoy en día, la implementación tecnológica genera beneficios económicos y mayor rentabilidad, así como la disminución de recursos económicos y mejora en la producción.

De acuerdo con Vélez et al. [1], el inicio de la actividad florícola ecuatoriana empieza por los años 80, siendo la manipulación de insumos, materias primas y fuerza laboral los retos a vencer. Una vez obtenida la flor, la demanda puede ser creciente, poniendo a razón la aceleración en aumento de hectáreas para el cultivo, pues como muestra un crecimiento entre los años 1995 y 1999, un crecimiento desde las 1000 a 3000 hectáreas. En la actualidad el sector florícola mantiene el crecimiento a más de 4000 hectáreas para la producción.

Las principales provincias en donde se cultivan las flores son las de Pichincha, Cotopaxi, además de que solo entre el 8% al 12% de la producción se comercializa en el país, el resto se lo exporta, pues la demanda de los mercados internacionales hace más atractiva a la rosa ecuatoriana por su calidad gracias a la ubicación geográfica, la cantidad de luz del sol y la temperatura ambiente [1].

Este tipo de propuesta ha sido implementada en la provincia de Cotopaxi por el autor Rodríguez et al. [2] al automatizar el sistema de riego por goteo y el control de temperatura para el invernadero “Clara Llumiyinga” los cuales utilizan un Arduino Mega para recibir las señales enviadas por los sensores de temperatura y humedad. En este proyecto el planteamiento está en la solución a resolver los temas de pérdida de líquido al encender y apagar la bomba para el riego del agua, además mejorar el tiempo de trabajo que ocupa para abrir y cerrar las válvulas de forma manual.

**Problema:**

El proyecto surge con las necesidades de expansión del invernadero y la falta de suministros de recursos para cumplir con el cuidado de las rosas por parte del floricultor.

De esta manera, se propone una solución para el invernadero “Saron Roses” en vista de que existe un potencial en el terreno y con la automatización se puede aumentar la productividad en el cultivo y cuidado de plantas para que el floricultor pueda realizar los procesos de cosecha y envío del producto final.

**Justificación:**

Simular el diseño de una programación donde se controlen las variables de temperatura y humedad que requieren las rosas es viable con la instrumentación existente, de manera que se pueda controlar las variables dentro del invernadero automáticamente, entre ellas el sistema de riego, temperatura y humedad del suelo del invernadero.

El software empleado para enviar las señales digitales es el TIA portal V15 con el fin de validar las condiciones de funcionamiento planteadas como necesidades por parte del floricultor.

Se pretende realizar mediciones de las variables en el estado actual del invernadero porque el floricultor plantea construir una extensión del invernadero a 4500 m<sup>2</sup>. Todo el sistema de control necesita de un PLC S7-200, HMI KTP 400, fuente de alimentación de 120 VAC a 140 VAC y un HMI dentro de un gabinete, estos equipos conforman de manera principal el tablero de control, además de sensores analógicos que su uso es para controlar la temperatura, este sensor es un termistor NTC 10K y un sensor HD-38 para la humedad, además de elementos adicionales como actuadores, motorreductores y electroválvulas. Al final se elabora un análisis económico para mostrar si es viable y rentable el proyecto presentado, teniendo un ingreso de USD \$4.183,87 y una inversión inicial de USD \$2.860,08.

**Objetivos:****Objetivo general**

- Simular y controlar los sistemas de riego, temperatura y humedad dentro de un invernadero productor de flores en el cantón Cayambe, dentro de la comunidad de San Miguel de Paquiestancia.

**Objetivos específicos**

- Determinar las condiciones ideales requeridas para el cultivo de rosas dentro de un invernadero para la automatización de los parámetros de trabajo.
- Diseñar un sistema automático de control acorde a los requerimientos del invernadero por medio de una simulación.
- Validar el diseño mediante la simulación de los parámetros que intervienen dentro del invernadero con un software especializado.
- Establecer la viabilidad económica de la automatización propuesta.

**Metodología:**

Durante el diseño de la metodología se establecen tres perspectivas, en la primera se establece una investigación exploratoria para analizar el problema dentro del invernadero que según Sampieri [3] las investigaciones exploratorias se llevan a cabo cuando el propósito es estudiar un nuevo tema o problema de investigación novedoso, del que se tengan dudas o no hayan sido resueltas previamente.

El estudio exploratorio permite realizar una indagación a una parte desconocida o novedosa, en este caso, la automatización está en auge en la mayoría de las industrias ecuatorianas, por ende, la investigación permite estudiar las variables a explorar y permite al investigador familiarizarse con algunos fenómenos físicos como el transporte de fluidos y el control de temperaturas.

En esta investigación se incluyen los avances y equipos tecnológicos que se derivan de las acciones en la implementación del sistema de automatización de procesos mediante PLCs el propósito de desarrollar una propuesta que resuelva las problemáticas encontradas en el invernadero.

# CAPÍTULO I

## 1 CONCEPTOS Y DEFINICIONES

En el presente capítulo se exponen los conceptos, definiciones y variables del tema de investigación para realizar una correcta simulación y control del sistema de estudio. Adicionalmente se describe la viabilidad económica de la automatización propuesta acorde a los requerimientos del invernadero.

### 1.1 Invernadero

Un invernadero se define como un lugar de microclima apropiado y adecuado para el óptimo desarrollo de algún cultivo en específico. Para realizar un estudio técnico de ambientación climática dentro de este, es necesario conocer ciertas variables como temperatura, humedad y ventilación, esenciales para un florecimiento adecuado y obtener una mayor producción de las plantas disminuyendo los costos y el tiempo de producción, logrando incluso un menor impacto ambiental, protegiendo el cultivo de lluvias, granizo, heladas, insectos o exceso de vientos perjudiciales [4].

### 1.2 Reseña histórica del invernadero

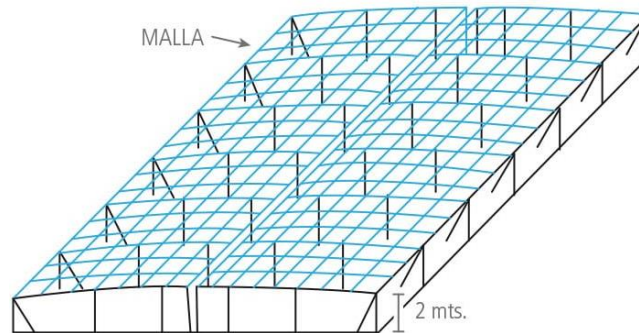
Según Wittwer y Castilla, en la historia se registra el uso de invernaderos dentro del imperio romano (14 a.C. a 37 d.C.), pues, el emperador de la antigua Roma “Tiberio” tenía como comida preferida al pepino. El suelo era de estiércol que se usaba a modo de ventilación, y hojas finas de mica que funcionaban como cristal o plástico. Posteriormente se mejora el diseño al pasar de los años y los invernaderos fueron empleados para el cultivo de vid y rosas [5].

Después de la segunda guerra mundial los invernaderos aumentaron su uso con rapidez, en 1963 se construye el primer invernadero moderno para un cultivo de dalias en Almería, España, sin embargo, la implementación a gran escala ocurre en los años 70. Los primeros invernaderos mostraron una cubierta plana y una altura no mayor a los 2 m, con el pasar del tiempo evolucionó hasta una variedad de dos aguas y aumentaron su altura hasta de 3 a 4 m, mejorando las condiciones ambientales y además la evacuación de las aguas lluvias [6].

### 1.3 Tipos de invernaderos

#### 1.3.1 Plano o tipo parral

Según Rivero [7] el invernadero tipo parral tiene uno o dos planos inclinados en su estructura, son construidos comúnmente de hierro y madera. El plástico se sujeta al techo mediante una malla de alambre galvanizado, así como en la figura 1.



**Figura 1.** Invernadero plano o tipo parral [8]

La economía es la única ventaja en este tipo de invernaderos, pero presenta varias desventajas, entre ellas la mala ventilación, descomunal humedad, goteo sobre las plantas y poco volumen de aire. Además, que su mantenimiento suele ser costoso.

#### 1.3.2 Tipo túnel

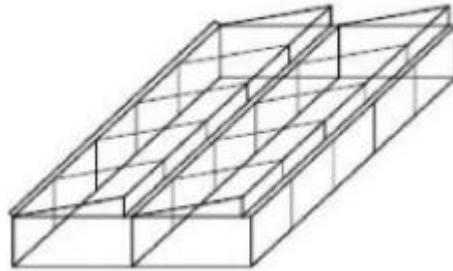
La construcción de este modelo de invernaderos es realizada con tubos hechos de hierro galvanizado que al doblarlos y unirlos forman un arco que va unido a unos tubos rectos, de esta manera pueden formar un túnel, como se muestra en la figura 2. La fijación del túnel al suelo es realizada por medio de una cimentación en la base de los arcos [7].



**Figura 2.** Invernadero túnel [8]

### 1.3.3 Diente de sierra

Rivero [7] menciona que el invernadero diente de sierra tiene un plano inclinado en el techo como en la figura 3. En cuanto a los materiales usados en su construcción son hierro y plástico, la cimentación es realizada por medio de mallas de alambre galvanizado.

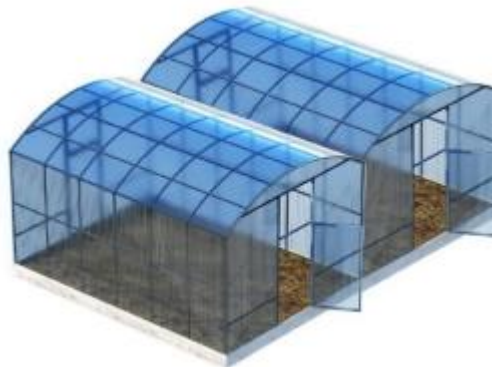


**Figura 3.** Invernadero diente de sierra [7]

La ventaja de estos tipos de invernaderos es la economía, aunque sus inconvenientes son la ventilación, la excesiva humedad o el poco volumen de aire. Además, su mantenimiento es dificultoso.

### 1.3.4 Tipo Capilla

Los materiales para la construcción en este tipo de invernadero son el hierro galvanizado y el plástico, tiene un techo inclinado como se observa en la figura 4, con una o dos caídas de agua, dependiendo el número de pendientes que presente la estructura de la nave [7].



**Figura 4.** Invernadero tipo capilla [8]

### 1.3.5 De Cristal

Es una estructura metálica cubierta de vidrio en el techo y los laterales, como se indica en la figura 5. Su principal ventaja es que mejora la climatización gracias a la estanqueidad y el mayor inconveniente es su costo [7].



**Figura 5.** Invernadero de cristal [8]

### ***1.3.6 Tropicales o Asimétrico***

Es un tipo de invernadero tropical que presenta uno de los lados de la techumbre o cubierta tiene una ligera curvatura y es más inclinado que el otro lado como vemos en la figura 6, las características de su diseño esta dado para los climas tropicales y húmedos, resistentes a fuertes vientos, aprovechando de mejor manera la luz y buena ventilación [8].



**Figura 6.** Invernadero tropical o asimétrico [8]

## **1.4 Cultivo de flores de exportación el Ecuador**

Los sembríos de exportación de flores en el país se inician hace más de 20 años atrás, con el acompañamiento del apoyo estatal para el campo de la floricultura, este crecimiento coincide con el incremento de la demanda internacional de este producto, acompañado de la disminución de producción del vecino país de Colombia. La mayor parte del territorio nacional es apto para



el cultivo de flores, pero en su mayoría la productividad se ha dado en la Sierra ecuatoriana, como lo indica la figura 7, donde se visualiza los porcentajes del cultivo de flores en cada región del país [9].

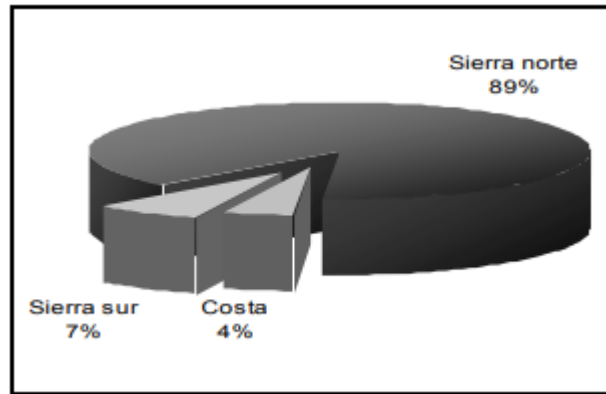


Figura 7. Distribución geográfica de producción de flores [9]

Los principales mercados a los que se exporta las flores producidas en el país son Estados Unidos, Holanda y Rusia

### 1.5 Invernaderos automatizados

Benavente et al. [10] mencionan que al crear condiciones favorables dentro de un invernadero permiten aumentar la producción y calidad del producto. El uso de estas tecnologías permite la automatización y control de diferentes condiciones dentro del invernadero como calefacción, riego y demás tendencias a las que avanza estas tecnologías.

En la automatización de invernaderos y en cualquier instalación o automatización agraria se puede utilizar interruptores, relés, programadores, termostatos, higrostatos, ordenadores y autómatas programables o PLC. Este tipo de elementos se usan para establecer una conexión al recibir señales e impulsos eléctricos para abrir o cerrar contactos y relés de una sucesión de circuitos de mando o de potencia, de esta manera estos elementos se pueden usar desde la automatización más simple hasta una compleja.

### 1.6 Tipo de suelo del invernadero en el cultivo de rosas

Las rosas en crecimiento se adaptan a todo tipo de suelo que en su composición sea levemente ácido para tener una producción alta y a bajos costos el suelo debe cumplir ciertos parámetros como un buen drenado, aireación y evitando encharcamientos para evitar plagas. Cuando el suelo no cumple con las condiciones necesarias se puede mejorar su estado con materias

orgánicas, el suelo adecuado para el cultivo es arcilloso por la capacidad de retención del agua y aireación, así mismo el nivel de acidez del suelo debe estar entre 5,5 a 6,5 pero lo ideal es mantener un pH constante de 6 pues el cultivo de rosas no soporta la alcalinidad [11].

## **1.7 Sistemas de riego**

En la agricultura la falta de humedad en el suelo afecta negativamente al buen desarrollo y producción de la planta. Por tanto, si la humedad del suelo disminuye se debe regar las plantas para que las raíces puedan absorber el agua con facilidad. Esta reposición se la realiza mediante algún método de riego.

### **1.7.1 Métodos de riego**

Según Demin, P. [12] existen diferentes tipos de sistemas de riego, pero ninguno es mejor que otro, sino que cada método de riego se ajusta mejor a un tipo de cultivo en específico, aunque presentan diferencias respecto a la eficacia en la utilización del agua.

#### **1.7.1.1 Riego por superficie**

Una de las ventajas en este tipo de riego es su bajo costo de inversión y no requiere uso de energía, las formas de riego por superficie son en surco, melga y tendido.

#### **1.7.1.2 Riego presurizado**

En estos sistemas, el agua se encuentra a presión y es conducida a través de tuberías hasta las plantas, este método de riego necesita un diseño hidráulico en donde se identifican las secciones o lotes, las dimensiones y la disposición en las que se encuentran las tuberías.

#### **1.7.1.3 Riego por aspersión**

Este método permite aplicar el agua en las plantas a manera de lluvia y sirve para lugares en donde el viento no es importante. Se debe tener regulada la velocidad de caída de la lluvia generada por el aspersor.

#### **1.7.1.4 Riego por microaspersión**

Este riego consiste en aplicar gotas de agua muy pequeñas que las que se deja por aspersión, es recomendable para viveros, cultivos frutales y hortalizas. Estos micro aspersores se clavan en el suelo y son abastecidos de agua por una manguera [13].

#### **1.7.1.5 Riego mediante goteo**

En el riego mediante goteo consiste aplicar agua gota a gota de forma constante cerca de las raíces de las plantas, mojando así solo un 30% del suelo alrededor de la planta. En este método el agua tiene una presión dentro de la tubería, pero cae sin presión sobre el suelo, estos métodos

poseen un diseño agronómico e hidráulico en el que se regula la presión y el número de gotas o a su vez los litros por hora que se desean que caiga en la planta [14].

### 1.8 Eficiencia de los métodos de riego

Para los autores Antúnez, A. et al. [15] consideran que la eficiencia de los tipos de métodos de riego es buena cuando la cantidad de agua aprovechada por el cultivo llega a un 70%, en la tabla 1, se muestra la eficiencia de los métodos de riego utilizados comúnmente. Gran parte de estos métodos de riego no tienen una eficiencia aceptable. En Estados Unidos se ha demostrado que el desperdicio de energía eléctrica en algunos métodos de riego alcanza el 25%, debido a deficiencias en el bombeo. Además, por el riego excesivo se presentan pérdidas de energía y dinero, por problemas que son resultado del mal manejo en los equipos. En resumen, el desperdicio de agua para los métodos de riego va de la mano con el escaso control, así también como de las características que tiene el suelo a regar.

**Tabla 1.** Eficiencia de métodos de riego [15]

Modo de riego	Eficiencia de riego (%)
Tendido	30
Surcos	45
Californiano	65
Aspersión	75
Microjet	85
Microaspersión	85
Goteo	90

Elaborado: Luis Javier Chicaiza

Entonces, la eficiencia de riego es la vinculación de la proporción del agua suministrada en la planta y la proporción de agua que utiliza la planta con la intención de saber la cantidad de agua que necesitan los cultivos y esta se calcula mediante la siguiente fórmula [16].

$$Ef_r = Ef_c \times Ef_d \times Ef_a \quad (1)$$

Donde:

$Ef_c$  es la eficacia de conducción

$Ef_d$  es la eficacia de distribución

$Ef_a$  es la eficacia de aplicación

## **1.9 Sistemas de riego automáticos**

Para Ruiz et al. [17] modernizar los sistemas para el riego impulsados por la planificación hidráulica en la última década responde a la necesidad de aprovechar racionalmente los recursos hídricos en la agricultura implementando nuevas tecnologías de operación y control que optimizan el uso del agua. Obteniendo así una reducción de costos en los cultivos.

Un sistema de control de riego automático debe encargarse tanto del control de la humedad del suelo, así como del funcionamiento del equipo de riego, llevando una inspección continua del estado de hidratación de las plantas de acuerdo a las necesidades de cada sección del cultivo. Así también la implementación de estos sistemas facilita el riego constante y uniforme que se puede organizar en horarios durante todo el día o a su vez por condiciones de ambientales, incluyendo periodos que emplee el sistema de riego para fertilizar las plantas [18].

Como parte de la automatización intervienen elementos como un PLC programado y adaptado a las condiciones del sitio de riego, monitoreado por sensores y ejecutado por actuadores, con la finalidad de adaptarse a los requerimientos del agricultor [17].

## **1.10 Ventilación**

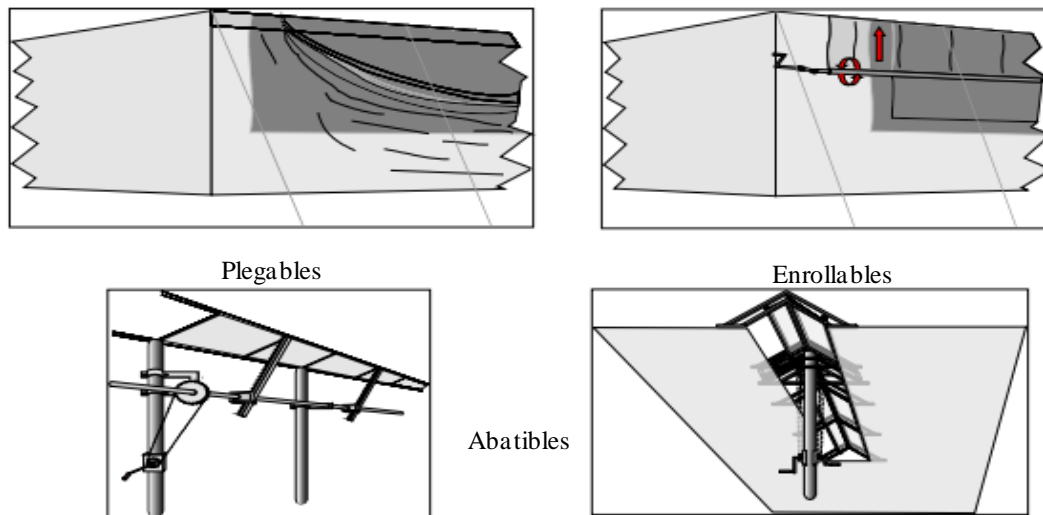
En un invernadero la ventilación tiene la función de renovar el aire dentro del mismo, permite regular la temperatura y la humedad relativa, pues es fundamental porque las temperaturas superiores a 30°C provocan problemas a la mayoría de los cultivos y la humedad relativa alta provoca una condensación, llevando esto a la proliferación de enfermedades. La ventilación puede ser pasiva o activa [19], es decir, manual (pasiva) si se usan cortinas y la velocidad natural del viento para la ventilación o a la vez automática (activa) si se usa algún dispositivo de ventilación como ventiladores, equipos extractores y un software para poder controlar y renovar el aire en el invernadero.

## **1.11 Tipos de cortinas de ventilación**

Las cortinas permiten la renovación del aire dentro del invernadero, pues de esta manera se controla el nivel de humedad relativa y de temperatura. El tipo de cortinas de mayor uso son las laterales y las cenitales, estas últimas tienen la capacidad de ventilación de dos a tres veces las laterales, pero son más costosas.

### 1.11.1 Cortinas manuales

Este tipo de cortinas puede ser plegable y no disponen de mecanismo alguno para abrir, se manipula al separar el plástico hacia los lados o hacia arriba para abrir un hueco para la ventilación. Es enrollable en cualquier dirección alrededor de un eje que forma parte de un mecanismo fijo. Las abatibles son ventanas que están sujetas por uno de sus lados a la estructura del invernadero y se abren en forma de capilla [20], así se observa en la figura 8.

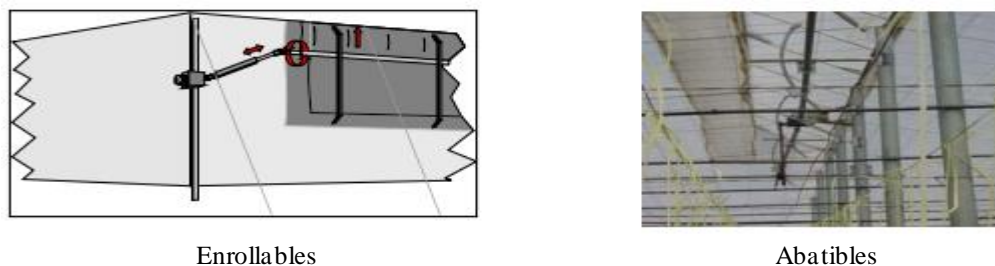


**Figura 8.** Cortinas plegables, enrollables, abatibles [20]

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

### 1.11.2 Cortinas automáticas

De acuerdo a López et al [20], la automatización de las ventanas es conveniente en invernaderos donde existe un control climático constante e intensivo, el control de las cortinas se realiza mediante un autómata programable que se encarga de activar un motor para que los mecanismos realicen la apertura y cierre. Los tipos de cortinas usados son enrollables y abatibles, mostrados en la figura 9.



Enrollables

Abatibles

**Figura 9.** Cortinas automáticas enrollables y abatibles [20]

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

## 1.12 Variables por controlar

Las variables por controlar son la humedad y temperatura, pues son de vital importancia para el cultivo de rosas, pues que, al no existir un control adecuado de estas, el invernadero sería solo una carpa que protege a las rosas de la lluvia y el viento.

### 1.12.1 Humedad

La influencia de la humedad en los invernaderos sea esta del suelo (humedad volumétrica) o del aire (humedad relativa), son dos de las variables importantes que se controlan en las plantas, el exceso o la poca humedad provoca un déficit de saturación en el transporte de nutrientes y el crecimiento de las plantas, además que puede causar la aparición de hongos y afecciones en los botones, hojas y los tallos de las rosas [21].

Para el control de esta variable se usan sensores que controlan la humedad del suelo, entre los sensores utilizados se tiene los higrómetros, sondas, tensiómetros capacitivos y resistivos que evalúan las constantes de resistividad y dieléctricas en el suelo. Estos dispositivos electrónicos se instalan en el suelo a cierta profundidad cuya función es recopilar datos, debido a que estos dispositivos pasan años en el suelo y a la intemperie, están diseñados con aislamientos y pintura epoxi que impiden que el paso del tiempo y el agua alteren el funcionamiento [22].

Los porcentajes adecuados de humedad relativa según Gómez [23], se presentan en la tabla siguiente. Además, es conveniente mencionar que del 100% de humedad hídrica o volumétrica en el suelo, solo el 30% es absorbida por las raíces de las rosas y el 70% se vaporiza y forma parte de la humedad relativa, la cual se controla con la ventilación.

La humedad volumétrica para el cultivo está en función al tipo de suelo y la capacidad para retener la humedad que tiene el suelo, de esta manera, previo a un estudio se determina el tiempo de riego para el cultivo, pero entre las recomendaciones existen algunas que se observa en la tabla 2.

**Tabla 2.** Humedad relativa y volumétrica ideales en el cultivo de rosas [23].

Rangos	Humedad relativa (%)	Humedad volumétrica (%)
Mínima	60	70
Ideal	70	90
Máximo	80	100

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

### 1.12.2 Temperatura

La temperatura es otro factor que influye para el desarrollo y crecimiento de las plantas, pues esta variable está directamente relacionada a las funciones como la fotosíntesis, respiración, permeabilidad de la membrana celular, transpiración, actividades enzimáticas, absorción de agua y nutrientes [21].

Las temperaturas límites para que ocurran reacciones biológicas en cultivos dentro de un invernadero no deben ser menores a 0°C y mayores a los 50°C, aunque las temperaturas optimas de cada cultivo varían dependiendo el tipo de planta, pero están comprendidas entre los 10°C y los 25°C dentro de un invernadero.

El objetivo de controlar la temperatura es lograr un balance dentro del invernadero, con el fin de evitar la acumulación de calor cuando esta no sea la adecuada para las plantas para ello se usan mallas sombreadoras, aspersores y sensores [19].

La serranía ecuatoriana tiene las condiciones climáticas adecuadas para el realizar la actividad de cultivo de rosas durante todo el año, las temperaturas críticas y optimas que son recomendables para el cultivo en las zonas de producción de rosas, presentadas a continuación en la tabla 3.

**Tabla 3.** Valores de temperatura óptimos [24]

Rosas	Temperatura (°C)
Mínima	0
Mínima biológica	12
Óptima	18-21
Máxima biológica	25
Máxima	35
Delta térmico ideal	9-10
Óptima del suelo	15-16

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

Entonces, de acuerdo con la anterior tabla se puede encontrar el rango óptimo de temperatura para las rosas entre los 18°C y 25°C, temperatura en la que la planta se encuentra cómoda y puede producir sin llegar al punto de marchites.

### **1.13 Sensores**

La operación y el mantenimiento de un invernadero implica el control y monitoreo de ciertas variables ambientales, ayudados de la manipulación de dispositivos que controlan los valores referenciales estimados para el correcto funcionamiento. Las principales variables que se controlan y monitorean dentro del invernadero son: calefacción, ventilación, riego y abonado. El control de estas variables se realiza con el uso de sensores de variables ambientales que toman periódicamente medidas y las envía a una unidad automática o PLC que de ser necesario activa sistemas de riego, ventilación o iluminación [25].

### **1.14 Sensor de humedad**

Para Perdighones et al. [26], los dispositivos de medición de humedad pueden ser:

#### ***1.14.1 Higrómetro de cabello***

Se construye con un material que varía su elasticidad al entrar en contacto con la humedad, este a su vez se encuentra conectado con un potenciómetro que mide la resistencia, aunque este tipo de sensores tiene limitado su rango de medida, por lo tanto, no se recomienda en un invernadero.

#### ***1.14.2 Psicómetro***

Son dos termómetros que toman las medidas de bulbo seco y húmedo, el primero determina la temperatura ambiente y el otro la temperatura en función del agua que se ha evaporado dentro del invernadero. La desventaja es que se debe mantener la humedad permanentemente.

#### ***1.14.3 Sensores capacitivos***

Tiene electrodos que se encuentran cubiertos entre un polímero que tiene la capacidad de absorber humedad en el aire. Su inconveniente es su lenta respuesta para realizar nuevas mediciones.

#### ***1.14.4 Sensor de espejo enfriado***

Es un sensor que es más preciso en la medición del punto de rocío que consiste en un espejo frío con una muestra de gas condensado y que refleja un rayo de luz, esa reflexión la capta un fototransistor, su desventaja es su alto costo [27].

### **1.15 Sensor de temperatura**

La variedad de sensores de temperatura utilizados en un invernadero según Perdighones et al. [26] es:



### ***1.15.1 Resistencias metálicas***

Es un conductor metálico que aumenta la temperatura según el paso de corriente, por ejemplo, los sensores (Pt100) están en un rango de 100 ohmios a 0°C y 138,5 ohmios a los 100°C, estos sensores son los más convenientes cuando el invernadero se encuentra lejos del controlador automático debido a que no se altera la precisión.

### ***1.15.2 Termistores***

Se utilizan semiconductores que modifican la resistencia eléctrica, entre ellos existen los NTC que son termistores de resistencia negativa que, al aumentar la temperatura, la resistencia decrece y los PTC que son de resistencia positiva que, al aumentar la temperatura, la resistencia aumenta.

### ***1.15.3 Termopares***

Los termopares ante cualquier cambio de temperatura envían una señal de tensión eléctrica, no necesitan una fuente de alimentación por que funcionan por el efecto Seebeck, que es la aparición de una fuerza electromotriz al unir dos conductores metálicos. El rango de precisión es menor en comparación a las termorresistencias.

## **1.16 Electroválvulas**

Las electroválvulas en los sistemas de riego son las encargadas de controlar el flujo en las tuberías abriendo o cerrando el paso de agua mediante una señal proveniente de un programador al solenoide de la electroválvula [28].

## **1.17 Motorreductor**

Un motorreductor es una máquina compacta que combina una caja reductora de velocidad y un motor eléctrico que unidos hacen una sola pieza, el objetivo es disminuir la velocidad entregada por el eje del motor eléctrico. Es usado en muchas industrias pues economiza energía [29].

## **1.18 PLC**

Es un controlador lógico digital o automático programable que controla actuadores y procesa señales de relés, sensores y demás componentes electrónicos industriales, para esto se ha de realizar un programa que controle todos estos componentes, los programas se los puede realizar con un software que entienda los lenguajes de programación que se encuentran bajo normas

internacionales, estos lenguajes son; diagramas de bloques, diagramas Grafcet, programación en escalera, texto estructurado y graficas de funciones secuenciales [30].

### **1.19 Interfaz hombre maquina (HMI)**

El interfaz hombre vs máquina (HMI) se presenta como un panel con el cual el usuario interactúa con la automatización realizada alguna máquina, instalación o dispositivo. De esta manera su uso se enfoca en mejorar un proceso industrial, así pues, los operadores pueden visualizar información clave de alguna actividad o proceso que se muestran en gráficos, tablas o diagramas, también permite una conexión con sistemas SCADA y MES [31].

El sistema muestra información proporcionada por sensores y actuadores, permitiendo el control de estos desde panel Además que se comunica directamente con un controlador lógico programable (PLC), de esta manera optimizando y centralizando los datos y funciones más importantes, quedando fácilmente al alcance del usuario.

### **1.20 Sistemas de control**

Un sistema de control se encarga del procesamiento de las señales que salen o ingresan para ser comparadas con los parámetros propuestos independientemente de las perturbaciones que pueda existir. Un ejemplo puede ser el control de climatización de una casa en donde las señales del termostato son la variable de entrada permitiendo al usuario seleccionar la temperatura que desee y la señal de salida es la temperatura en las habitaciones.

#### ***1.20.1 Tipos de sistemas de control***

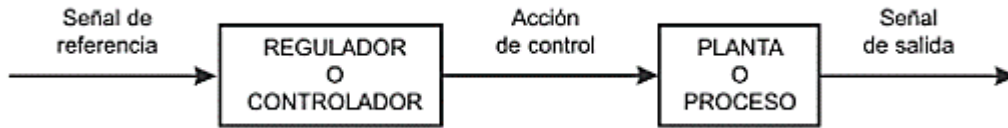
Cualquier sistema ejerce una acción para el control o manipulación, influenciando el comportamiento en algún dispositivo teniendo de esta manera independencia de las perturbaciones que pudiesen llegar.

Los sistemas de control se clasifican dependiendo el criterio, la información procesada, la linealidad de componentes y las señales [32].

##### **1.20.1.1 Sistemas de control laso abierto**

Es aquel que actúa directamente sobre el proceso sin considerar las señales de salida, de manera que no se compara la señal de salida con la señal de entrada, de esta manera entonces no hay retroalimentación, es así como cada entrada corresponde solo a una condición de operación, como se aprecia en la figura 10.

Por ejemplo, si una persona enciende la luz de un pasillo esta se encenderá durante un tiempo determinado sin importar si la persona llego a encender la próxima luz del pasillo.

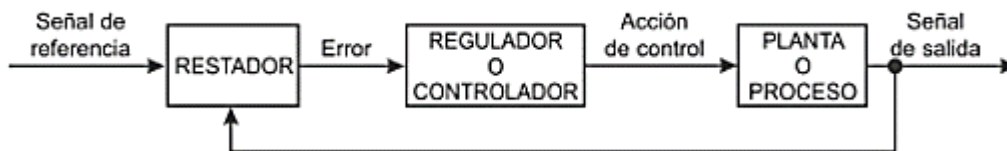


**Figura 10.** Sistema de control lazo abierto [32]

### 1.20.1.2 Sistema de control lazo cerrado

Este tipo de sistemas de control la señal de salida se retroalimenta con la señal de entrada, de esta manera se comparan y obtiene una señal con error que a su vez actúa sobre el proceso o la planta con el fin de reducir el error, logrando que el sistema funcione en los valores deseados, estos sistemas de control son más insensibles antes las perturbaciones, así podemos observar en la figura 11.

Proporcionan un control más preciso, por ejemplo, en un termostato colocado en las habitaciones donde debe existir un control con la temperatura y encendería o apagaría la calefacción de las habitaciones de acuerdo a las temperaturas predefinidas o deseadas por las personas [33].



**Figura 11.** Sistema de control lazo cerrado [33]

## CAPÍTULO II

### 2 METODOLOGÍA

#### 2.1 Diseño de la investigación

La palabra diseño describe el plan o estrategia pensada para dar solución al planteamiento que se dio con el problema expuesto. El presente proyecto tiene en su metodología un enfoque cuantitativo que según Cruz del Castillo et al. [34] se recoge y analizan datos que son cuantitativos acerca de las variables independientes, como el caso de los indicadores que interviene en la operación de un invernadero, que son: el riego, la temperatura y la humedad.

Usando un diseño experimental, se inclina a un estudio en donde se trabaja con una o más variables que son independientes, de esta manera se analiza las consecuencias de la influencia de manejo que tiene en una o más variables dependientes como lo es el invernadero dentro del entorno de control del investigador [35].

Previamente al indican las variables que contiene el estudio, la variable dependiente no se manipula, es decir, el invernadero de 4500 m<sup>2</sup> en la comunidad de San Miguel de Paquiostancia, pero se mide para conocer el efecto que tiene el manejo de la variable independiente, referido a la simulación y control de los sistemas que permiten el correcto funcionamiento del sistema.

El desarrollo del proyecto tiene como propuesta una simulación de las variables climáticas que tiene la zona en donde se encuentra ubicado el invernadero de rosas conforme a las necesidades del agricultor que según su criterio y disposición de recursos pueda aplicarlo a futuro. Entonces, luego de haber puesto en conocimiento los conceptos y definiciones básicas mediante fuentes primarias de información y una revisión bibliográfica en libros, revistas agrícolas, publicaciones electrónicas, artículos científicos, entre otros.

En este capítulo se realiza la medición de las variables a controlar a través del reconocimiento de las instalaciones del invernadero, objeto de estudio para la automatización de los procesos.

Dentro del establecimiento se encuentran cortinas, camas, así como las variables medibles como el caudal del sistema de riego que están ya en funcionamiento, así como las variables propias del lugar como la temperatura, incidencia del sol y humedad.

#### 2.2 Tipo de investigación

El alcance que tiene el estudio cuantitativo es exploratorio, correlacional, descriptivo y explicativo [3]. El estudio de investigación al ser exploratorio sirve para preparar a los

antecedentes con los alcances descriptivos de los sistemas que se estudian en el presente proyecto, estos estudios a menudo tienen un fin en ellos mismos. Casi siempre determinan tendencias, muestran áreas, contextos, ambientes y circunstancias para realizar el estudio, relacionando los potenciales de variables o que establecen el ritmo de las investigaciones posteriores donde estas son más elaboradas y estrictas.

Luego, para la etapa de pruebas del sistema, se utiliza un estudio explicativo con la ayuda de programas de simulación, encaminado a responder las problemáticas de los fenómenos físicos. Pues pretende exponer las razones de un fenómeno en las condiciones en que este se manifiesta, además se debe tener en cuenta la relación entre las variables que se estudia. Para medir los parámetros establecidos dentro del diseño y la perspectiva del investigador se utilizan los criterios de Sampieri el cual recomienda realizar una toma de datos donde se prueba una hipótesis, o en este caso responder a la pregunta de investigación utilizando técnicas de medición numérica, así pues, se emplean instrumentos de medición con el fin de comprobar teorías.

Se evalúan las variables en un concreto contexto con las condiciones designadas para la operación acorde a una normativa o estudios anteriores para luego extraer las conclusiones pertinentes sobre los resultados esperados y obtenidos.

### **2.3 Técnicas e instrumentos de investigación**

Como se puede verificar en la metodología, la recolección de datos se realiza de manera cuantitativa con los instrumentos adecuados para cada variable. Los datos se obtienen por observación, medición y documentación. Se utilizan instrumentos que han demostrado ser válidos y confiables en estudios previos o se generan nuevos basados en la revisión de la literatura. Los indicadores utilizados son específicos con posibilidades de respuesta o categorías predeterminadas.

Los instrumentos son utilizados para guardar la información y pueden ser un cuaderno de apuntes para el registro de datos, un diario de campo, una cámara fotográfica, cronómetro y programas de apoyo especializados para la comprobación durante el proceso de investigación. Es importante la observación detenida para que el investigador tome decisiones según su experiencia, cada fenómeno físico necesita ser mirado detenidamente para comprobar el funcionamiento diseñado previamente, o sea, se debe esperar que el experimento cumpla las

leyes de la física, el proceso de seguir las acciones de un objeto o condición manipulable de acuerdo a ciertas reglas para llevar a cabo el monitoreo [36].

#### 2.4 Localización geográfica del invernadero de rosas

El invernadero productor de rosas donde se realiza el proyecto de simulación corresponde a la familia Lema Conlago, funciona bajo el nombre de “Saron Roses” y está ubicado en el cantón Cayambe, parroquia de Ayora, comunidad “San Miguel de Paquiestancia” en la provincia de Pichincha.

Se encuentra a una altura de 3100 msnm, según la información que se detalla en la figura 12 obtenida de la web Google Earth, en donde la temperatura promedio dentro del invernadero durante las 24 horas del día de acuerdo a las mediciones obtenidas como parte de la investigación y que se puede ver en la tabla 4, es de 18.8°C y una humedad relativa de 79,5%.



Figura 12. Ubicación satelital del invernadero [37]

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

#### 2.5 Descripción de las instalaciones del invernadero

El invernadero hasta la presente fecha que se desarrolla el proyecto tiene un área total de 2455,92 m<sup>2</sup>, de acuerdo a la propietaria del invernadero se tiene proyectado para el 2023 tener

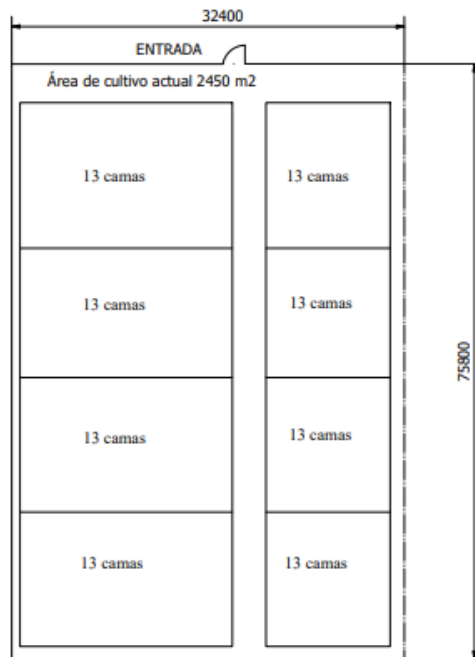
una extensión final de 4500 m<sup>2</sup>, el invernadero es de tipo asimétrico como se aprecia en la figura 13, tiene una ventilación natural - pasiva y usa cortinas laterales, la estructura general del invernadero es mixta construido con tubos de hierro galvanizado y trocos de madera, cubierto la techumbre con plástico.



**Figura 13.** Imagen amplia de invernadero hasta la presente fecha  
Fotografía tomada por: Luis Javier Chicaiza en campo.

Por el momento el invernadero está distribuido en parcelas por el sistema de riego como se indica en la figura 14, tiene ocho parcelas de 13 camas, las camas están distribuidas en dos columnas de 52 camas, con un total de 104 camas, las medidas de las camas son las siguientes:

- Lado derecho: 16,2 m de largo, de ancho entre 0,60 m y 0,70 m y de alto de entre 0,20 m y 0,30 m
- Lado izquierdo: 12,5 m de largo, de ancho entre 0,60 m y 0,70 m y de alto entre 0,20 y 0,30 m.



**Figura 14.** Dimensiones en metros del invernadero actualmente  
Elaborado por: Luis Javier Chicaiza.

Con la posterior ampliación a 4548 m<sup>2</sup> se podrá realizar el cambio de válvulas manuales por electroválvulas con el fin de controlar el riego en las 12 parcelas y mejorar la configuración del sistema de riego presente, pues en algunas secciones el riego no es uniforme, así entonces el número de camas por parcela se mantendrá aproximadamente en 13.

## 2.6 Riego presente en el invernadero

El sistema de riego implementado es por goteo, este tipo de riego es eficaz y económico, debido a que el agua es depositada cerca de la raíz de la planta, de esta manera se evita desperdicio de agua y se economiza recursos, además se limita la proliferación de enfermedades por exceso de riego, también es conveniente mencionar que el mismo sistema de riego se usa para fertilizar y alimentar a las rosas, es decir, el sistema de riego se convierte en fertirriego.

También se realiza un riego manual tipo ducha cama por cama con un aspersor sobre las pruebas. Es entonces que la automatización del riego se dará solo en el sistema de riego por goteo (fertirriego).

Como se detalla anteriormente, el sistema de riego se encuentra fraccionado en ocho secciones de 13 camas, el agua para el riego proviene de un reservorio ubicado en la parte superior del terreno de ahí el agua se dirige por gravedad a las válvulas del sistema de riego que son de 1 ½” y 2”, donde el caudal de agua es medido antes de la salida de la válvula.



El sistema de riego socializado y propuesto para la automatización debe tener dos modos, uno manual y otro automático que permita controlar de manera conveniente las variables climáticas dentro del invernadero y bajo el criterio del floricultor.

## **2.7 Ventilación presente en el invernadero**

La ventilación implementada en el invernadero para el control de temperatura es pasiva mediante el viento y la utilización de ventanas laterales con cortinas enrollables como se muestra en la figura 15, para su apertura y cierre se usa un sencillo mecanismo manual que funciona con cuerdas. La automatización para esta variable de igual manera debe tener dos modalidades manual y automática, donde los mecanismos de las cortinas funcionan con un motorreductor y sensores de temperatura.

Por el momento la ventilación es manual por medio de 2 cortinas laterales a lo largo de toda longitud del invernadero, las medidas de las ventanas son las siguientes:

- Largo: 75 m
- Alto: 2 m



**Figura 15.** Cortinas enrollables del invernadero

Fotografía tomada por: Luis Javier Chicaiza en campo.

## **2.8 Temperatura y humedad adecuadas para crecimiento de rosas**

### **2.8.1 Temperatura ambiente**

Las condiciones de temperatura recomendada para el desarrollo ideal de las rosas se encuentra entre los 18°C y 21°C, las temperaturas mínimas y máximas biológicas que soportan antes de marchitarse son una mínima de 12°C y una máxima de 25°C, aunque por periodos cortos pueden ser menores o superiores a esas temperaturas extremas referenciales, los daños en la planta provocados por una exposición prolongada a una temperatura menor a los 12°C retrasa

el crecimiento de la planta y produce pétalos deformes y en exceso. Por otro lado, una temperatura continua superior a los 25°C causa flores pequeñas y pálidas [23].

Así entonces, las temperaturas adecuadas para un buen desarrollo de la planta son durante el día de 18°C a 21°C, mientras en la noche lo adecuado es de 12°C a 18°C.

### **2.8.2 Humedad relativa (ambiente)**

La humedad ambiente dentro de un invernadero de rosas está en un rango del 60% a 80%, aunque la ideal es una humedad constante a 70%, que se regula con la apertura de cortinas y el uso de ventiladores. Pues debe existir renovación de aire constantemente en días calurosos para mantener los niveles de CO<sub>2</sub> dentro del invernadero [23].

La humedad por debajo del 60% es nocivo para las plantas pues provoca deformación en los botones, así también por encima del 80% porque se desarrollan tallos débiles y cortos.

### **2.8.3 Humedad volumétrica (suelo)**

La humedad del suelo en los cultivos de rosas es relativamente alta pues la composición propia de la rosa es del 80% a 85% de agua y del 15% a 20% materia orgánica seca como (azúcares y almidón) [23]. Motivo por el que no se define un valor exacto en porcentaje de humedad pues es importante conocer el umbral de riego, el nivel de absorción de agua que tiene el suelo y de esta manera determinar el tiempo de riego para el cultivo, además de llevar una inspección de humedad mediante sensores.

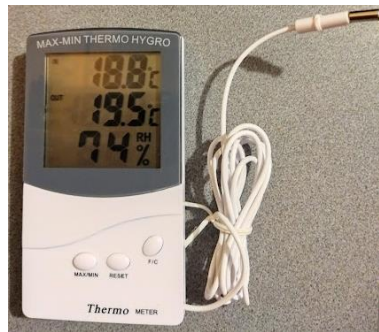
## **2.9 Medición de Variables**

Las mediciones de las variables climáticas se realiza a lo largo de las camas, en cada una de las ocho parcelas en las que se encuentra dividido el invernadero de acuerdo al sistema de riego que se encuentra instalado, esto se realiza con el propósito de tener valores promedio generales de la temperatura del invernadero y de la humedad tanto del suelo como del ambiente, es importante mencionar que dentro del invernadero no hay divisiones físicas entre parcelas, las divisiones mencionadas son del sistema de riego que está bajo el suelo.

## **2.10 Mediciones de humedad relativa y temperatura ambiental**

Para testear la humedad relativa y temperatura ambiente se emplea un higrómetro tal como se observa en la figura 16, las mediciones se ejecutan durante un fin de semana con un intervalo de medición de entre una a dos horas. Las características del equipo permiten tener un margen de error de  $\pm 1^\circ\text{C}$  para la temperatura ambiente y de  $\pm 5\%$  para la humedad relativa, también

se puede obtener datos de la humedad y temperatura máxima y mínima de estas variables de a partir de valores promedios medidos durante la noche.



**Figura 16.** Higrómetro medidor digital de humedad relativa y temperatura ambiente  
Fotografía tomada por: Luis Javier Chicaiza en el periodo de medición de las variables.

Los datos de las magnitudes medidas dentro del invernadero lo podemos observar a continuación en la tabla 4, estas mediciones se realizan desde las 7h00 am hasta las 17h00 pm, tiempo en el invernadero experimenta diversos cambios climáticos, con un frio intenso acompañado de lluvia y unas horas con un intenso sol.

**Tabla 4.** Mediciones realizadas en el invernadero en un intervalo de tiempo

Hora	Temperatura (°C)	Humedad relativa (%)
7:00 am	15,4	81
8:12 am	17	84
9:29 am	19,8	72
10:00 am	21,4	79
11:00 pm	26,5	75
12:24 pm	24,8	64
13:00 pm	21,2	69
13:14 pm	18,1	77
14:00 pm	16,7	91
15:13 pm	15,5	90
17:00 pm	16	89
17:00/7:00	13,1	83

Elaborado por Luis Javier Chicaiza en campo.

Entonces, si se comparan las mediciones de temperatura ambiente y humedad relativa obtenidas en el invernadero y los datos de referencia óptimos y críticos que propone Gómez, R [23] y expo flores Ecuador, como se aprecia en la tabla 2 y tabla 3, queda evidencia de que los valores medidos están dentro del permitido para la temperatura mínima biológica de 12°C y una máxima biológica de 25°C, en este punto se evidencia que la activación acertada de la ventilación podrá mantener el ambiente y humedad relativa en un equilibrio adecuado para el crecimiento de las rosas que está entre los 18°C y 21°C.

Con respecto a la humedad relativa medida entre 81% y 91% en el invernadero, es evidente que existe un desfase entre la temperatura y la humedad, pues por el momento el sistema de ventilación no funciona de acuerdo a las necesidades que requieren las plantas durante el día, lo que deja en evidencia que para obtener los valores de referencia adecuados de humedad relativa de 70% a 80%, es primordial la ventilación automática a tiempo dentro del invernadero pues existen problemas con la renovación de aire.

### **2.11 Mediciones de humedad del suelo y pH**

En la evaluación de la variable humedad para el suelo se emplea el medidor de humedad de la figura 17, que se observa a continuación, este medidor tiene dos varillas de 20 cm de largo, cuya función es medir la humedad y el pH del suelo, este último parámetro (pH) no se toma en cuenta para la automatización propuesta en el proyecto, pero interviene en otras áreas como en la preparación de los fertilizantes que sirven para la nutrición y crecimiento de las rosas. La medición se realiza en un fin de semana a diferentes horas del día con variaciones de clima externo del invernadero.



**Figura 17.** Medidor de humedad de suelo y pH

Fotografía tomada por: Luis Javier Chicaiza en el periodo de medición de las variables.

Para la medición de la variable se considera la división en parcelas que presenta el sistema de riego por goteo dentro del invernadero, pues no siempre las secciones presentan una humedad común entre ellas, de esta manera se registran los datos de humedad y pH en las camas de cada parcela estos datos se reflejan en la tabla 5.

**Tabla 5.** Mediciones de humedad volumétrica y pH

<b>Hora</b>	<b>Parcela</b>	<b>Humedad volumétrica (%)</b>	<b>pH</b>
8:00	1	90	6
13:00		75	6,2
17:00		98	6,2
17:00 - 8:00		92	6,2
8:02	2	85	5,5
13:02		67	5,8
17:02		95	5,8
17:02 - 8:02		89	5,8
8:04	3	90	4,8
13:04		75	5
17:04		100	5
17:04 - 8:04		91	5
8:06	4	92	5,5
13:06		70	6
17:06		100	6
17:06 - 8:06		95	6
8:08	5	93	6
13:08		74	6
17:08		100	6
17:08 - 8:08		91	6
8:10	6	90	5,6
13:10		70	6
17:10		98	6
17:10 - 8:10		93	6

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza en campo.

En esta tabla se presenta la medición de seis parcelas de las ocho en las que se divide el invernadero, el motivo es la tardía construcción del invernadero porque hace un par de meses no se ha completado la siembra de los patrones en esas dos parcelas, en las dos parcelas sin patrones se siembra una especie de rosa distinta a la de las otras seis parcelas.

La toma de datos de este parámetro se realiza desde las 8:00 am hasta las 17:00 pm con 5 horas de diferencia entre medición y de 17:00 pm a 8:00 am durante la noche, la rutina de fertilización comienza de 9:00am a 12:00pm y el riego desde las 13:00 pm hasta las 15:00 pm, el tiempo que toma el riego de cada parcela es de 10 min a 15 min aproximadamente, como se aprecia en las mediciones realizadas las parcelas presentan un nivel de humedad más bajo entre las 8:00 am y 13:00 pm que empieza el riego, el motivo es el aumento de la humedad relativa conforme a la elevación de la temperatura exterior y pues al no abrir las cortinas a tiempo para una buena renovación de aire, la humedad del suelo se empieza a evaporar más pronto, provocando una la caída de humedad del suelo entre esas horas.

Así mismo se observa que los valores de humedad del suelo tienden a ser constantes independientemente de la parcela medida, estos valores oscilan entre el 100% como máximo y un mínimo de 70%, con estos datos se evidencia que el nivel de humedad del suelo es general a lo largo de cada cama.

## 2.12 Medición de caudal en sistema de riego

En la medición del caudal se usó el método volumétrico que es muy sencillo de realizarlo y a su vez muy preciso, para el cual es necesario conocer el volumen del recipiente a ser llenado y con este dato podemos determinar el tiempo que tardara en llenarse el recipiente de agua, se usa la siguiente fórmula para obtener el caudal [16].

$$Q = \frac{v (m^3)}{t (s)} \quad (2)$$

Donde:

$v$  = volumen recipiente

$t$  = tiempo

La presión del caudal de agua durante el riego debe ser constante, motivo por el que se mide el caudal mediante una prueba sencilla la cual consiste en tomar el tiempo que toma llenar un recipiente de un volumen específico.

Para la medición se usó un valde de 5 galones americanos, el mismo se llenó en 9,17s como muestra la figura 18.



**Figura 18.** Mediciones para determinar caudal

Fotografía tomada por: Luis Javier Chicaiza en el periodo de medición de las variables

Estos datos reemplazamos en la fórmula anterior y determinamos que el caudal presente en el sistema de riego es 2,10 litros/s.

$$5 \text{ galones americanos} \times \frac{3,785 \text{ litros}}{1 \text{ galón americano}} = 18,925 \text{ litros}$$

$$Q = \frac{18,925}{9,17} \left( \frac{l}{s} \right)$$

$$Q = 2,06 \left( \frac{l}{s} \right)$$

### 2.13 Suelo del invernadero

Para la evaluar el tipo de suelo presente en el invernadero según Fao et al [38], se debe realizar las siguientes pruebas sencillas que consisten en:

- Tomar una pequeña porción de suelo húmedo y apretar hasta tener una bola tal como se presenta en la figura19.



**Figura 19.** Determinación de tipología de suelo

Fotografía tomada por: Luis Javier Chicaiza en el periodo de medición de las variables

- Lanzar la bola a una altura aproximada de 50 cm y atrapar en la mano, si la bola se desase esta tiene mucha arena, pero por el contrario si la forma se mantiene es un suelo arcilloso.

En la figura 20, se observa que la forma se mantiene, entonces se trata de un suelo arcilloso.



**Figura 20.** Proceso para determinar tipo de suelo

Fotografía tomada por: Luis Javier Chicaiza en el periodo de medición de las variables

- Luego se lanza la bola hacia una pared para determinar si su textura es fina o gruesa y si esta se desintegra antes de tocar la pared es gruesa y franco arenoso, pero si mantiene y al caer al suelo se rompe es franco arcilloso y su forma es fina.





**Figura 21.**Proceso para determinar forma del suelo

Fotografía tomada por: Luis Javier Chicaiza en el periodo de medición de las variables

Al realizar las anteriores pruebas con el suelo presente en el invernadero se determina que el suelo es de tipo franco arcilloso fino como se muestra en la figura 21, esto quiere decir que es un suelo capaz de retener el agua y que esté disponible para ser aprovechada por las raíces de las plantas.

## 2.14 Descripción de equipos seleccionados

### 2.14.1 Motor de ½ Hp monofásico y caja reductora ortogonal

El motor de ½ Hp monofásico cerrado seleccionado se usará para abrir y cerrar las cortinas y no necesita mucha potencia pues el peso del plástico a enrollar por el motor no amerita un equipo con alto desempeño, además, el motor va acoplado a una caja reductora que se encarga de mantener el torque para levantar los 75 m de cortina y disminuir el giro del eje del motor a unos 45 rpm, valor adecuado para no estropear el plástico de las cortinas.

Los datos técnicos del motor seleccionado se muestran a continuación, en la tabla 6.

**Tabla 6.** Características del motor [39]

Potencia	½ Hp - 0,37 kW
Grado de Protección	IP55 para carcasas 63 hasta 200L y IP55W para carcasas 225S/M y superiores
Forma constructiva	B3 Clase de aislamiento “F” (delta T = 80K)
Régimen de servicio	S1
RPM	1700
Temperatura ambiente	40 °C, at 1000 a.d.n.m

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

las características de la caja reductora ortogonal se observan en la tabla 7 y en la figura 22, se muestra el sistema motorreductor completo.

**Tabla 7.** Características de caja reductora [39]

<b>kW</b>	0,37
<b>i</b>	30
<b>Torque operación motor</b>	22/30/45 63

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza



**Figura 22.** Motor y caja reductora [39]

### 2.14.2 Termistor NTC 10K contra el agua

Este sensor posee protección contra agua, además un termistor NTC de 10K. El sensor cuenta con buena precisión y está recubierto por un tubo de acero para protección del agua y corrosión. Este sensor puede controlar procesos y temperatura tiene amplia aplicación en la industria de refrigeración y agrícola [40].

En la figura 23 se observa el sensor NTC 10K y a continuación la tabla 8, nos muestra sus características principales.

**Tabla 8** Características del sensor NTC 10K [40]

<b>Voltaje de Alimentación</b>	3v-5.5v
<b>Rango de medición</b>	-30°C-120°C
<b>Exactitud:</b>	± 1 (-10°C/85°C)
<b>Longitud del cable</b>	≈ 60cm
<b>Tamaño del sensor</b>	25mm/5mm (largo/ancho)

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza



**Figura 23.** Termistor NTC 10K [40]

### 2.14.3 Sensor de humedad HD-38

El sensor HD-38 que se observa en la figura 24, controla la humedad del suelo es resistente a condiciones que pudieran oxidarlo estas características hacen que posea larga vida útil. Tiene dos sondas metálicas y un módulo que acondiciona la señal a una tipo analógica o digital. Estos valores acondicionados por el módulo están entre 0 que significa que el sensor se encuentra en suelo completamente húmedo y 1023 que significa este está completamente seco, los datos técnicos del este sensor se muestran a continuación, en la tabla 9 [41].

**Tabla 9.** Características sensor HD-38 [41].

<b>Voltaje de Alimentación</b>	DC (VCC): 3.3V ~ 12V
<b>Modelo</b>	Modulo Higrómetro Sensor de Humedad del suelo Resistente a Corrosión HD-38 Sonda Metálica
<b>Corriente</b>	30 mA
<b>A0</b>	Salida analógica que entrega una tensión proporcional a la humedad. Puede ser medida directamente desde un puerto analógico en un Microcontrolador, Arduino, entre otros.
<b>D0</b>	Salida digital este módulo permite ajustar cuándo el nivel lógico en esta salida pasa de bajo a alto mediante el potenciómetro.

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza



**Figura 24.** Sensor humedad de suelo HD-38 [41]

#### 2.14.4 *Electroválvula S390-2W*

Este tipo de válvula es normalmente cerrada, está diseñada para permitir el paso de un fluido al activar su solenoide envía un estímulo eléctrico, su funcionamiento se adapta a corriente alterna y corriente continua.

En la tabla 10 se describen sus principales características.



**Figura 25.** Válvula solenoide [42]

**Tabla 10.** Principales características válvula solenoide [42]

<b>Marca</b>	Cepex / Bermad
<b>Roscas disponibles</b>	1", 1 1/2", 2"
<b>Fuente eléctrica</b>	24 VAC

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

### 2.14.5 PLC S7-200

El autómata programable por usar es el S7-200 / CPU-222 de Siemens, como el de la figura 26, pues su programación y montaje no presenta mucha dificultad, además que para su prestación tiene un costo bajo y adicionalmente se puede instalar un módulo de ampliación de entradas analógicas o digitales.



Figura 26. PLC S7-200 / CPU-22.2 [43]

Cuenta con 14 entradas/salidas sean estas analógicas o digitales y es ampliable hasta 2 módulos. Estos datos lo podemos visualizar en la tabla 11, donde se describe las principales especificaciones del PLC [43].

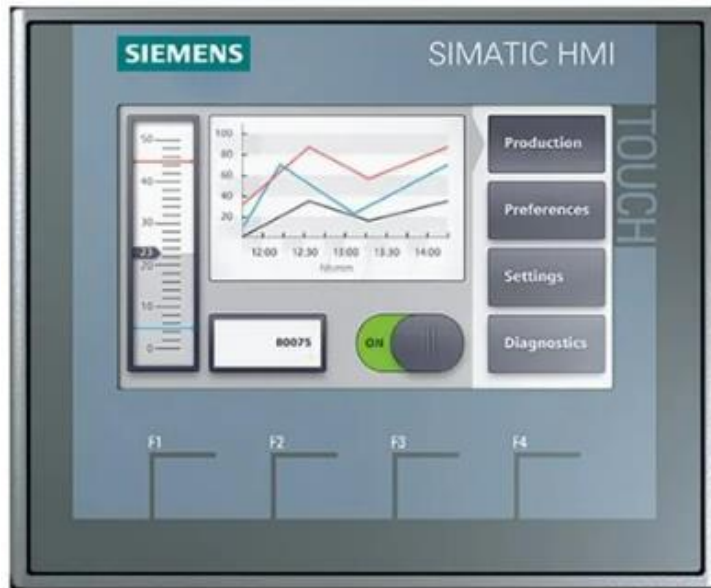
Tabla 11. Características principales PLC S7-200 [43]

<b>CPU</b>	222 AC/DC/Relé
<b>Alimentación</b>	110/220 VAC, incluye 8DI a 24VDC, 6 tipo relé
<b>Memoria</b>	de programa 4KB /de datos 2KB
<b>Puerto de comunicación</b>	1 puerto RS-485 protocolo PPI.

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

### 2.14.6 Siemens HMI KTP 400- Sismatic

Este tipo de paneles como el de la figura 27, se usan para sistemas de control S7 que está diseñado para aplicaciones sencillas de pequeño y mediano, su panel táctil es de 4,3", este cuenta con teclas adicionales bajo la pantalla táctil, tenemos las características principales en la tabla 12.



**Figura 27.** HMI Siemens ktp 400 [44]

**Tabla 12** Características HMI ktp 400 [44]

<b>Alimentación</b>	24 V DC
<b>Interfaz de conexión</b>	Para S7 o LOGO
<b>Memoria</b>	Pantalla TFT de 4,3”
<b>Puerto de comunicación</b>	5 puertos RJ45

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

### **2.14.7 Fuente de alimentación 120 VAC – 240 VAC**

Para el proyecto es necesario utilizar usar una fuente de alimentación como el presentado en la figura 28 para la alimentación del PLC, HMI, además de las electroválvulas, pues es necesario disminuir el voltaje de entrada convencional que se tiene de 120VAC a 240VAC que es el valor operacional de las válvulas solenoides.



**Figura 28.** Fuente Siemens 120 VAC – 240 VAC [45]

### **2.14.8 Gabinete eléctrico**

En este proyecto es necesario utilizar un gabinete eléctrico figura 29, con las dimensiones de 40 x 40 x 20 cm para ubicar el circuito de potencia, las conexiones y el HMI de manera organizada, conformando el tablero eléctrico para controlar los actuadores.

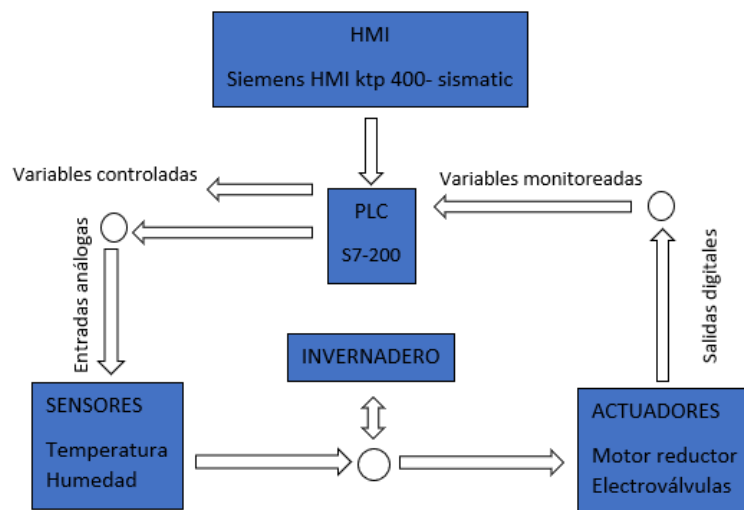


**Figura 29.** Tablero eléctrico [46]

## CAPÍTULO III

### 3 PROGRAMACIÓN Y SIMULACIÓN

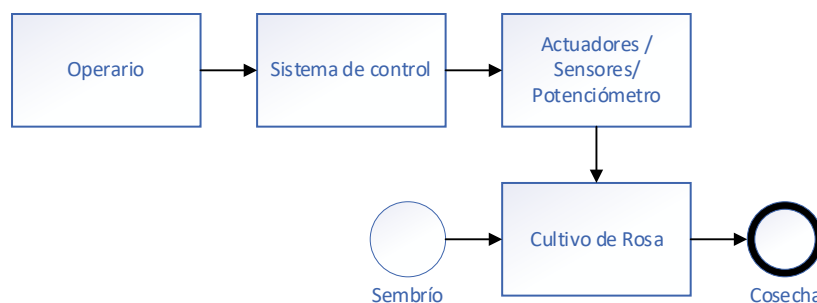
Para entender el diseño realizado en la presente simulación de automatización se observa en la figura 30, un esquema del software y hardware a usarse, así también el ciclo que debe repetirse entre la parte de control y la retroalimentación por parte de los equipos necesarios para procesar y mostrar de manera didáctica la información recibida.



**Figura 30.** Esquema del software y hardware.

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

El tipo de sistema de control que presenta la automatización es de Lazo Cerrado como se puede ver en la figura 31, se encuentra presente una señal de error y valores de histéresis con los que se pretende reducir el error sin llegar a que este sea cero. De esta manera manteniendo una comparación constante entre los datos censados y los deseados.

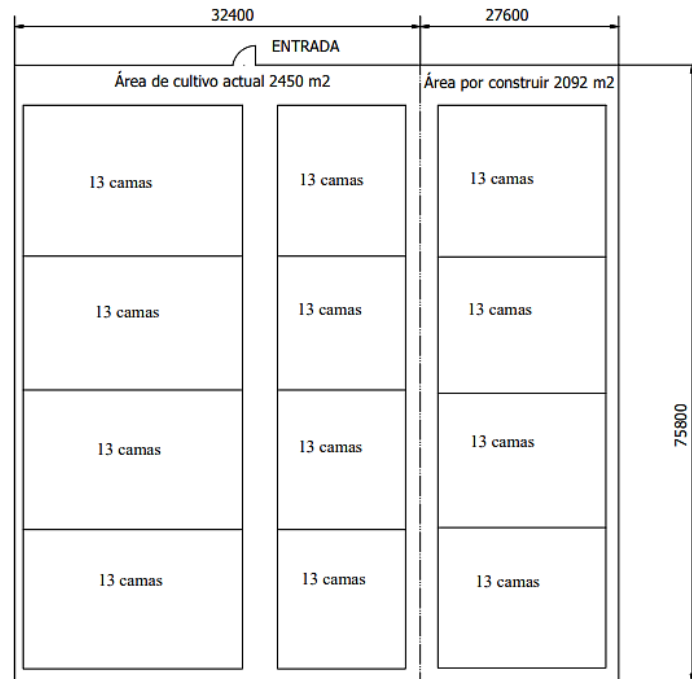


**Figura 31.** Sistema de control lazo cerrado

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza



En cuanto a la distribución final tenemos un área de 4542 m<sup>2</sup> a la que debe llegar el invernadero, es decir tenemos un área faltante de 2092,08 m<sup>2</sup>, la figura 32 que observamos a continuación, nos muestra el área final de construcción y la configuración en donde las parcelas predeterminadas aumentan a 4, y el número de camas por parcela se mantiene en 13, de esta manera tendrá 3 columnas con 52 camas cada columna, dando un total de 156 camas entre las 3 columnas.

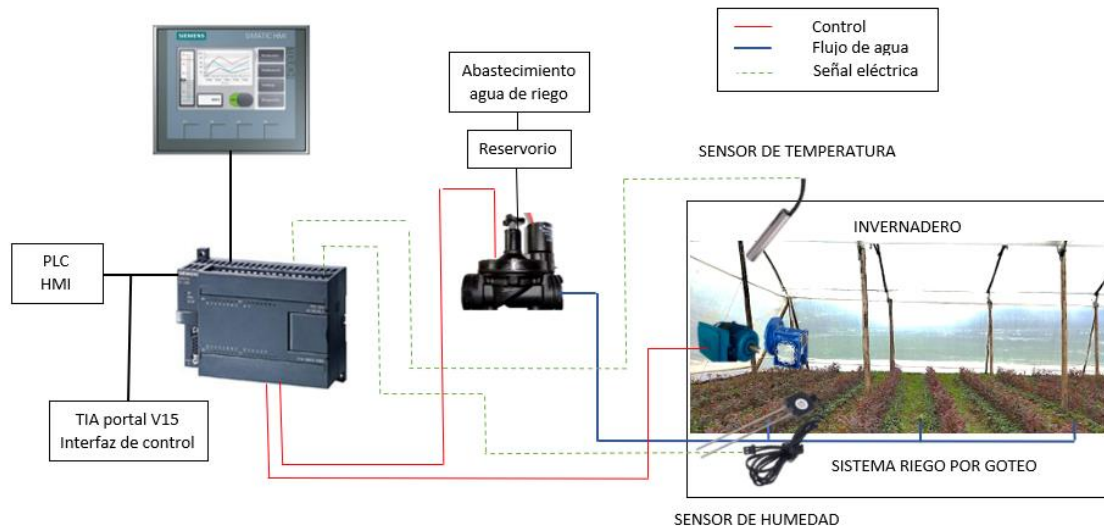


**Figura 32.** Dimensiones del área final de construcción del invernadero.

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

### 3.1 Necesidades del floricultor

Conjuntamente con el floricultor se socializa el proyecto y se obtiene información de las condiciones climáticas a las que sea desea controlar el interior del invernadero para el cuidado de las rosas, esta información representa los datos, características y condiciones, que son importantes para estructurar la programación abordando los factores y condiciones importantes que necesitan ser estrictamente controlados ya que inciden directamente en la calidad de la producción, la ejecución de estas funciones serán dependientes de los datos obtenidos, entre estas funciones se consideran el riego y el control de humedad y temperatura tanto del suelo como del ambiente, de estos parámetros y condiciones parte la programación que debe tener la automatización propuesta y la selección de equipos, tal como lo podemos apreciar en la figura 33.



**Figura 33.** Principales equipos que se prevee insatallar en la automatización.

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

### 3.2 Enunciado

Para el invernadero familiar de nombre Saron Roses, se necesita una automatización donde se pueda controlar la temperatura y humedad, con sensores analógicos en un modo automático y manual donde el floricultor utilice el programa a su criterio y conveniencia.

Para la humedad del suelo se necesita un sensor de humedad modelo HD-38 que dependiendo del valor censado permitirá abrir y cerrar una válvula solenoide S390-2W.

Para la temperatura se usará un sensor NTC10K que de acuerdo al valor censado permitirá la activación de un motorreductor de ½ hp que sirve para la apertura y cierre de las cortinas, el motorreductor se detendrá en cada extremo de las cortinas al activarse un final de carrera ubicados en la parte alta y baja de las cortinas.

Los dos sensores mencionados son analógicos y las salidas serán digitales para la válvula solenoide y el motorreductor.

#### Condiciones de riego:

Debe existir dos modos manual y automático:

- Automático: funcionará de acuerdo al porcentaje máximo y mínimo seteado para el sensor de humedad en la programación Ladder, el sistema de riego se ejecutará en base a los siguientes rangos; 100% máx se activará el sistema de riego y al 70% min se desactivará, el sistema de riego para parcela es autónomo puesto que cada una tendrá un sensor.

- Manual: el usuario podrá activar las válvulas que crea conveniente durante el tiempo que desee, pues para cada una existe un switch, en este modo no importa el porcentaje de humedad censado para poder efectuar el riego.

#### Condiciones de temperatura:

Debe existir dos modos manual y automático:

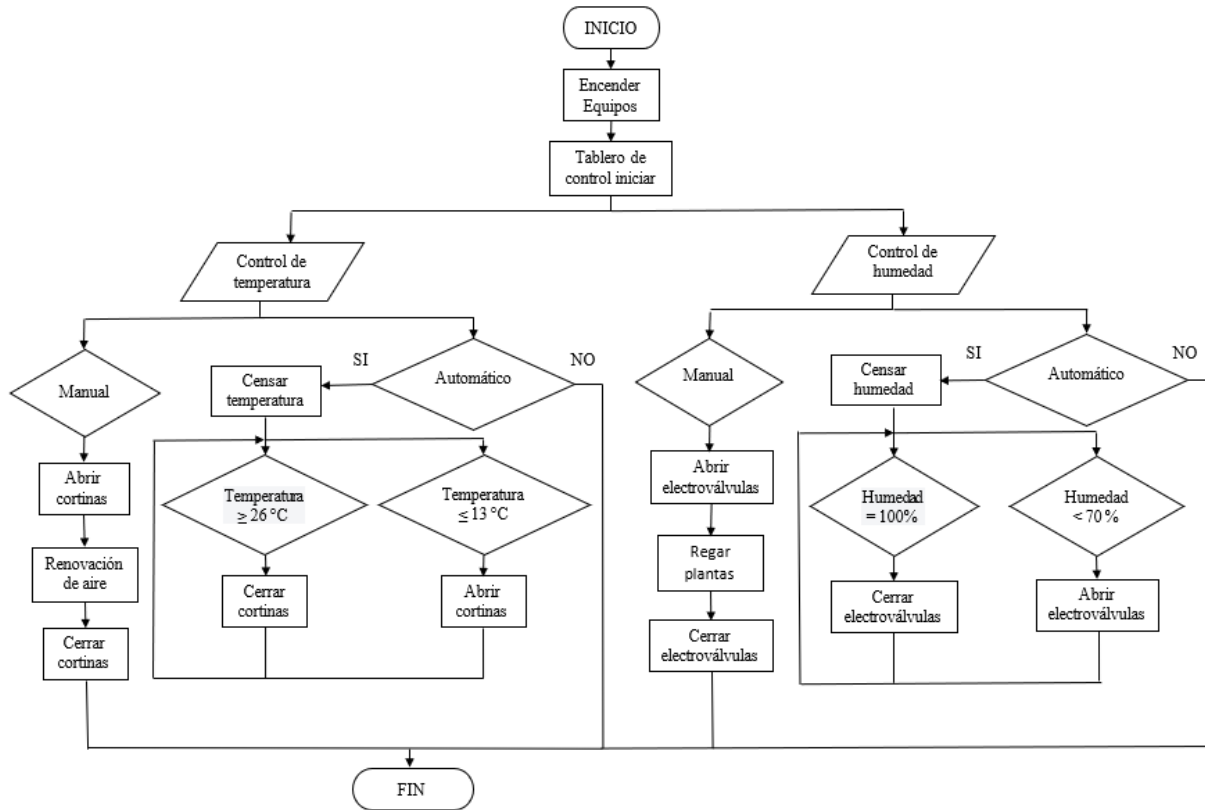
- Automático: funcionará con el uso de cuatro sensores de temperatura ubicados en distintos lugares del invernadero, los valores máximos y mínimos seteados para la temperatura son 26°C máx. y 13°C min, con los valores de cada uno se calculará una temperatura promedio la cual será medida por el PLC para poder activar el motorreductor y de esta manera abrir o cerrar las cortinas.
- Manual: al activar este modo el usuario podrá abrir o cerrar las cortinas de acuerdo a lo que convenga oportuno.

### **3.3 Desarrollo de la programación en el software TIA portal V15**

Como anteriormente mencione esta parte se enfoca en realizar la programación con el fin de controlar de las variables climáticas en el invernadero, para esto se usa el software TIA portal V15 de Siemens en donde se desarrolla las operaciones lógicas de programación y simulación, mismas que se cargan en un PLC S7-1200 virtual que procesa la información que envían los sensores de humedad y temperatura, los mismos que en la simulación están representados por unos potenciómetros virtuales, visualizados y controlados desde una interfaz HMI ktp-700 virtual y a la vez encuentra enlazado con el PLC, la programación se realiza en lenguaje de programación Ladder o tipo escalera mismo que al ejecutarse se inician las acciones de control del microclima para mantener condiciones adecuadas para la cosecha de rosas.

Es importante mencionar que al elegir diferentes PLC y HMI virtuales en el programa TIA portal V15, se consideró usar solo en la simulación estos equipos pues al tener un mayor número de salidas y entradas analógicas y digitales, nos permitirá simular la automatización sin necesidad de añadir un módulo virtual de entradas y salidas analógicas o digitales para completar las conexiones que se usó, ya en la implementación el código Ladder se cargaría en un PLC S7-200 conectado con un HMI KTP-400, conjuntamente con un módulo de entradas analógicas.

Como siguiente en la figura 34, se aprecia el flujograma donde de manera sencilla se puede entender la secuencia de cómo funciona la automatización.



**Figura 34.** flujograma de secuencia de la programación realizada

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

### 3.4 Bloque de programación- main [OB1]

Las líneas de programación Ladder se encuentra dentro de un bloque principal llamado main [OB1], como en la figura 35, aquí se colocan las funciones lógicas junto con la declaración de las variables en nuestro caso temperatura y humedad, asignadas a los contactos abiertos o cerrados y a las bobinas set y reset, el siguiente paso es establecer valores a estas variables que nos servirá de referencia al momento de plantear las condiciones con las que va a trabajar la programación.

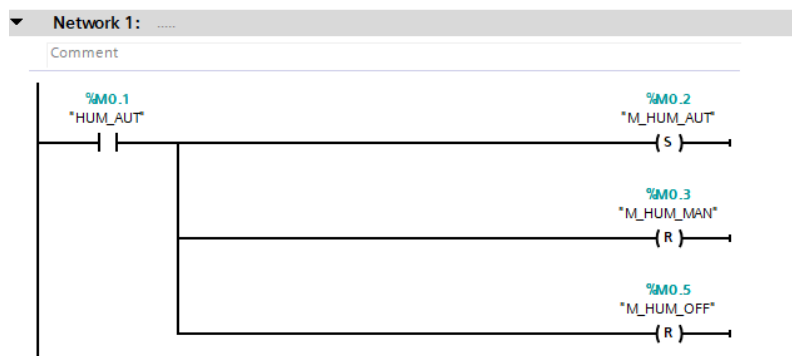
	Name	Tag table	Data type	Address	Retain	Acces...	Writa...	Visibl...	C...
1	ANALOGA1	Default tag table	Int	%MW100	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	NORMAL1	Default tag table	Real	%MD200	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	ESCALA1	Default tag table	Real	%MD204	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	HUM_AUT	Default tag table	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	M_HUM_AUT	Default tag table	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	HUM_MAN	Default tag table	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	M_HUM_MAN	Default tag table	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	M_HUM_OFF	Default tag table	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	HUM_OFF	Default tag table	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	M_INICIO	Default tag table	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	P_V_1	Default tag table	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	V_1	Default tag table	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	Tag_2	Default tag table	Bool	%M30.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
14	ANALOGA2	Default tag table	Int	%MW104	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	NORMAL2	Default tag table	Real	%MD208	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	ESCALA2	Default tag table	Real	%MD212	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	ANALOGA3	Default tag table	Int	%MW108	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	NORMAL3	Default tag table	Real	%MD216	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	ESCALA3	Default tag table	Real	%MD220	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	ANALOGA4	Default tag table	Int	%MW112	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	NORMAL4	Default tag table	Real	%MD224	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	ESCALA4	Default tag table	Real	%MD228	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	ANALOGA5	Default tag table	Int	%MW116	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

**Figura 35.** Variables declaradas en bloque principal.

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza en periodo de programación.

Una vez declaradas las variables determinadas para cada acción, se realiza la programación en escalera, es importante mencionar que en esta parte no influye el orden de declaración de alguna condición que por algún motivo no se la realizo líneas más arriba, pues el orden no es de importancia, pues al tener declarado las variables el software compila de M0.1 hasta el número final declarado en panel principal.

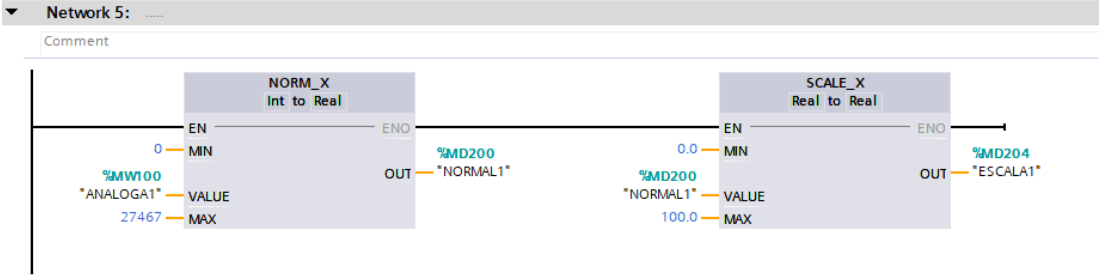
En la programación dentro del software se emplea la librería de bobinas set y reset para activar o desactivar las acciones a ser ejecutadas como se aprecia en la figura 36 y llegar al control del microclima del invernadero.



**Figura 36.** Programación Ladder con bobinas set y reset.

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza en periodo de programación.

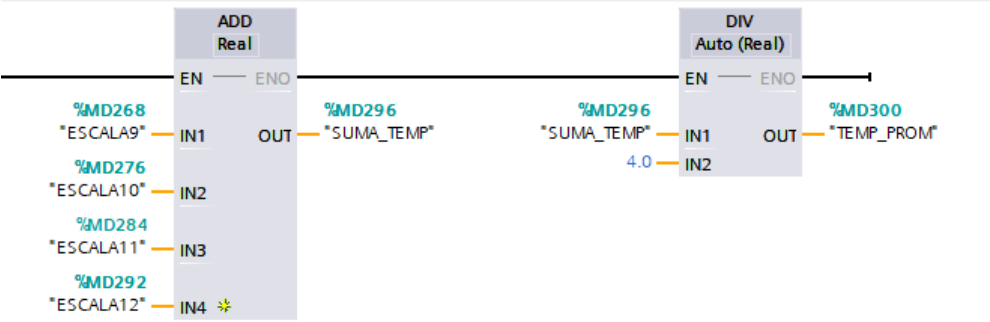
En la figura 37, se encuentra el bloque usado de manera general para tener el control del porcentaje de temperatura y humedad. Como parte de la simulación no se usan sensores reales, en lugar de estos se emplean potenciómetros virtuales que simulan a los elementos. De esta manera el potenciómetro tiene de 0 a 27467 bits, por lo cual se debe realizar una escala para reflejar esos bits en porcentaje de humedad de 0 a 100% y de temperatura de 0 a 100 °C, es conveniente mencionar que el valor máximo alcanza los 25 °C para levantar las cortinas con el fin de ventilar el invernadero, en la práctica nunca se llega a tener una temperatura superior a la mencionada, entonces la escala seleccionada para la temperatura es aceptable.



**Figura 37.** Bloque general de porcentaje de temperatura y humedad.  
Elaborado por: Luis Javier Chicaiza en periodo de programación.

Para controlar la temperatura en el invernadero se plantea trabajar con cuatro termistores NTC 10K, ubicados en distintos puntos del invernadero, cada uno de ellos envían el valor de temperatura que registran al PLC y en esta parte de la programación, se realiza una operación de suma y división de temperaturas para obtener el promedio como en la figura 38, con este valor se puede realizar la operación de abrir y cerrar la cortina por medio del motor reductor que se encarga de realizar esta acción.

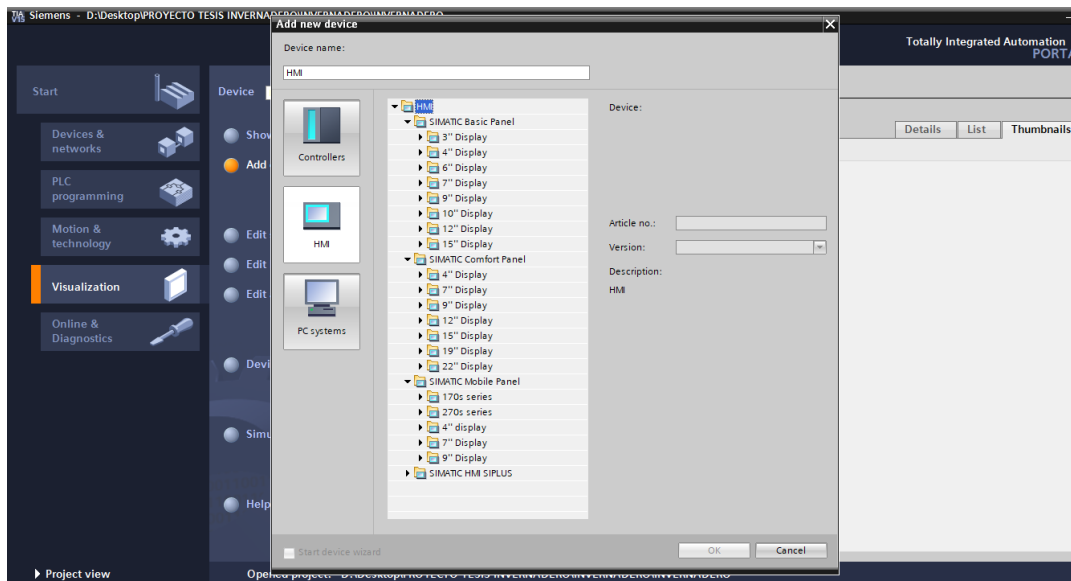
Es importante mencionar que este procedimiento se realiza únicamente para controlar esta variable, pues el control de humedad es independiente en cada parcela, aunque mantiene el mismo esquema del bloque.



**Figura 38.** Operación de promedio para apertura y cierre de cortinas  
Elaborado por: Luis Javier Chicaiza en periodo de programación.

### 3.5 Interfaz HMI

El mismo software TIA portal V15, permite realizar un entorno HMI, para que el usuario interactúe y tome control de los eventos que se encuentran en la programación Ladder, para esto no hace falta crear otro proyecto, sino que dentro del mismo proyecto se encuentra el apartado donde se puede añadir un dispositivo, en este caso un HMI, una vez seleccionado esta interfaz como apreciamos en la figura 39, se puede crear la apariencia que va a poder observar y usar el floricultor.



**Figura 39.** Selección de dispositivo HMI en el software

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza en periodo de programación.

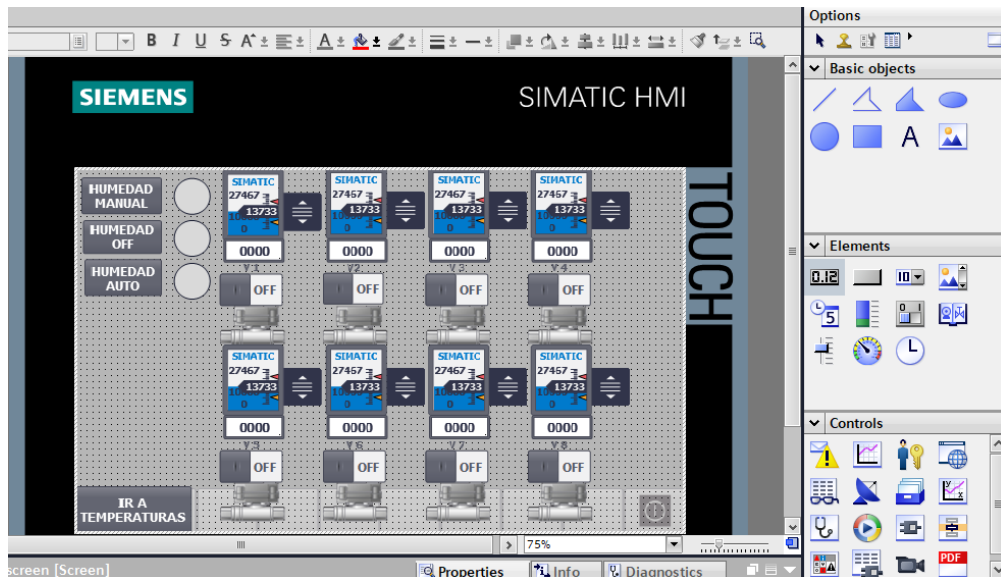
Dentro de la programación es necesario declarar las variables como en la figura 40, aquí se nombra cada acción y evento con el que va a interactuar el usuario y el HMI, junto con las ya declaradas en el PLC para poder realizar las operaciones de control. Entre las operaciones declaradas tenemos lectura de valores analógicos a salidas digitales, e interruptores para controlar válvulas y sensores.

Name	Tag table	Data type	Connection	PLC name
ANALOGA1	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1
ANALOGA10	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1
ANALOGA11	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1
ANALOGA12	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1
ANALOGA2	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1
ANALOGA3	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1
ANALOGA4	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1
ANALOGA5	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1
ANALOGA6	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1
ANALOGA7	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1
ANALOGA8	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1
ANALOGA9	Default tag table	Int	HMI_Connectio...	PLC_1
ESCALA1	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1
ESCALA10	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1
ESCALA11	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1
ESCALA12	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1
ESCALA2	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1
ESCALA3	Default tag table	Real	HMI_Connectio...	PLC_1

**Figura 40.** Declaración de variables en HMI.

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza en periodo de programación.

Por otra parte, la apariencia de la pantalla del HMI debe ser interactiva se elige varios elementos u objetos, entre ellos campos de texto para poder identificar cada interruptor y acción, que va a estar enlazado con las variables ya antes declaradas, así pues, el usuario tiene los controles a su alcance y de una manera clara para hacer uso del HMI, como en la figura 41, donde se visualiza la apariencia y las acciones que se tiene programado realizar. También se puede insertar elementos que están dentro de las librerías como válvulas, motores entre otros.



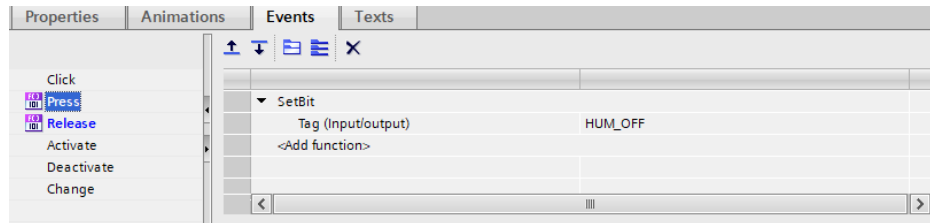
**Figura 41.** Diseño del panel de control touch del HMI

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza en periodo de programación.

Entonces al tener declarada las variables y realizado el diseño interactivo que tendrá la pantalla del HMI, a cada botón e interruptor se le asigna un evento al que reacciona cada vez que se lo



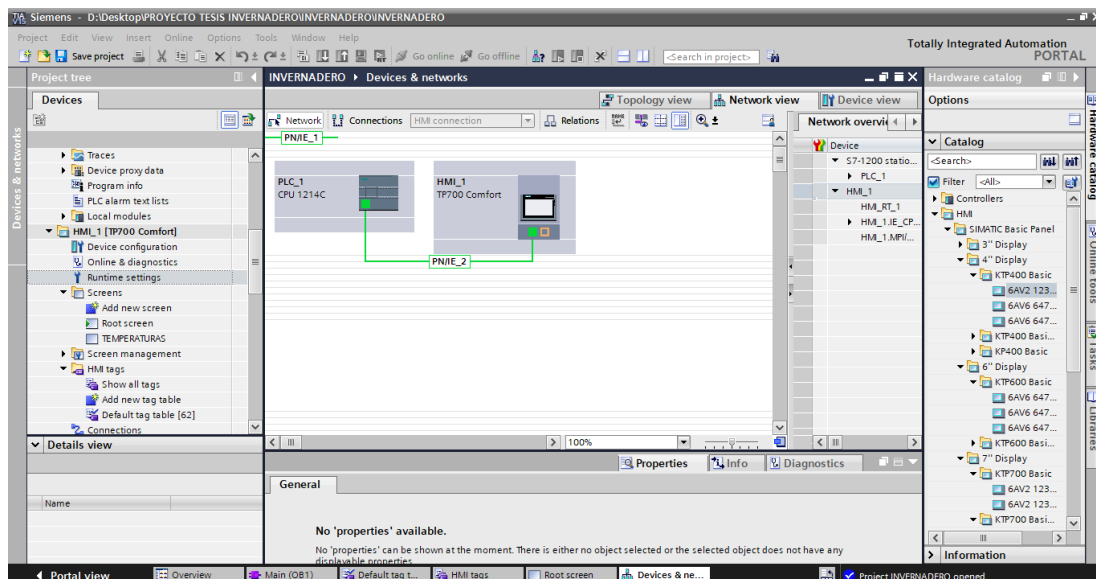
presiona como se visualiza en la figura 42, tenemos asociado el control de una bobina set que comanda el apagado de la parte de control de humedad.



**Figura 42.** Enlace de variable en evento.

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza en periodo de programación.

A continuación, en la figura 43, tenemos el enlace de las operaciones de control propuestas en el PLC y el HMI, conectadas virtualmente para proceder a realizar una simulación, es importante mencionar que su conexión es a través de un puerto Ethernet/IP. Es decir que el PLC y el HMI tienen una IP que les permite comunicarse e intercambiar la información y condiciones propuestas, así conjuntamente entre ellos puedan realizar las operaciones de control.



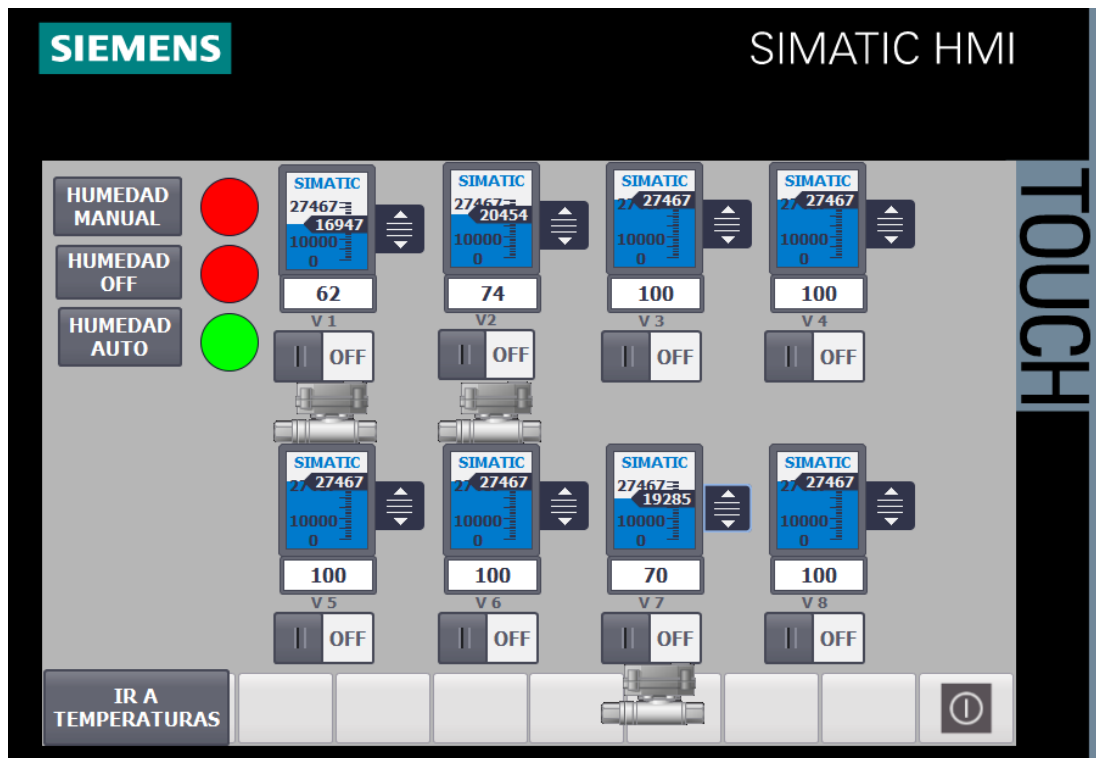
**Figura 43.** Conexión PLC-HMI por puertos Ethernet

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza en periodo de programación.

La figura 44, nos muestra que al correr la simulación de la programación se visualiza el funcionamiento del control de humedad del suelo de dos modos: automático y manual, el mismo que a su vez también controlara el del riego, el porcentaje de humedad se mantiene en una

histéresis de entre el 70% y el 100%, así pues, al observar un sensor bajo el valor del 70% la electroválvula se activa y permite el paso de agua apagándose hasta cuando el valor censado sea del 100%. Esto en el modo automático y en el modo manual el riego queda a criterio del floricultor que siempre tendrá acceso para visualizar el porcentaje de las variables declaradas independientemente del modo en el que se halle activado.

El fin de contar con estas dos modalidades es que el floricultor tenga control sobre las acciones que ayudan a regular el microclima del invernadero cuando el decida hacerlo mientras se encuentre en sus labores diarias y cuando no se encuentre que se encargue del control completamente el modo automático, la apariencia de las pantallas en cualquiera de los dos modos es la misma la diferencia es que marca de color verde cuando está en funcionamiento algún modo y de rojo cuando no está activado.



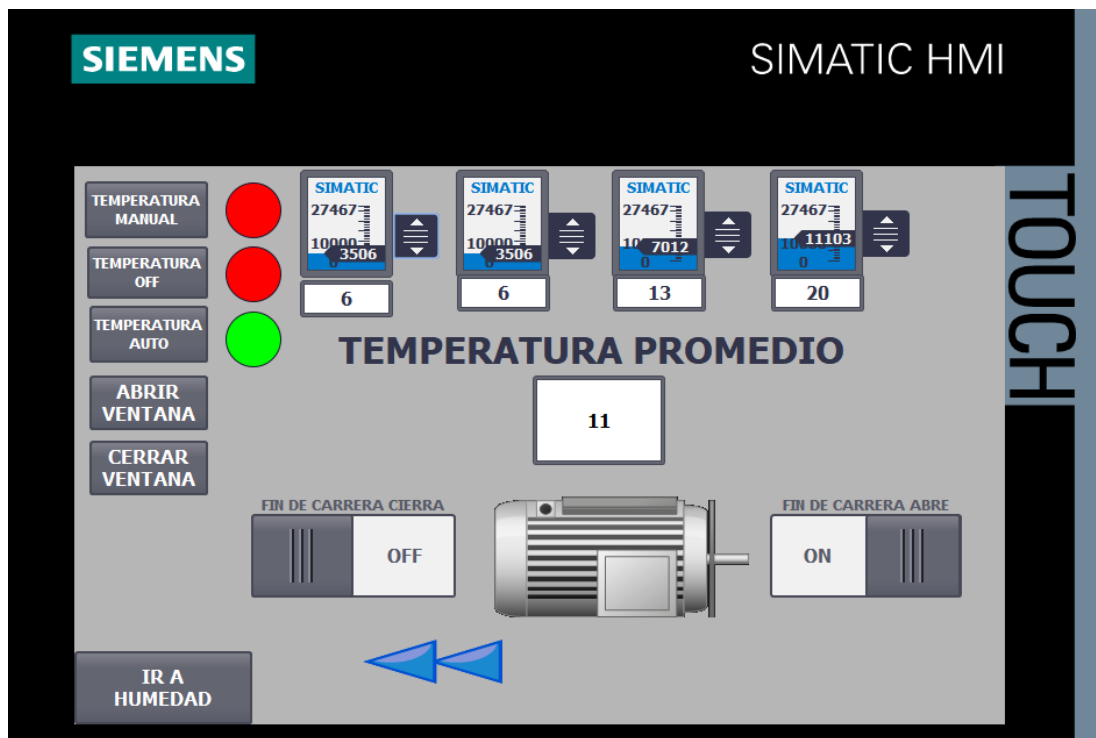
**Figura 44.** Pantallas de humedades

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza en periodo de programación.

En la figura 45, se muestra la simulación correspondiente a la programación de temperatura, existe el modo manual y el automático, como se plantea, el funcionamiento de la apertura de las cortinas se da con el promedio de las temperaturas censados por tres sensores NTC 10K, en este caso de simulación representados por tres potenciómetros, esto para el modo automático,

donde la histéresis que maneja es entre 12°C y 25°C. En el modo manual el floricultor tiene el control de abrir y cerrar las cortinas según disponga.

En ambas pantallas se usa la misma apariencia pues cuando esta activado un modo se pinta de color verde y si no está activado de color rojo, así también se marcan unas flechas y un indicador donde menciona que se están cerrado o abriendo las cortinas, respecto a los finales de carrera están representados con unos interruptores pues al realizar solo una simulación no podemos controlar de otra manera la activación o desactivación de los motores reductores.



**Figura 45.** Pantalla de temperaturas

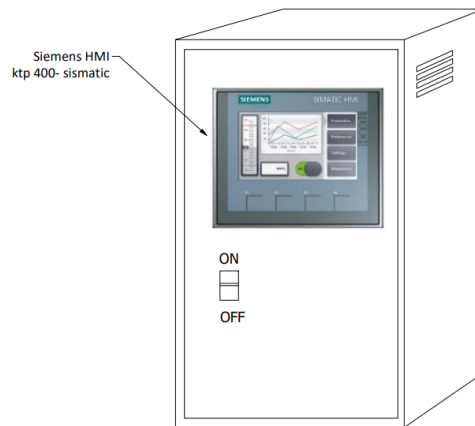
Elaborado por: Luis Javier Chicaiza en periodo de programación.

### 3.6 Diagramas y esquemas eléctricos

Como parte de la simulación propuesta tenemos también esquematizar diagramas eléctricos donde se indique las conexiones a realizarse de los equipos, así también que mediante diagramas de flujo explicar de mejor manera el proceso que se siguió para realizar la programación de la automatización propuesta, de la misma manera también dar a conocer los layout de ubicación y posible posicionamiento de equipos dentro y fuera del invernadero.

### 3.6.1 Tablero de control en gabinete

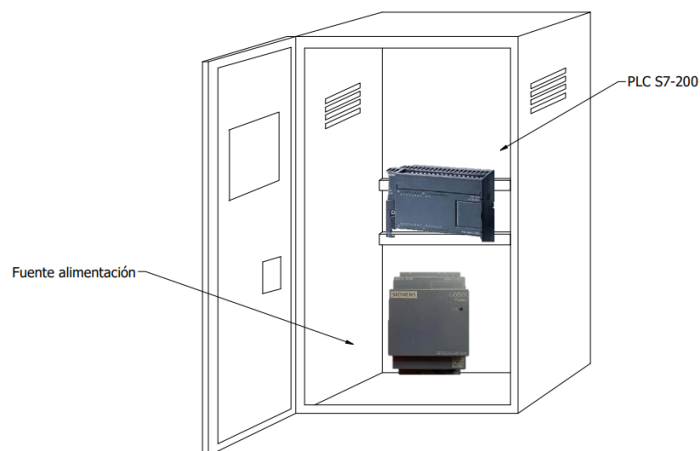
En la figura 46, tenemos como quedaría ubicado el interfaz hombre maquina HMI KTP-400 en el gabinete cuando se realice la implementación del proyecto ya en campo, pues el tablero de control estaría dentro de la bodega del invernadero desde ahí se controlarían los equipos que quedan propuestos para ser utilizados.



**Figura 46.** Ubicación de HMI ktp-400 en el gabinete

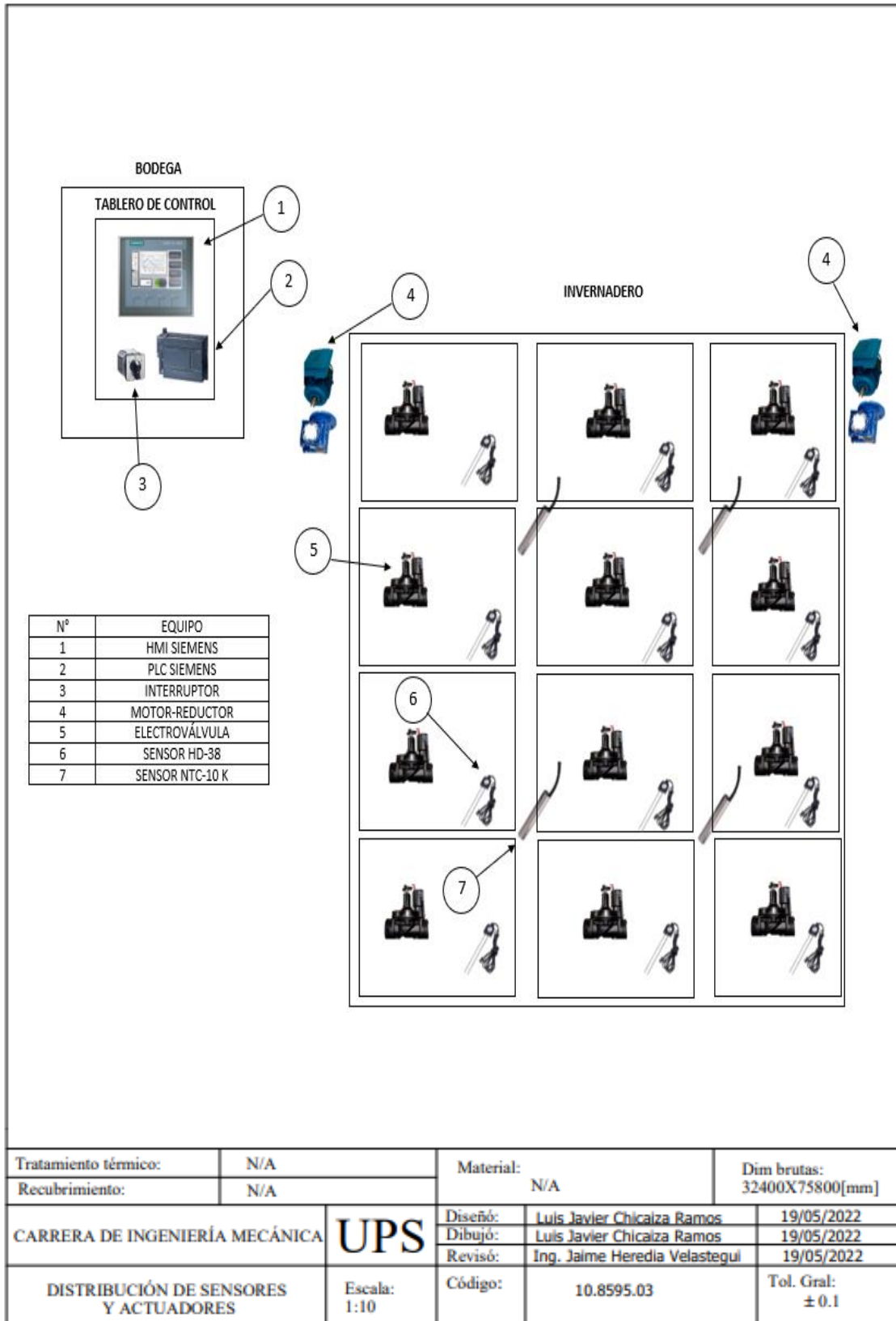
Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

De la misma manera en la figura 47, tenemos la ubicación del autómata programable, PLC S7-200 y la fuente de poder para SIMATIC S7 dentro del gabinete, sujetos a rieles fijas dentro del gabinete teniendo el posible tablero de instrumentos, como se muestra en la figura 48, se presenta el layout para conocer como quedarían ubicados los equipos a ser instalados en su próxima aplicación dentro del invernadero, así como el número de sensores y actuadores por parcela.



**Figura 47.** Ubicación de PLC y fuente de alimentación en el gabinete

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

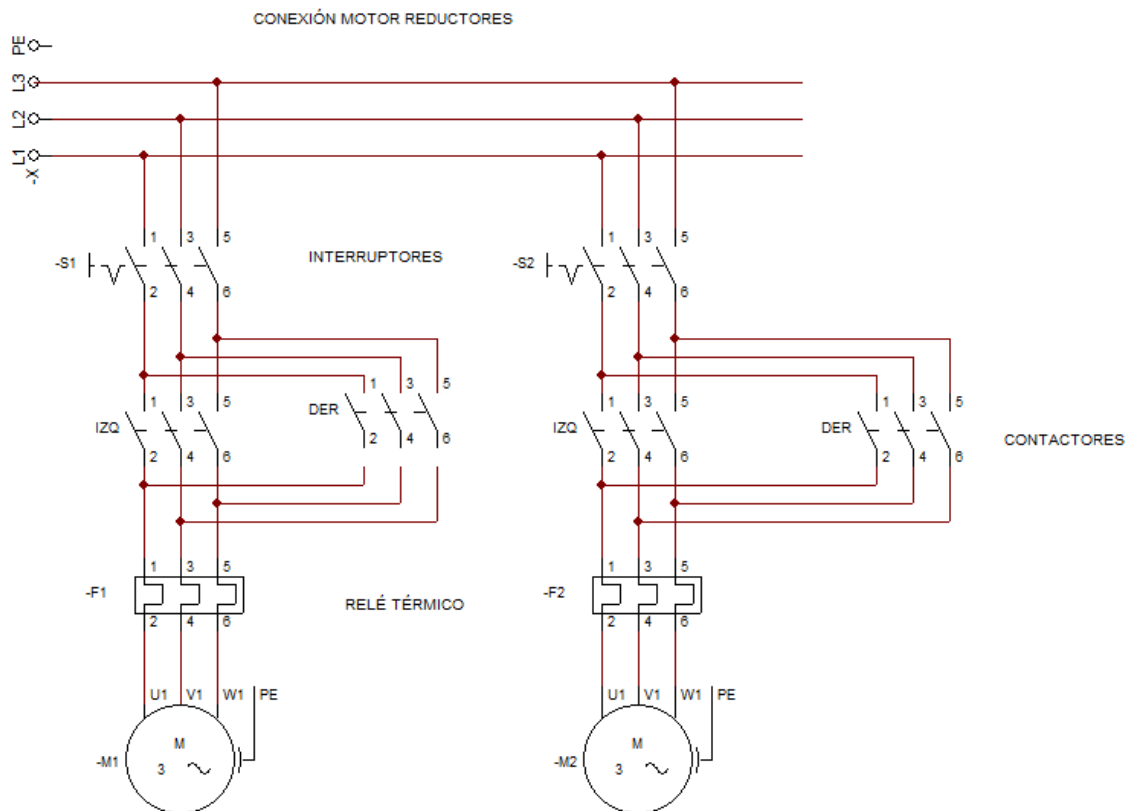


**Figura 48.** Ubicación y cantidad de equipos por parcela

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

### 3.6.2 Conexiones básicas para equipos

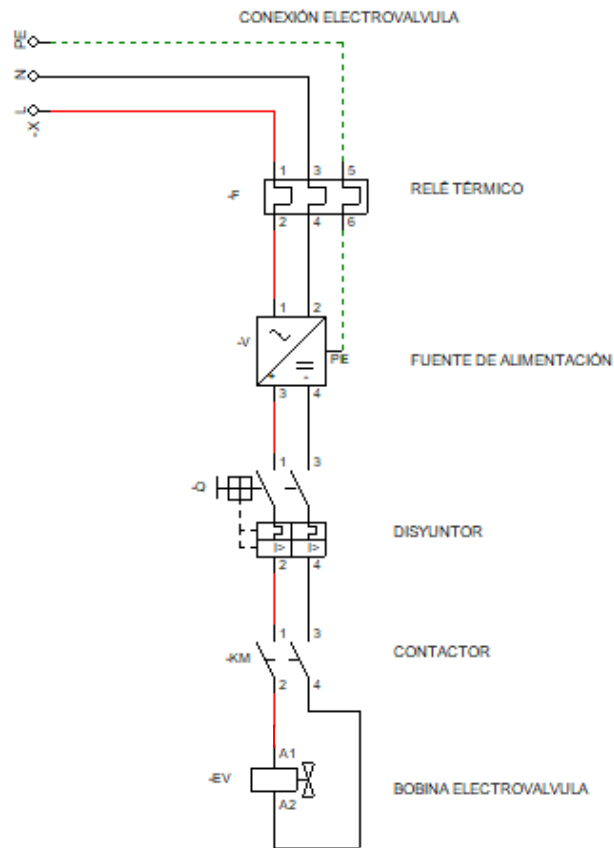
Las conexiones a usarse en la automatización tenemos la de los actuadores y sensores, así apreciamos en la figura 49, donde se presenta el circuito para conectar los motor reductores que levantarán las cortinas del invernadero, hay que mencionar que los interruptores S1 Y S2 representan a los finales de carrera que se usará para detener el funcionamiento del motorreductor.



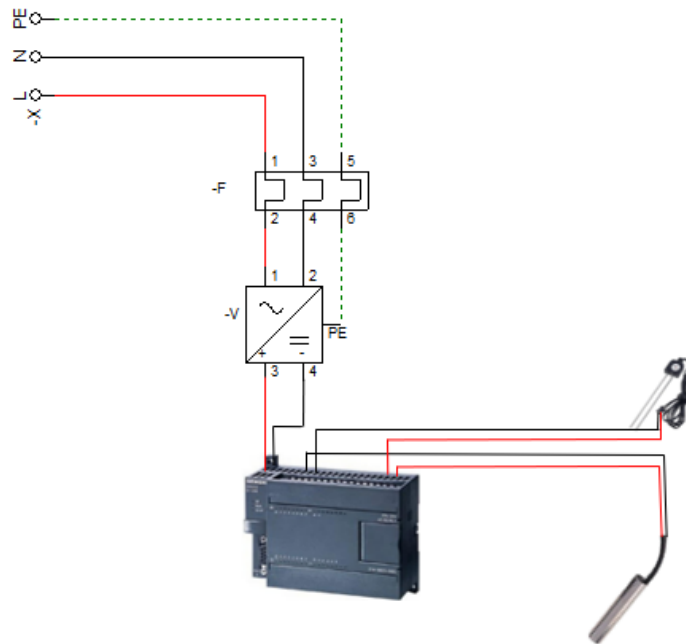
**Figura 49.** Conexión eléctrica para motorreductores

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

Para todas las electroválvulas tenemos en general la misma conexión que se presenta en la figura 50. Así como para conectar los sensores se observa en la figura 51, todas estas conexiones están sujetas a modificaciones de aumento o disminución de equipos, así también a rectificaciones en los diagramas de conexión planteados.



**Figura 50.** Conexión de electroválvulas  
Elaborado por: Luis Javier Chicaiza



**Figura 51.** Conexión de sensores de temperatura y humedad  
Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

## CAPÍTULO IV

### 4 ANÁLISIS DE RESULTADOS

La simulación de control realizada a las variables climáticas de temperatura y humedad en el suelo y ambiente del invernadero productor de rosas, tiene como resultado un adecuado manejo virtual del microclima dentro del invernadero, alineado a los parámetros teóricos y condiciones que el mismo floricultor nos proporcionó en la socialización que se realizó para que este proyecto se adapté a las necesidades del floricultor y a las necesidades del invernadero. Así pues, al ser un control virtual de las variables se pretende dejar un precedente para una futura implementación en el invernadero.

Dentro de la selección de los equipos a utilizarse estuvo apegado a que la inversión a realizarse no sea tan elevada, pero se use equipos de calidad, de esta manera entonces se eligieron equipos SIEMENS para los PLC, fuentes de alimentación, breaker y módulos extras de señales análogas y digitales que serán necesarios, también para los motorreductores equipos como motores de ½ hp WEQ y cajas reductoras de ROSSI. En tanto para los sensores se eligió termistores e higrómetros, mismos que al medir las variables envían señales análogas al PLC y el PLC por sus salidas digitales activara motorreductores y electroválvulas o válvulas solenoide.

Las pruebas realizadas para la simulación y control, fueron netamente virtuales donde solamente se evidencio que la programación cumpla y de solución a las necesidades planteadas al inicio de la realización del proyecto. Entonces como parte del análisis de los resultados se presenta el diseño y el funcionamiento de la programación, al floricultor en donde el usuario final muestra satisfacción y entendimiento al explicar el uso del HMI virtual, que es el dispositivo con el que la persona tendrá que interactuar para tener el control de las variables dentro del invernadero, además que el diseño presentado en el HMI será el mismo que se tendrá en una posterior implementación.

Lo que corresponde a los valores de histéresis que se esta manejando en cuanto a temperatura y porcentaje de humedad, pueden variarse al realizar una reprogramación del PLC, pues es necesario modificar estos valores en la programación Ladder realizada, también se pueden añadir o retirar sensores o actuadores dependiendo las futuras necesidades del floricultor en el campo.



#### 4.1 Análisis de costos para la automatización

Como parte del proyecto de automatización del invernadero “Saron Roses” se realiza en este apartado el análisis de la factibilidad de costos del proyecto. El propósito de la investigación y la posterior automatización cuando el invernadero este construido en su totalidad es la de obtener mayor productividad de rosas, misma que refleja un beneficio económico y justifica la inversión a realizarse en el invernadero, además de disminuir costos en cuanto al brote de plagas y patologías de las plantas por falta de las condiciones climáticas para su florecimiento.

#### 4.2 Costo de los dispositivos para la automatización

En la tabla 12, se detalla el costo de todos los elementos a utilizar en la automatización, propuesta por el momento como simulación.

**Tabla 13** Detalle de dispositivos y costos directos

ITEM	DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	UNIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO TOTAL
1	PLC S7 - 200	1	U	400	400
2	HMI ktp - 400	1	U	350	350
3	Sensor NTC - 10K	4	U	6,45	25,8
4	Sensor HD - 38	12	U	14,99	179,88
5	Electroválvula S390 - 2W	12	U	29,86	358,32
6	Final de carrera	4	U	7,99	31,96
7	Motor 0,5 Hp WEQ	2	U	133,4	266,80
8	Caja reduc. ortogonal ROSSI	2	U	218,87	437,75
9	Fuente Siemens SIMATIC S7 - 240 VCA	1	U	80	80
10	Breaker Siemens 2p 10a	2	U	5	10
11	Modulo Análogo S7 - 200	1	U	190	190
12	Modulo Digital S7-200	1	U	150	150
13	Gabinete eléctrico	1	U	38,35	38,35
14	Cable UPT	20	m	0,40	8
15	Cable AWG 12-flexible	40	m	1,20	48
16	Mano de obra	16	Horas	20	320
<b>TOTAL</b>					<b>3100,54</b>

**Nota:** Precio estimado de los costos de implementación para automatizar los procesos del invernadero

Elaborado por: Luis Javier Chicaiza

Los costos de implementación finales presentados en la tabla 12, son de USD \$3100,54; este costo está proyectado para los 4500 m<sup>2</sup> de expansión del invernadero, el costo puede variar de acuerdo al presupuesto inicial que se disponga.

### 4.3 Indicadores económicos

En el desarrollo del análisis de costos se utiliza dos metodologías para cuantificar los datos económicos, estos son:

- Valor actual neto (VAN)
- Tasa interna de retorno (TIR)

A continuación, se describe brevemente los conceptos de las dos metodologías financieras para tener una idea más clara del análisis.

#### 4.3.1 Valor actual neto (VAN)

El VAN representa el flujo de efectivo propuesto como valor actual, de esta manera el indicador nos permite determinar la viabilidad en la parte económica de la implementación del proyecto, a través de la formula [47].

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_E}{(1+k)^t} - I_o \quad (3)$$

Donde:

$VAN$  = Flujo de caja neta- inversión

$I_o$  = Inversión Inicial

$n$  = Periodo de tiempo

$k$  = Tasa de Interés de Descuento

$F_E$  = Flujo de efectivo

- Si el valor del VAN está por encima de cero, es viable este proyecto.
- Si el valor del VAN está por debajo de cero, entonces no es viable aplicar el proyecto.
- Si el valor del VAN se iguala a cero, entonces apenas es viable el proyecto pues solo cubre las expectativas, por las ganancias generadas en la tasa de interés de descuento.

#### 4.3.2 Tasa de descuento

Dentro del flujo de efectivo es necesario actualizar los flujos netos con la tasa de descuento [47], que para el caso de la agricultura en el Ecuador según fuente del Ministerio de Agricultura y Ganadería es del 6,25% [48].

### 4.3.3 Tasa interna de retorno

Este indicador según Mete [47], “es igual al valor presente en los ingresos que tiene el proyecto con el porcentaje que presentan los egresos”, es decir, sirve para poder determinar en términos de porcentaje la rentabilidad del proyecto, para calcular se utiliza la siguiente ecuación:

$$VAN = \sum_{t=1}^n \frac{F_E}{(1+TIR)^t} - I_o \quad (4)$$

Donde:

$VAN$  = Flujo de caja neta- inversión

$I_o$  = Inversión Inicial

$n$  = Periodo de tiempo

$F_E$  = Flujo de efectivo

- Si el porcentaje del TIR está por encima de la Tasa de Interés de Descuento, entonces es rentable.
- Si el porcentaje del TIR está por debajo de la Tasa de Interés de Descuento, no tiene rentabilidad el proyecto.
- Si el porcentaje del TIR está por debajo de cero, los ingresos no alcanzan a cubrir los egresos, por lo que el proyecto generaría pérdida.
- Si el porcentaje del TIR y la Tasa de Interés de Descuento, son iguales, se puede o no aceptarse o en su defecto buscar alternativas.

### 4.3.4 Tiempo de Recuperación de Inversión

Se determina de acuerdo la suma acumulada de los flujos que genera el proyecto Este periodo es otro de los más importantes para poder tomar una decisión de implementar un proyecto pues este determina el tiempo en que se recupera la inversión a realizarse [48].

$$PRI = \frac{I_o}{F_E} \quad (5)$$

En donde:

$I_o$  = Inversión inicial

$F_E$  = Flujo de efectivo

**Tabla 14** Resultados de indicadores económicos

	<i>Periodo de tiempo</i>					
	0	1	2	3	4	5
<i>Flujo de Efectivo</i>	-3100,54	1000	1000	1000	1000	1000
<i>Saldo Actualizado 6,25%</i>	-3100,54	941,18	885,81	833,71	784,66	738,51
<i>Inversión</i>	3100,54	-2159,36	-1273,55	-439,84	344,82	1083,33
<i>Tasa Descuento (TD)</i>	6,25%					
<i>Beneficio Proyectado</i>	\$4.183,87					
<i>VAN</i>	\$1.083,33					
<i>TIR</i>	18%					
<i>PRI</i>	3,56					

*Elaborado por:* Luis Javier Chicaiza

Luego de realizar los cálculos de los indicadores económicos, se obtiene:

- VAN = \$ 1.083,33: la implementación de este proyecto es económicamente viable.
- TIR = 18%: la rentabilidad del proyecto es buena pues el porcentaje es mayor que el porcentaje de la TD ubicada en el 6,25%.
- PRI = 3,56: la recuperación de la inversión será en un tiempo aproximado de 3 meses.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### CONCLUSIONES

A partir de las condiciones investigadas y las proporcionadas por el floricultor, se simuló el control de las variables de temperatura y humedad presentes dentro del invernadero de rosas “Saron Roses”, El uso de electroválvulas se presenta como propuesta para el sistema de riego del suelo, tanto para las condiciones actuales, como para la expansión del invernadero, en total se ubicarían 12 electroválvulas una para cada parcela, el propósito es controlar el exceso de humedad y mejorar el riego en cada cama de la parcela y para el control de temperatura el uso de motor reductores para la apertura de cortinas así mismo se debe considerar las nuevas salidas para cada variable y la distribución de la energía de salida del PLC.

Una vez terminada la investigación y de acuerdo a una socialización realizada con el floricultor se deja en claro las condiciones a las que debe permanecer la temperatura ambiente entre (13°C-26°C) y la humedad del suelo dentro del invernadero más convenientes para la cosecha de las flores y el adecuado cuidado de ellas de entre (70% - 100%), además de acordar los modos de funcionamiento a su elección que es automático donde su control se realiza con sensores analógicos de temperatura y humedad de suelo y para ejecutar el control con actuadores, en lo que respecta al modo manual se acordó que el floricultor controle a su criterio y necesidad la apertura de las electroválvulas y de las cortinas para ventilar el invernadero.

Para realizar una implementación se seleccionaron equipos como motores de ½ HP con caja reductora y termistores NTC 10K que cumplen con los parámetros de control de la temperatura máxima y mínima de entre (13°C - 26°C) para el crecimiento y desarrollo de las rosas en el modo automático, durante la medición se encontraron valores de entre (11°C – 27°C).

En el caso de la humedad, el valor relativo de acuerdo a las mediciones realizadas es alto (80-95%) y necesita de grandes cantidades de agua para mantener la vida de la rosa, en este caso se presenta la solución de una ventilación automática durante la mañana y

tarde porque al momento del riego manual puede existir una pronta evaporación provocando pérdidas de producción, hasta implementar la ventilación automática no se puede determinar el porcentaje actual de humedad relativa, pero se estima que se mantenga dentro del rango adecuado para la ubicación del invernadero de un (70%-80%).

El HMI propuesto para utilizarse con el PLC Siemens S7-200, tiene la capacidad técnica que requiere el sistema, además es la opción viable y económica para el agricultor. La programación Ladder es simple con las compuertas normalmente abiertas con entradas analógicas y con múltiples salidas. El total de entradas y salidas utilizadas para el proyecto son 16 entradas y 14 salidas, entonces se comprueba que el equipo cumple para realizar una implementación para el control de las variables que se va a controlar entre ellas temperatura ambiental y humedad de suelo de las camas del invernadero de rosas.

En cuanto al desarrollo, se llega a determinar que el proyecto de simulación y control si se implementa es viable y rentable, mediante el cálculo de los indicadores económicos y es seguro recuperar la inversión en el proyecto en aproximadamente unos 3 meses, pues tiene una rentabilidad del 22% en lo que a materia económica se refiere.

## RECOMENDACIONES

Para la expansión del invernadero es recomendable otra distribución de las parcelas porque se presentó el inconveniente de una distinta distribución de la humedad en las que se encuentran cerca de la puerta en comparación con las que están más alejadas y cuando se realice la construcción de las camas adicionales, el problema de la humedad puede acrecentar.

Se pueden usar rociadores distribuidos a través de toda el área para controlar el riego en el cultivo de rosas, esto puede ser tanto manual con una llave de paso para cuando el agricultor lo considere apropiado, así como automático si elige esta opción.

Al implementar el proyecto se recomienda revisar la ubicación de los finales de carrera puesto que, al someterse a factores externos de clima y fricción con la cortina, estos son propensos al desgaste prematuro, pues en la simulación solo se idealizan interruptores virtuales accionados manualmente para detener el accionamiento del motorreductor.

En cuanto a la ventilación se recomienda colocar un sistema artificial, si es posible manual para que el agricultor puede controlar a necesidad la humedad en los casos de sobrepasar los límites de la temperatura u otras variables.

De ser necesario se podría añadir otros dispositivos que puedan censar otras variables climáticas y de cultivo que el floricultor desee como por ejemplo un medidor de pH, de viento, de caudal entre otros, todo esto queda a criterio y necesidades que se desee cubrir más adelante al tener toda el área de cultivo ya construida y sembrada las plantas.

En el tema de la implementación y armado del tablero de control se recomienda usar rieles para los equipos principales que realizan las operaciones lógicas y de alimentación en el gabinete que se encuentran en la bodega de insumos por la parte exterior del invernadero.

Con el PLC empleado en la simulación, es recomendable usar máximo dos módulos más de entradas y salidas, sean estas analógicas o digitales. De la misma manera se recomienda usar una fuente de alimentación para el PLC y todos los equipos de control.

Así mismo para implementar el presente proyecto es necesario revisar las conexiones básicas propuestas y también la programación, puesto que al haber realizado solo una simulación ciertos aspectos de la programación que hace referencia a conexiones de entendimiento del lenguaje Ladder y los sensores se omitieron pues como ya se mencionó en lugar de sensores se usaron unos potenciómetros para poder variar el porcentaje de temperatura y los grados de temperatura.



## Referencias bibliográficas

- [1] Vélez et al., «La Floricultura en el Ecuador,» *Rev. Caribeña Ciencias Soc.*, vol. 4, n° 12, p. pp. 1–6, 2016.
- [2] Rodriguez et al., «DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN PARA EL CONTROL DE RIEGO POR GOTEO Y MONITOREO DE TEMPERATURA EN EL INVERNADERO “CLARA LLUMIQUINGA” SECTOR DE PATUTÁN PROVINCIA DE COTOPAXI,» *UTC*, vol. 1, n° 1, p. 128, 2018.
- [3] H. Sampieri, *Metodología de la Investigación Científica*, Ciudad de México: McGrawHill, 2018.
- [4] C. C. et al., «Invernadero automatizado,» *J. Chem.*, vol. 53, n° 9, p. pp. 1689–1699, 2013.
- [5] S. H. Wittwer and N. Castilla, «Protected cultivation of horticultural crops worldwide,» *Horttechnology*, vol. 5, n° doi: 10.21273/horttech.5.1.6., p. pp. 6–23, 1995.
- [6] A. A. d. a. i. d. Cañar, «Diseno, construccion y mantenimiento de invernaderos de madera,» 2004.
- [7] N. Rodriguez Rivero, *Mantenimiento y manejo de invernaderos*. AGAH0108, Antequera, Malaga: IC, 2018.
- [8] Horticultivos, *Principales Tipos de Invernaderos*, Agro Cultivos S.C. de R.L. de C.V, 2017.
- [9] M. M., «Flores y flujos de materiales,» *Revibec Rev. Iberoam. Econ. ecológica*, vol. 4, n° 0, pp. pp. 17-28–28, 2006.
- [10] Benavente et al., «Sistemas para la automatización de los invernaderos,» *Vida Rural*, p. pp. 66–70, 2000.
- [11] R. Lopez, «Manual para el manejo de rosas compress,» *USAC tricentenaria, San Marcos*, p. 29, 2017.
- [12] P. E. Demin, «Aportes para el mejoramiento del manejo de los sistemas de riego Métodos de riego,» *Inst. Nac. Tecnol. Agropecu*, vol. 1, p. pp. 1–20, 2014.

- [13 J. V. Wambeke, «CAPTACIÓN Y ALMACENAMIENTO DE AGUA DE LLUVIA,»  
] *FAO*, pp. pp. 32-33, 2013.
- [14 Liota, Mario et al., «Riego por goteo-Manual de Capacitación,» *Prosap*, vol. 1, n° 12, p.  
] 22, 2015.
- [15 Antúnez A. et al., «Eficiencia en sistemas de riego por goteo en el secano,» *Inia Online*,  
] vol. 1, n° <http://biblioteca.inia.cl/medios/biblioteca/ta/NR36672.pdf>, pp. 40-43, 2010.
- [16 G. Ávila, La dirección general de infraestructura Agraria y Riego – DGIAR . Tiene como  
] función normar respecto a proyectos de riego, elaborar guías y manuales de riego, así como  
realizar la capacitación a los agricultores, Lima-Perú, 2015.
- [17 Ruiz, J. y Molina, A. , Automatización y telecontrol de sistemas de riego, 1st ed.  
] Marcombo, 2020.
- [18 Ferreyra et al., Manejo del riego localizado y fertirrigación, 2005.  
]
- [19 Martínez et al., «Importancia del control de variables ambientales en invernaderos para la  
] producción de hortalizas,» p. 1–4, 2020.
- [20 López y Pérez, «Evolución de las estructuras de invernadero,» *Plast. Rev. du CIPA = J.*  
] *CIPA*, n° 125, pp. 8-17, 2006.
- [21 F. D. d. P. y. P., El Cultivo Protegido en Clima Mediterráneo, Roma: Vegetal and 90,  
] 2002.
- [22 C. Schugurensky, Control Automático de Riego Agrícola con Sensores Capacitivos de  
] Humedad de Suelo, Aplicaciones en Vid y Olivo.
- [23 R. Gómez, «Manual de producción de la rosa,» vol. Available:  
] [http://services.sistelligent.com/ProyectosWeb/ProduceChiapas/Contenido/documentos/manuales/Manual\\_rosa.pdf](http://services.sistelligent.com/ProyectosWeb/ProduceChiapas/Contenido/documentos/manuales/Manual_rosa.pdf), p. 20, 2009.
- [24 J. M. Manzanares, «Clima bajo invernadero (Parte 1),» *Expoflores Ecuador*, Vols. %1 de  
] %2<http://expofloresflorecuador.blogspot.com/2015/10/clima-bajo-invernadero.html>.,  
2015.
- [25 Vega et al., «Implantación de una Lpwan para monitoreo de temperatura y humedad en un  
] invernadero,» *Pist. Educ*, vol. 39, n° 128, p. 1531–1548, 2018.

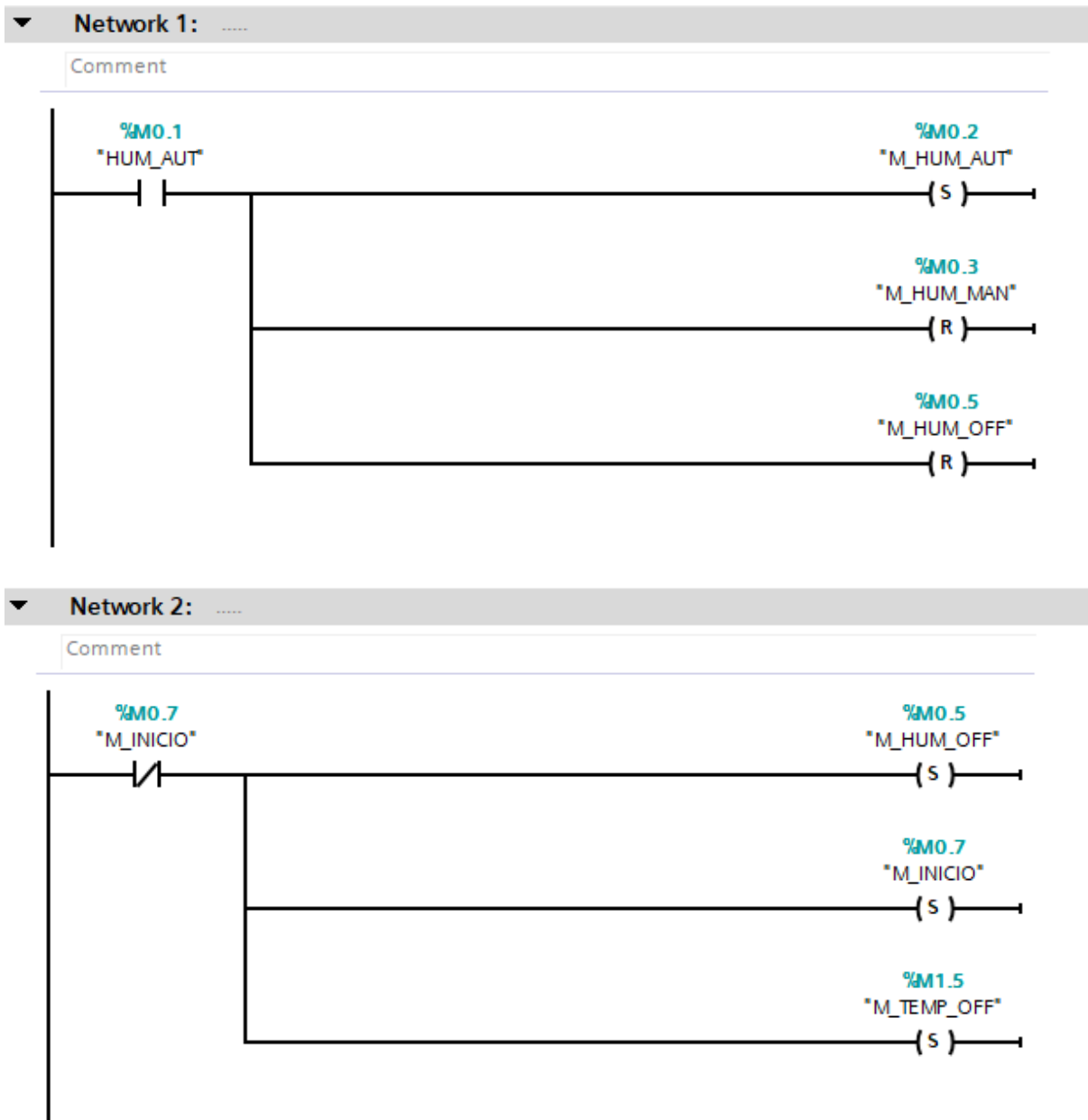
- [26 Perdigones et al. , «artículo Debido a la importancia de los sensores Sensores para el control climático en invernadero revista artículo,» *Horticultura*, vol. 179, n° <http://www.horticom.com/revistasonline/>, p. 44–49, 2004.
- [27 M. Instruments, «Higrómetro de espejo enfriado,» 2022. [En línea]. Available: <http://www.michell.com/es/category/precision-hygrometers.php>.
- [28 M. Franquesa, «Conoce más sobre electroválvulas para riego,» Agroptima Blog, [En línea]. Available: <https://www.agroptima.com/es/blog/conoce-mas-sobre-electrovalvulas-para-riego/>.
- [29 Roydisa, «¿Que es un motorreductor?,» Roydisa, 2017. [En línea]. Available: <https://www.roydisa.es/archivos/5419>.
- [30 R. Electroindustria, «PLC: La evolución de un pequeño gigante,» ABB en Chile, 2009. [En línea]. Available: <http://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1131&ni=plc-la-evolucion-de-un-pequeno-gigante>.
- [31 G. Industrias, «¿Qué es un HMI Siemens?,» Consideraciones para elegir el equipo correcto, 2020. [En línea]. Available: <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-hmi-consideraciones-para-elegir-el-equipo-correcto#:~:text=>
- [32 V. C., «Sistemas de control continuos y discretos,» Editorial Paraninfo,, 2012.
- [33 C. Valdivia, *Sistemas de control continuos y discretos*, Paraninfo, 2012.
- [34 Cruz del Castillo et al., *Metodología de la Investigación Científica*, Mexico: Grupo Patria, 2014.
- [35 J. Sampieri Hernandez, *Metodología de la Investigación Científica*, México: Cengage, 2018.
- [36 Pardinas, *Instrumentos de la Investigación Científica*, Santiago de Chile: Reverté, 2005.
- [37 G. earth, Google earth, 2022. [En línea]. Available: <https://earth.google.com/web/@0.06778306,-78.09582532,3061.93193459a,2774.51884693d,35y,0h,0t,0r..>

- [38 Fao et al., «Textura del Suelo,» 2006. [En línea]. Available:  
] [https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO\\_Training/FAO\\_Training/General/x6706s/x6706s06.htm..](https://www.fao.org/fishery/docs/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s06.htm..)
- [39 E. t. motor, «ETM,» Mega motor equipament, 2022. [En línea]. Available:  
] <http://www.etm-ec.com/>.
- [40 ElectroCrea, «NTC10K Sensor de temperatura termistor contra agua,» 2022. [En línea].  
] Available: <https://electrocrea.com/products/sensor-de-temperatura-contra-agua-ntc-10k..>
- [41 Ferretronica, «Modulo Sensor Humedad del suelo Resistente a Corrosion,» 2022. [En  
] línea]. Available: <https://ferretronica.com/products/modulo-sensor-humedad-del-suelo-resistente-a-corrosion.>
- [42 R. Ecuador, «Valvula electrica,» 2022. [En línea]. Available:  
] <https://www.riegoecuador.com/index.php/productos/valvula-electrica..>
- [43 I. CIA.LTDA, «CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE SIMATIC S7-200,»  
] 2022. [En línea]. Available:  
<http://www.inmaelectro.com/productos/siemens/plc/559/controlador-logico-programable-simatic-s7-200/>.
- [44 Festo, «Trainer Package SIMATIC Basic Panel KTP400,» 2022. [En línea]. Available:  
] <https://www.festo-didactic.com/es-es/productos/501/tecnica-de-automatizacion-plc/trainer-package-simatic-basic-panel-ktp400.htm?fbid=ZXMuZXMuNTQ3LjE0LjE4LjEyMzEuODIwMg.>
- [45 Siemens, «Fuentes de alimentación de diseño SIMATIC,» 2022. [En línea]. Available:  
] <https://mall.industry.siemens.com/mall/en/WW/Catalog/Products/10090547?tree=CatalogTree.>
- [46 I. Mecafenix, «Tipos de tableros eléctricos,» 2019. [En línea]. Available:  
] <https://www.ingmecafenix.com/electricidad-industrial/tableros-electricos/>.
- [47 R. Renete, «Valor actual neto y Tasa de retorno o rendimiento,» *Inst. Investig. en Ciencias Económicas y Financ. Univ. La Salle - Boliv.*, vol. 7, nº 4, pp. 67-85, 2014.
- [48 M. d. A. y. Ganaderia, «Gobierno anuncia créditos con tasas de interés de 6.25 y 4.76%, para riego y genética vegetal,» 3 Febrero 2021. [En línea]. Available:

<https://www.agricultura.gob.ec/gobierno-anuncia-creditos-con-tasas-de-interes-de-6-25-y-4-76>.

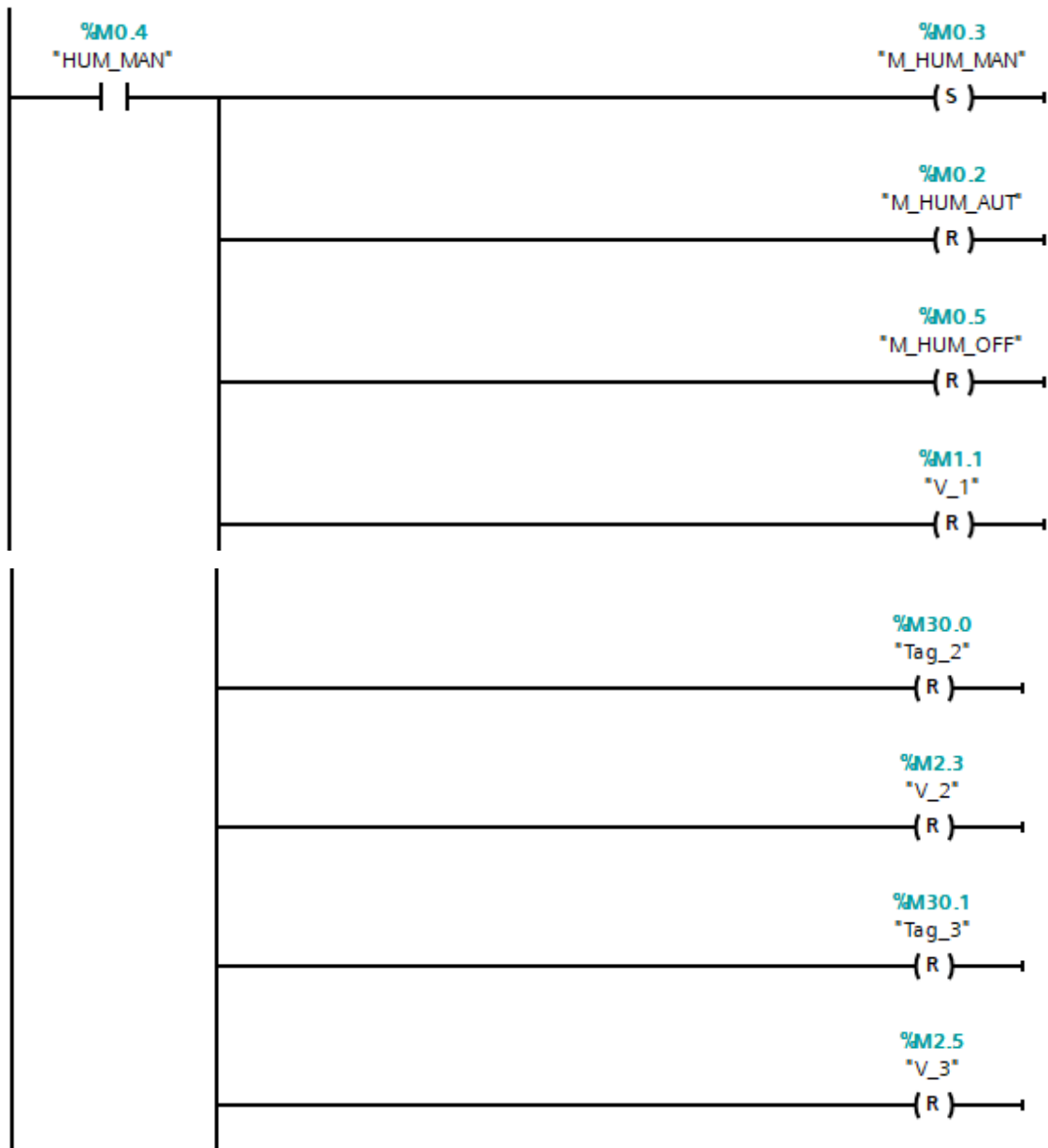
## ANEXOS

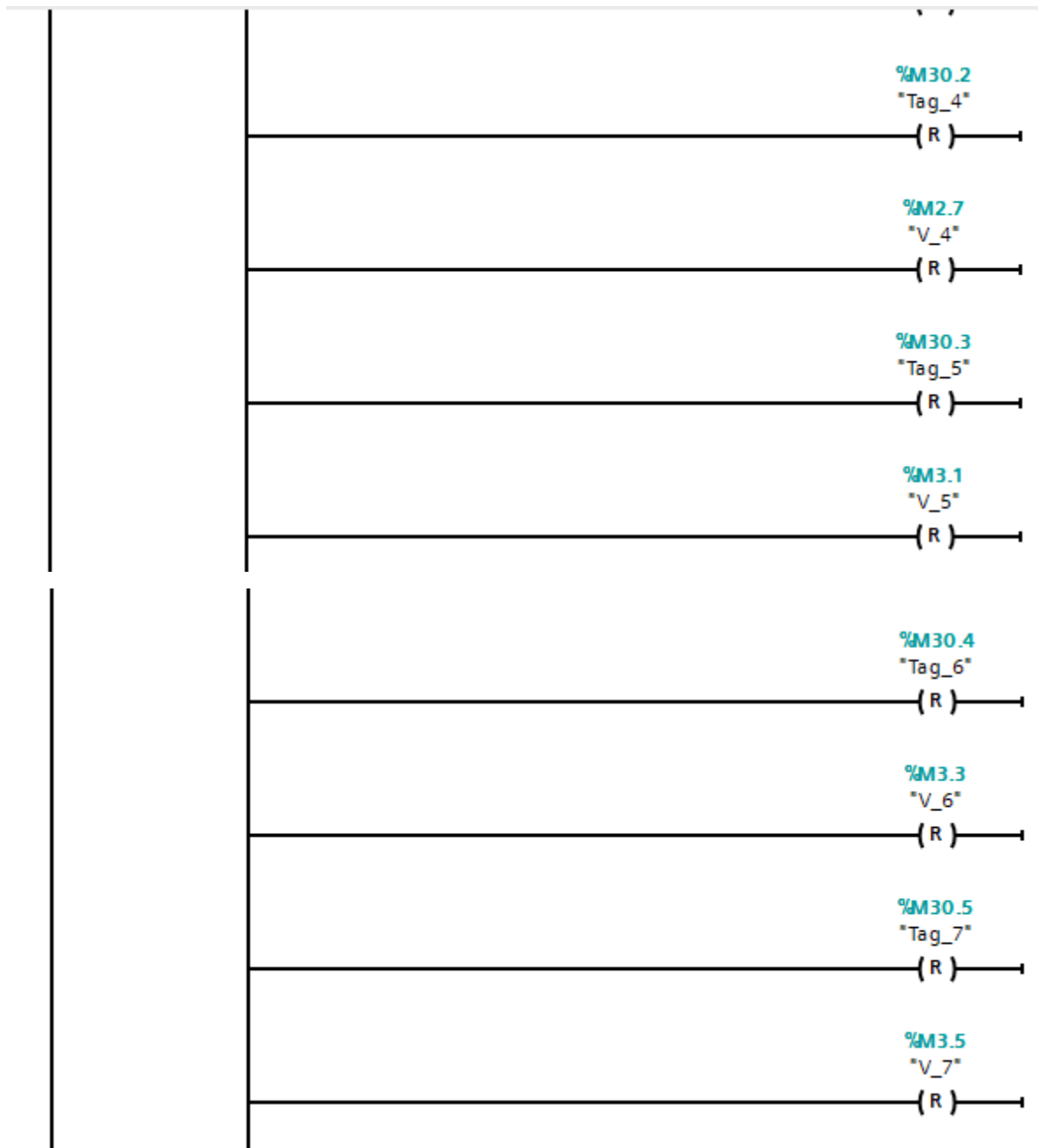
### Anexo 1. Bloques de programación en TIA portal V15



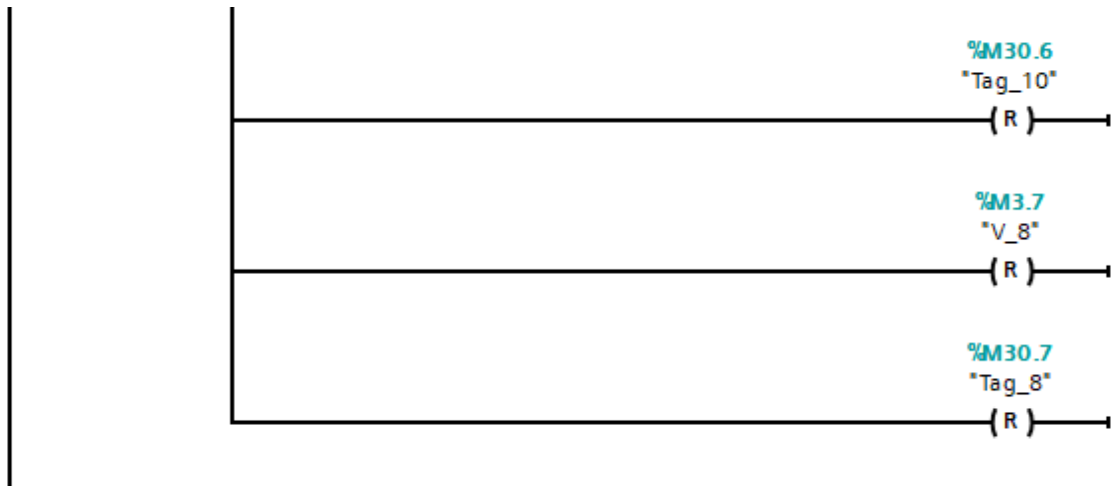
Network 3: .....

Comment





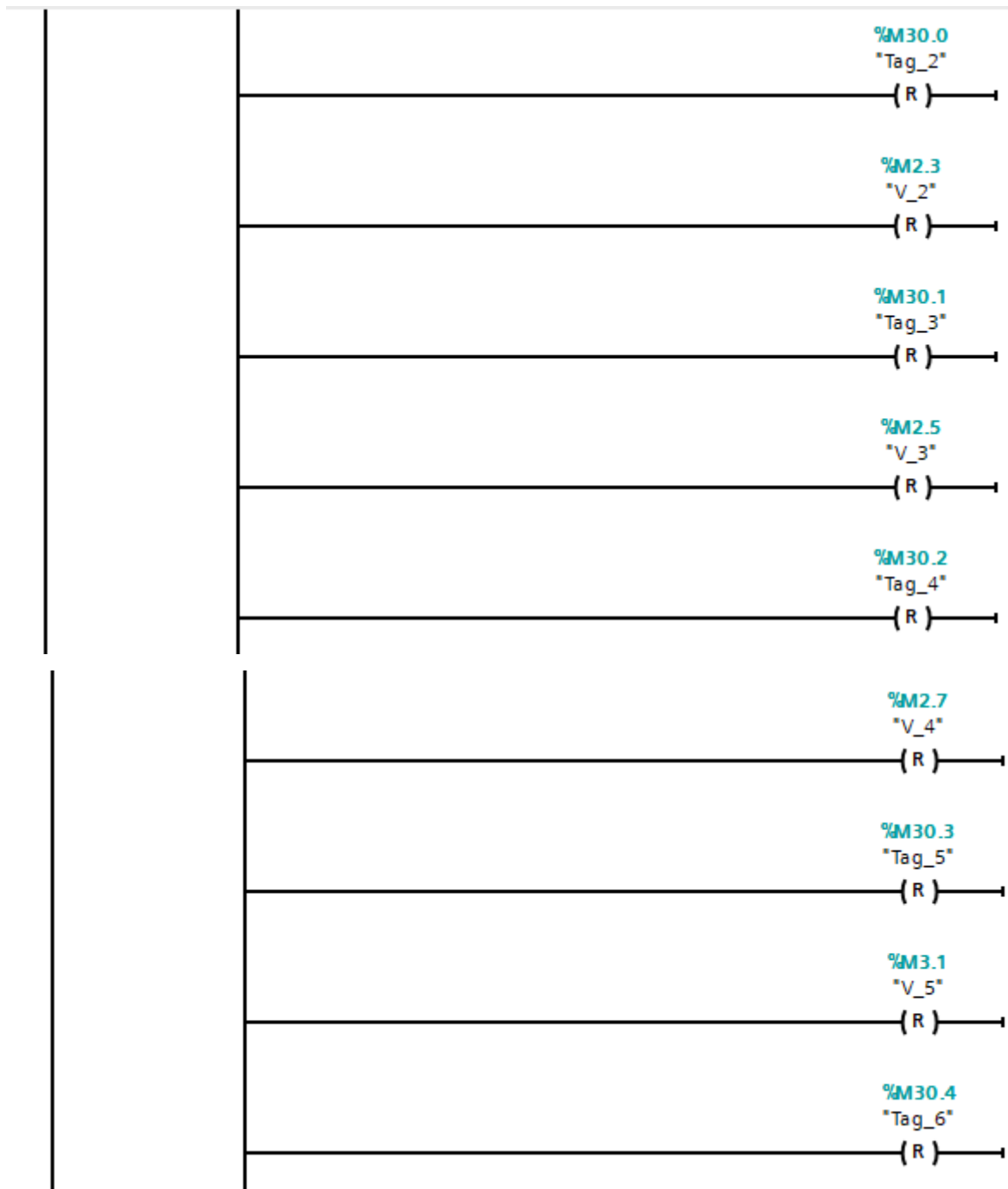


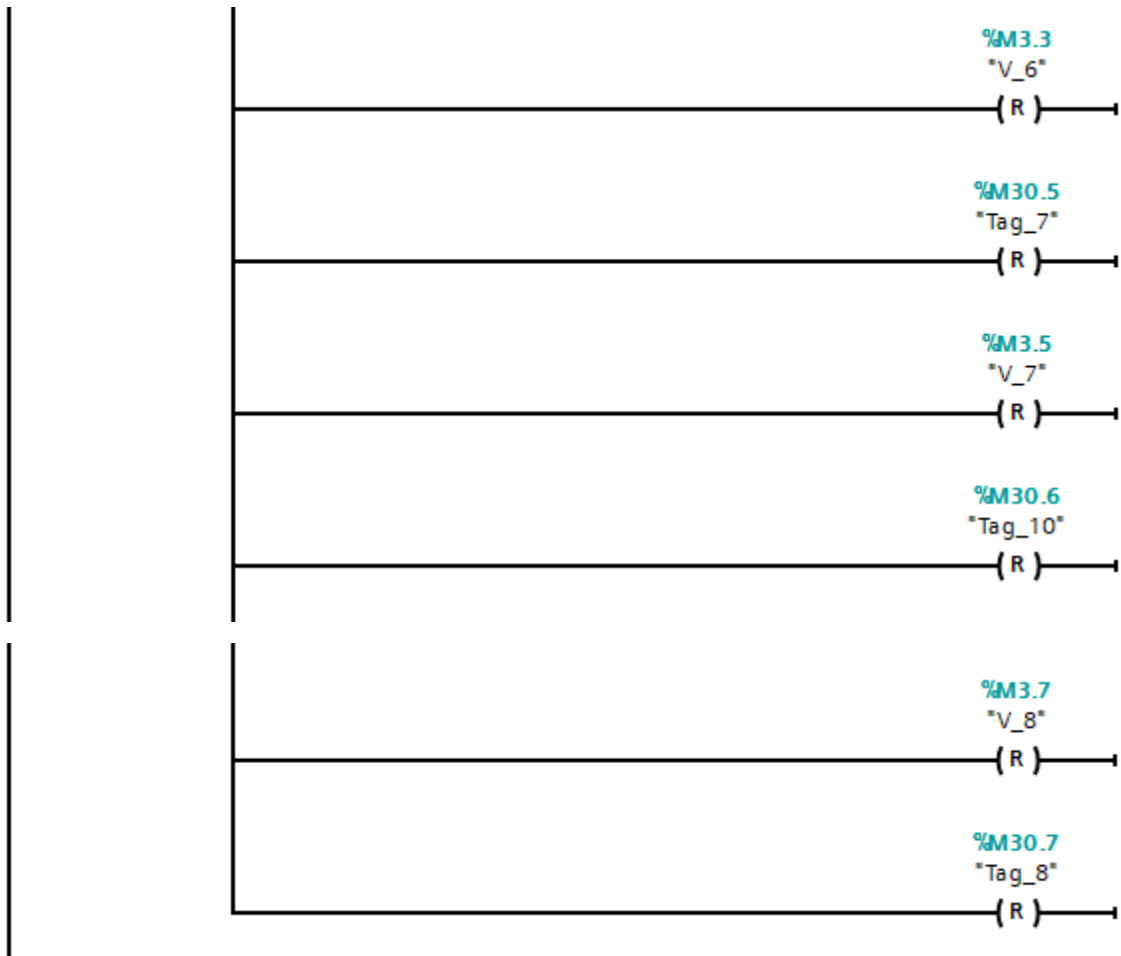


▼ **Network 4:** .....

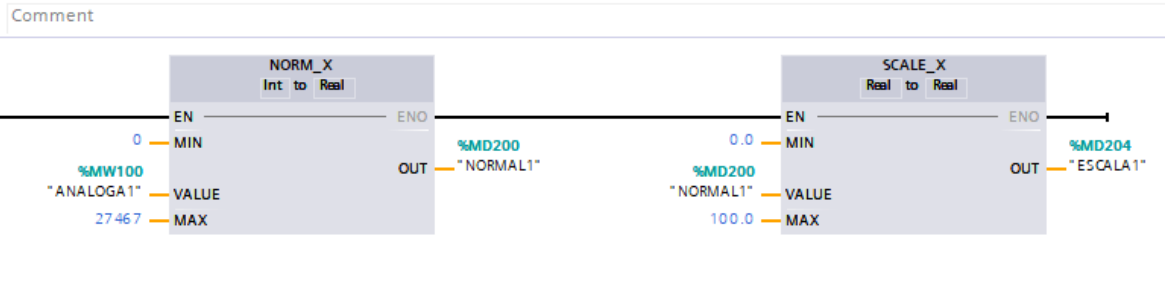
Comment



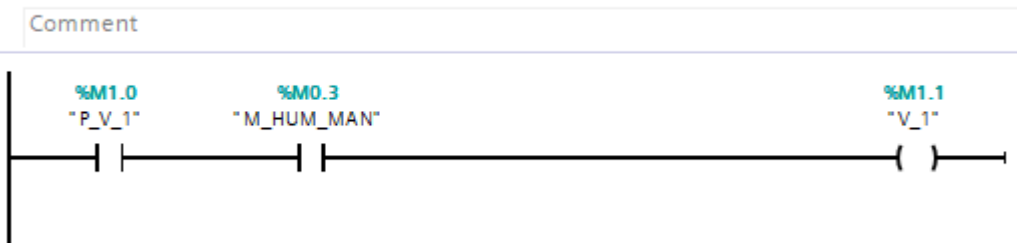




▼ Network 5: .....

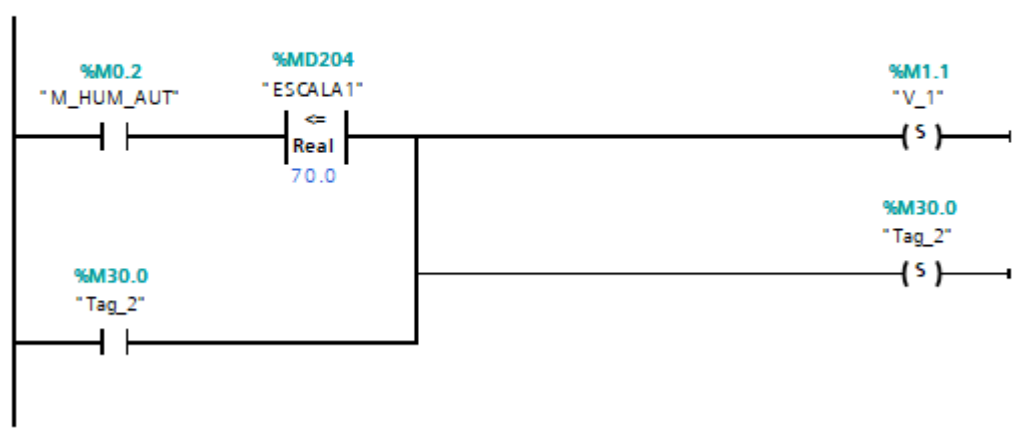


▼ Network 6: .....



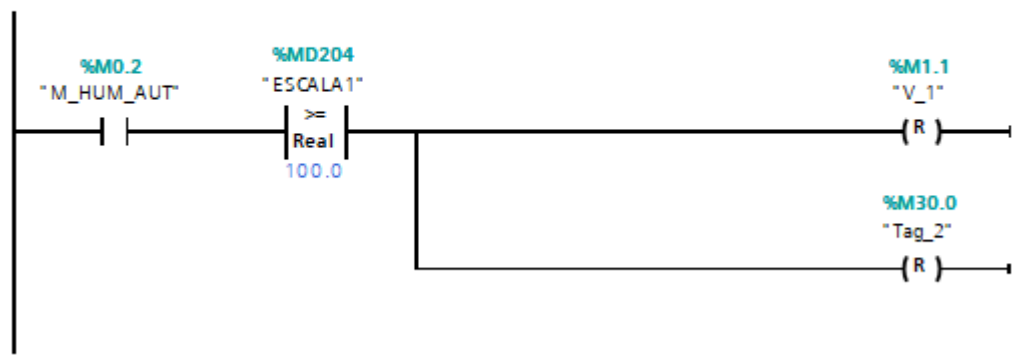
▼ Network 7: .....

Comment



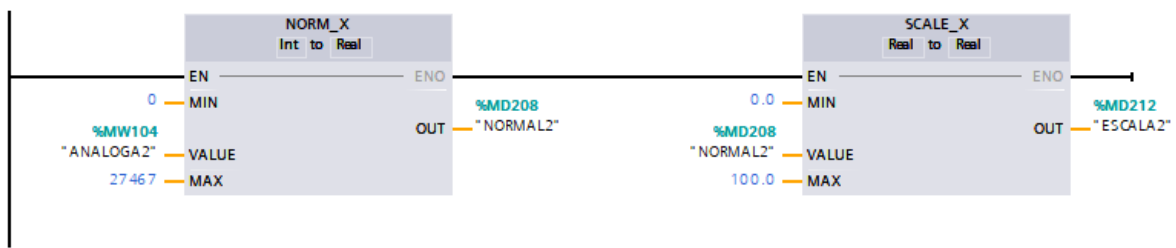
▼ Network 8: .....

Comment



▼ Network 9: .....

Comment



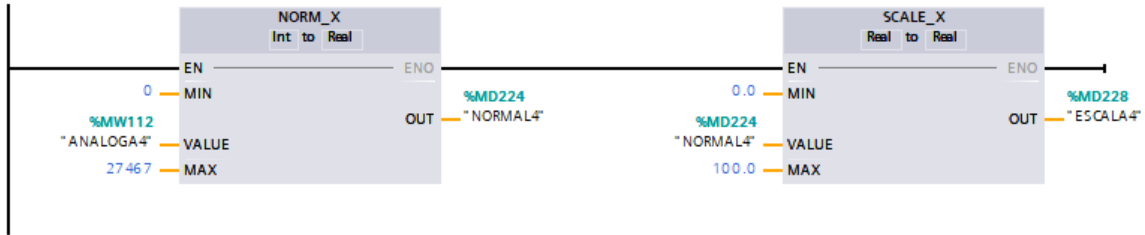
▼ Network 10: .....

Comment



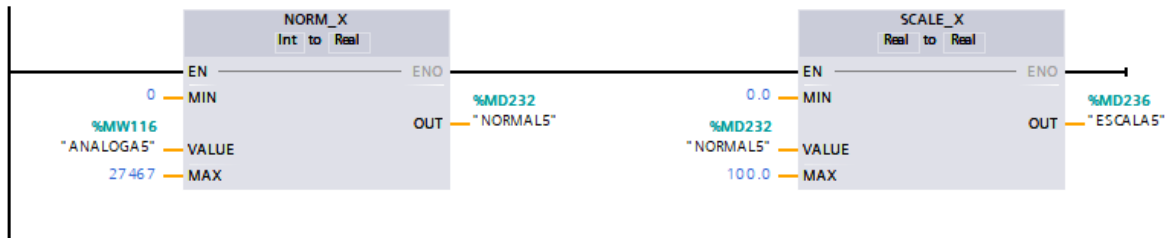
Network 11: .....

Comment



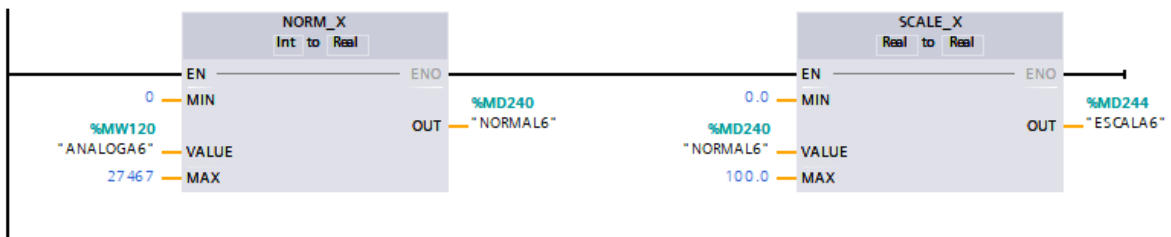
Network 12: .....

Comment



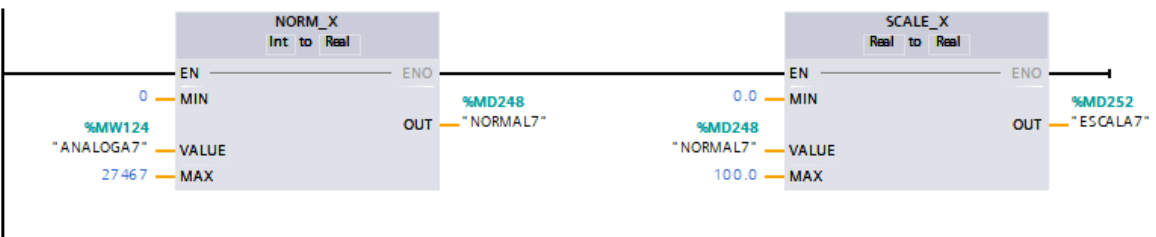
Network 13: .....

Comment



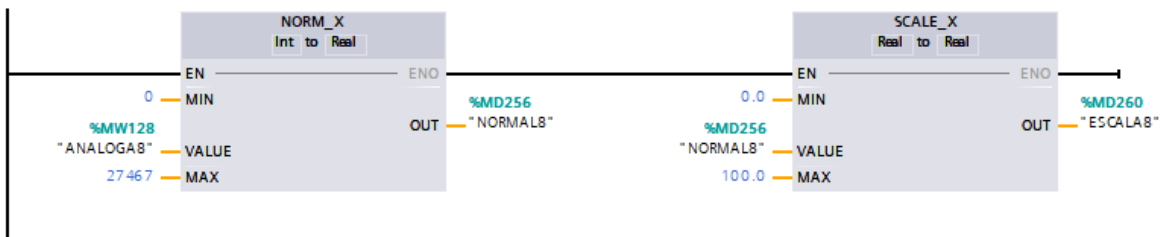
Network 14: .....

Comment



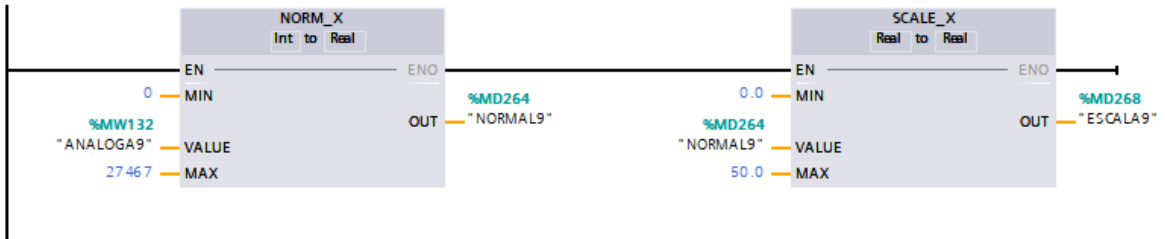
Network 15: .....

Comment



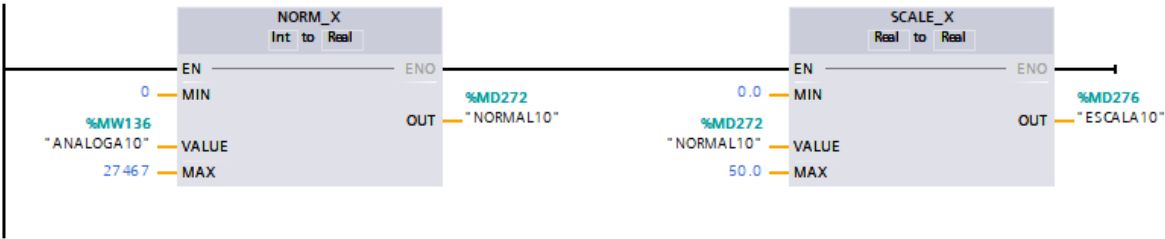
Network 16: .....

Comment



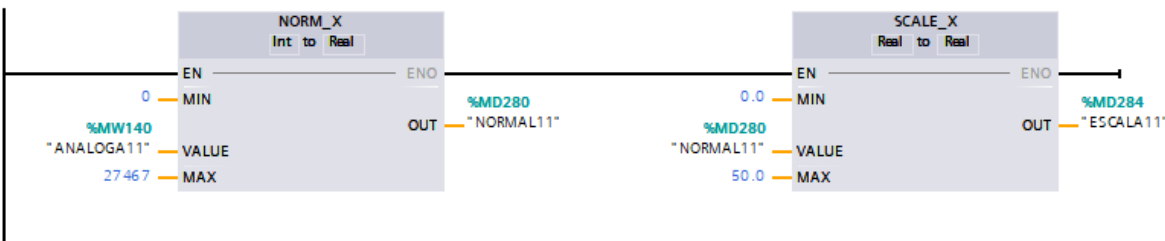
Network 17: .....

Comment



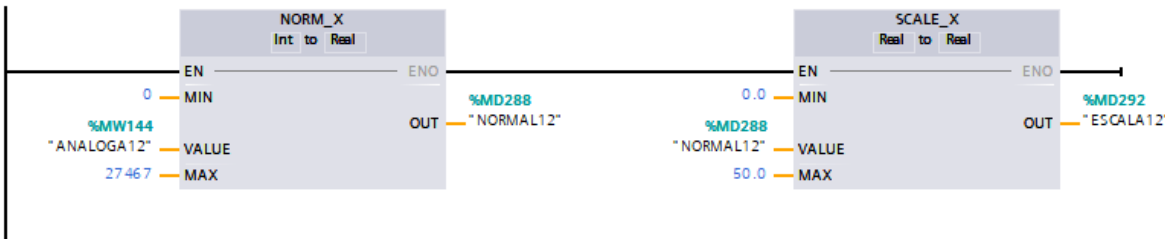
Network 18: .....

Comment



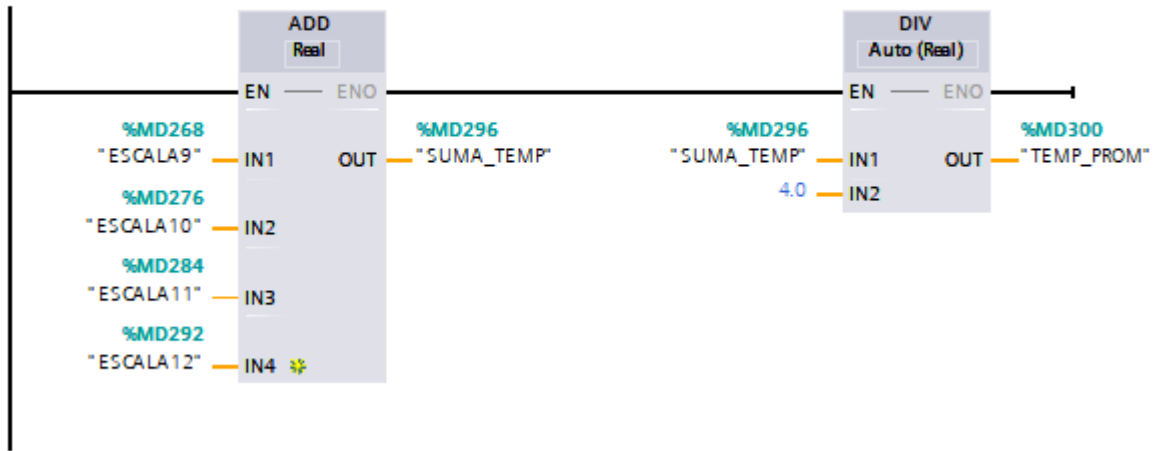
Network 19: .....

Comment



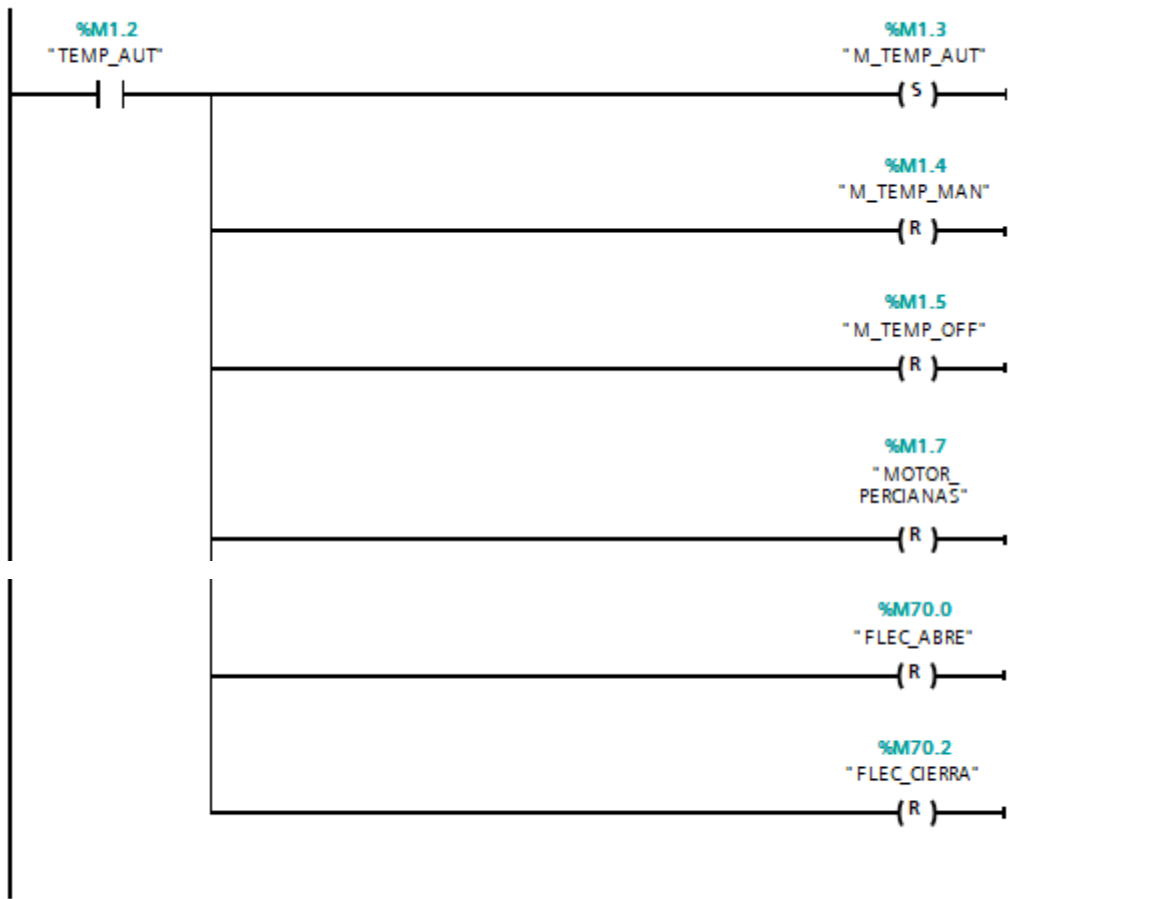
Network 20: .....

Comment



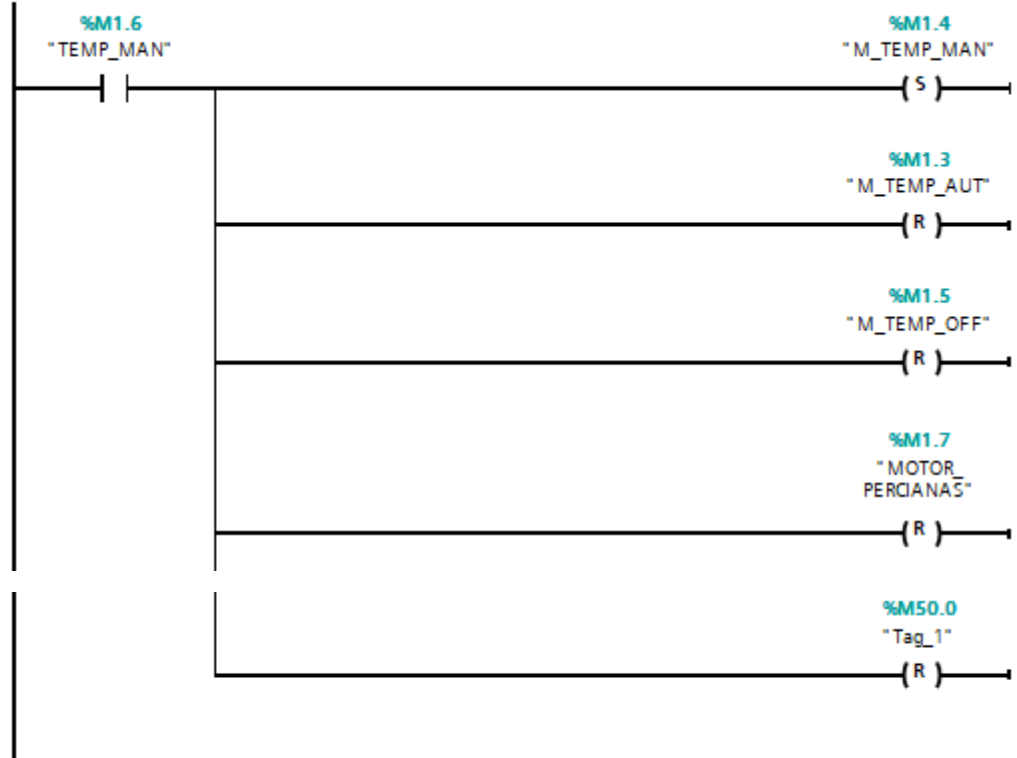
Network 21: .....

Comment



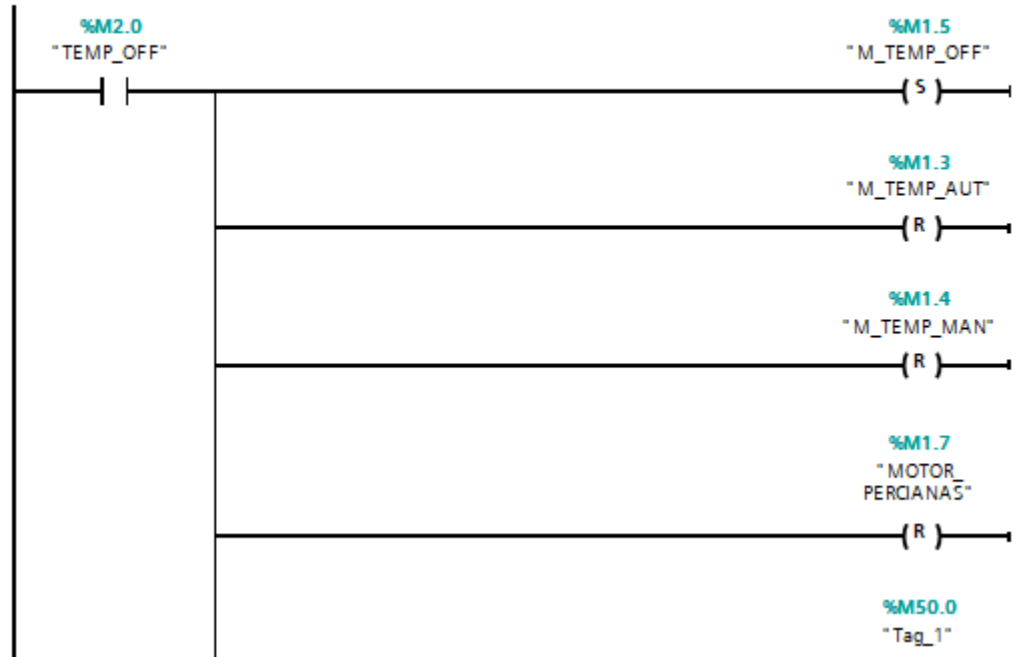
▼ Network 22: .....

Comment

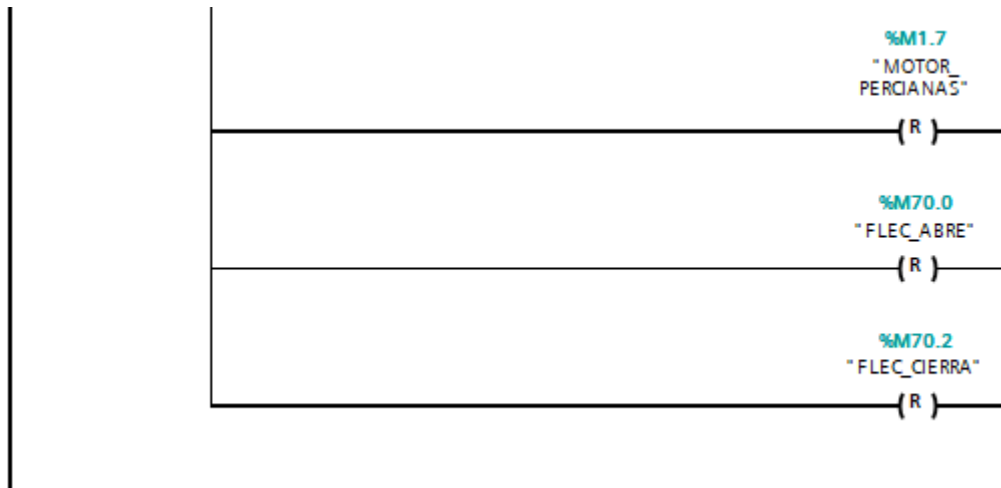


▼ Network 23: .....

Comment

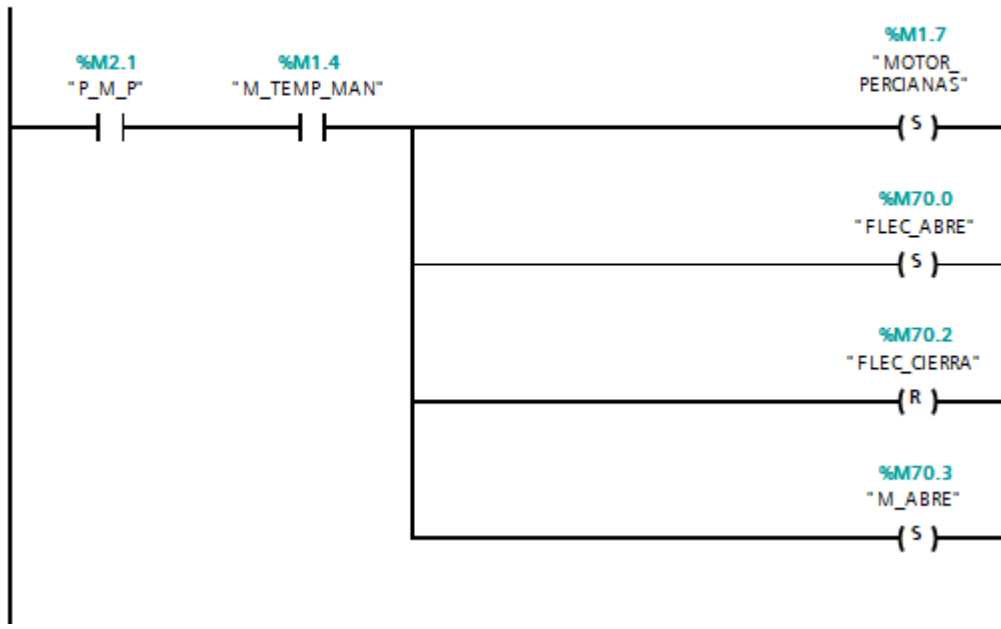






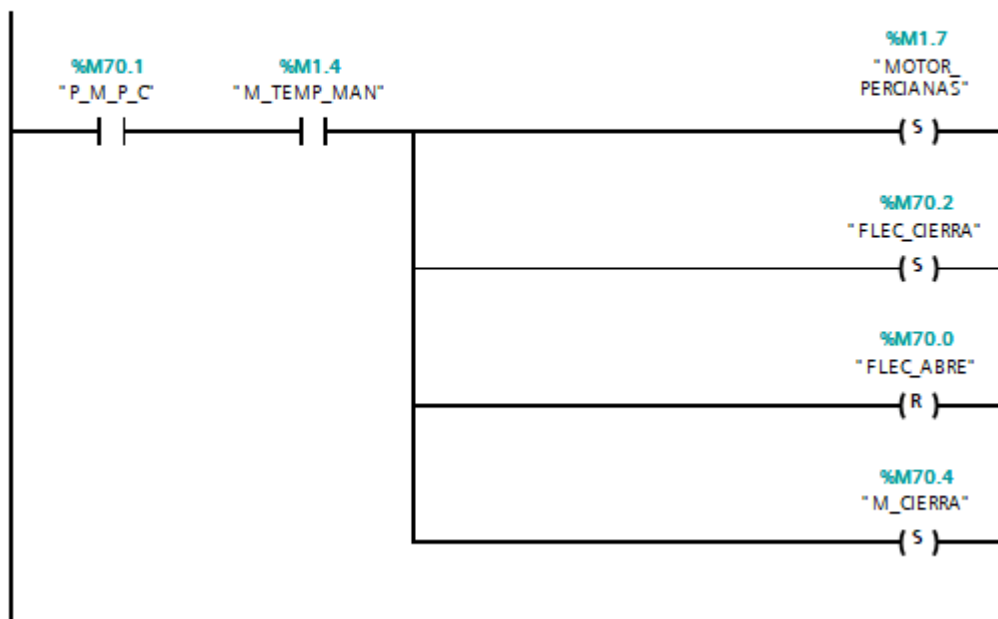
**Network 24: .....**

Comment



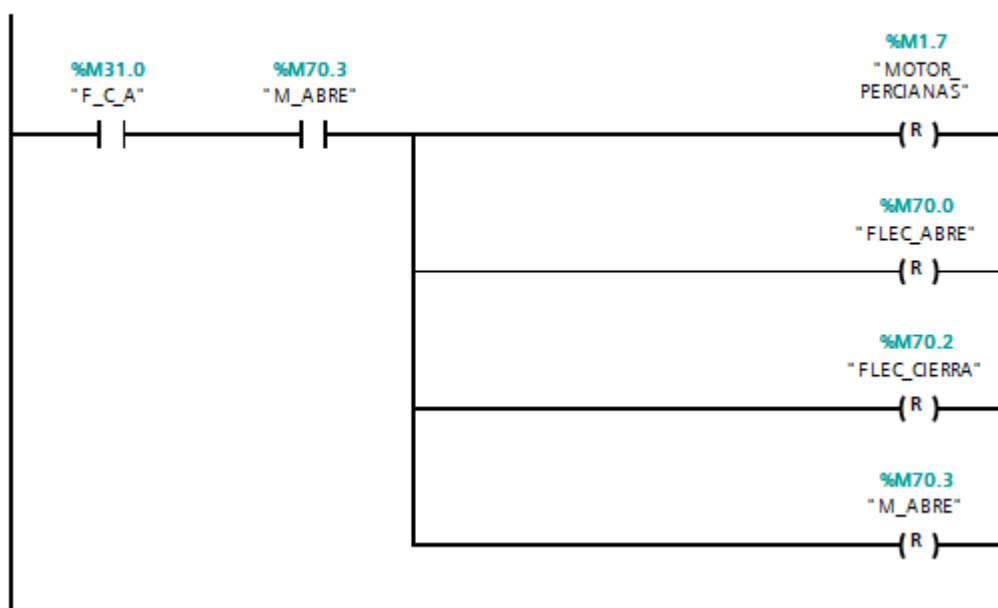
Network 25: .....

Comment



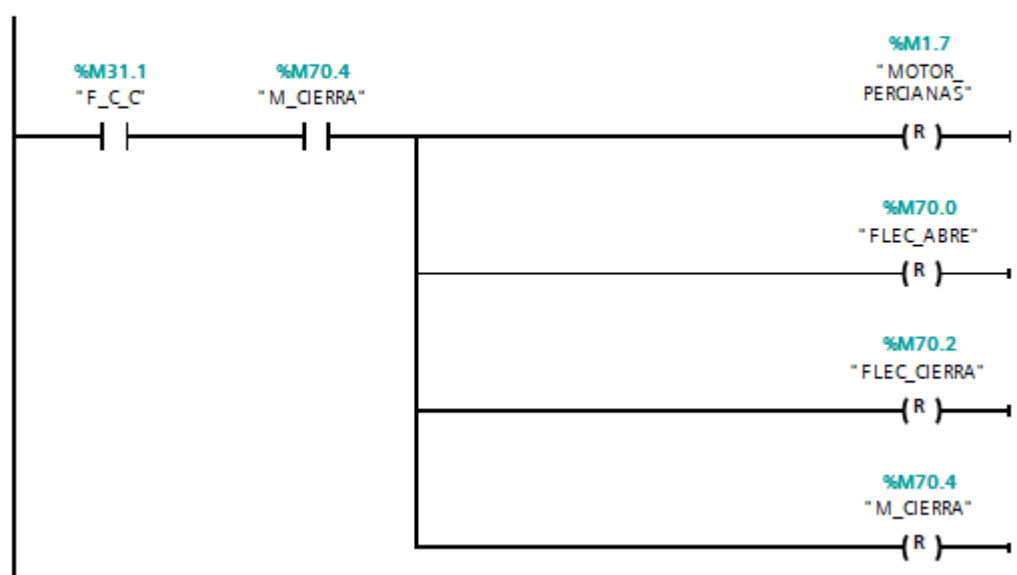
Network 26: .....

Comment



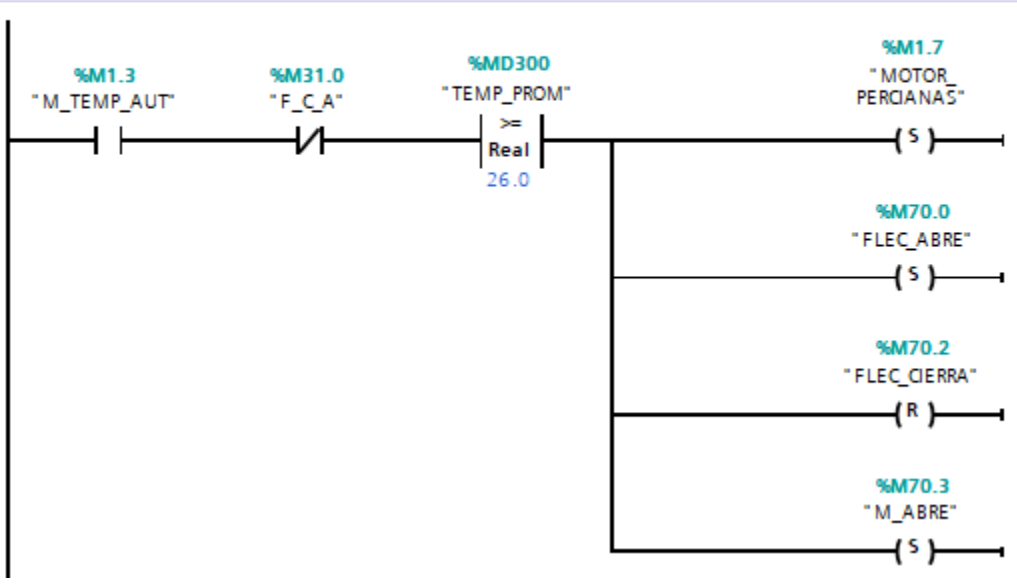
▼ Network 27: .....

Comment

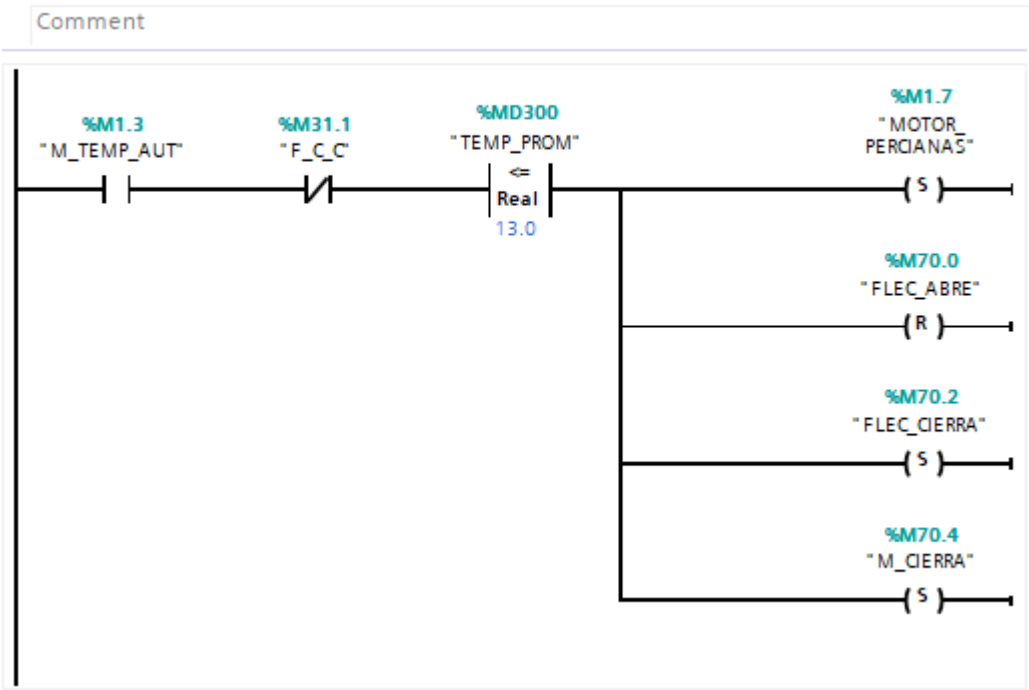


▼ Network 28: .....

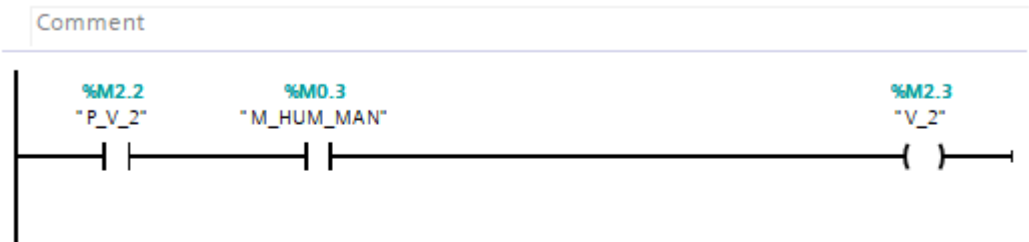
Comment



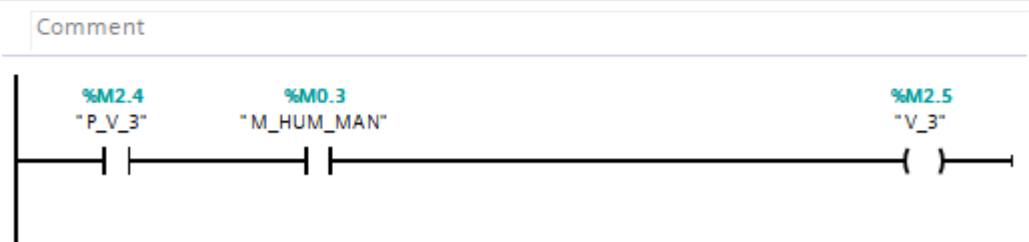
▼ Network 29: .....



▼ Network 30: .....

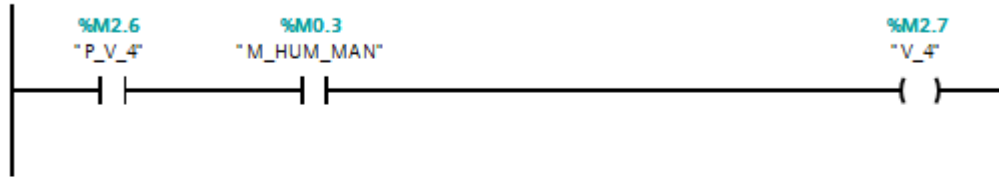


▼ Network 31: .....



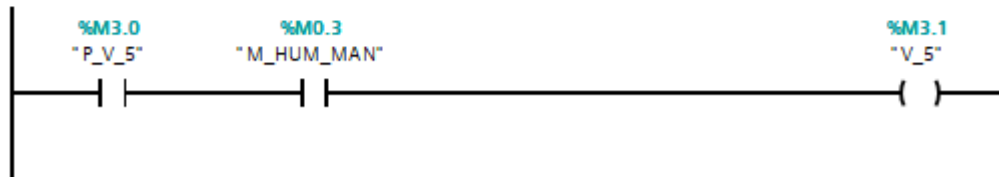
▼ Network 32: .....

Comment



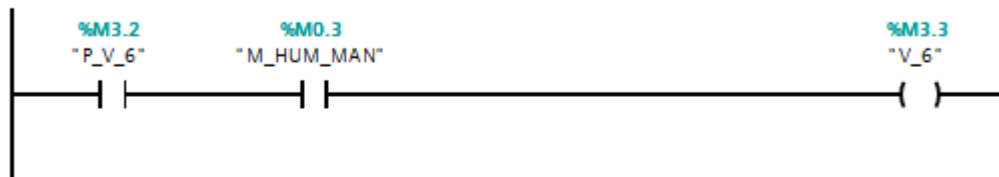
▼ Network 33: .....

Comment



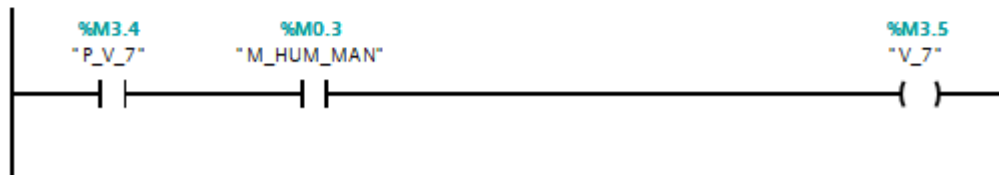
▼ Network 34: .....

Comment



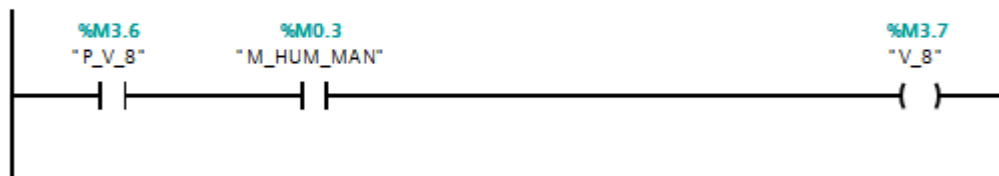
▼ Network 35: .....

Comment



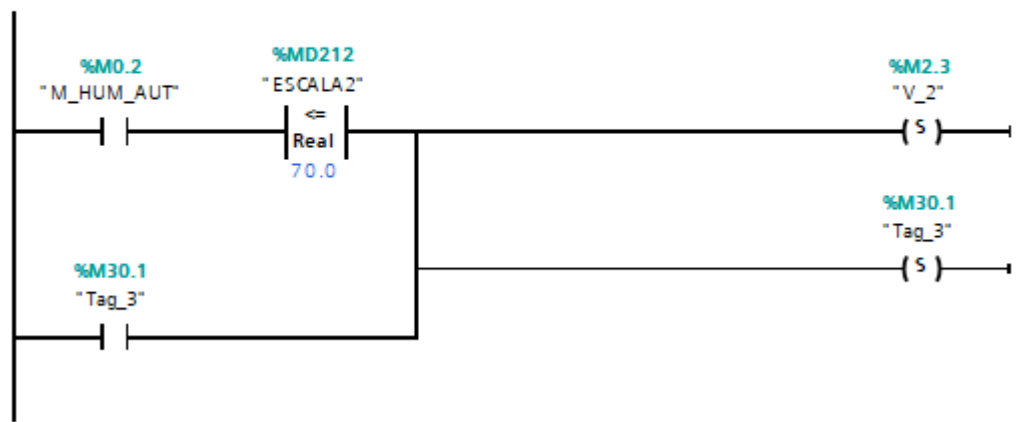
▼ Network 36: .....

Comment



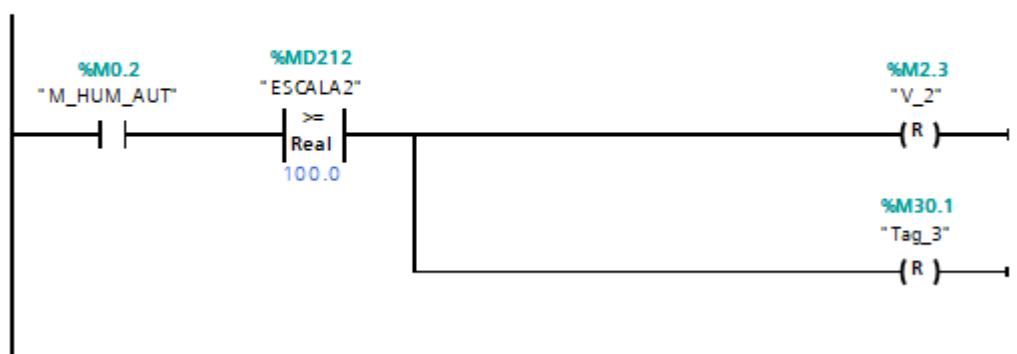
▼ Network 37: .....

Comment



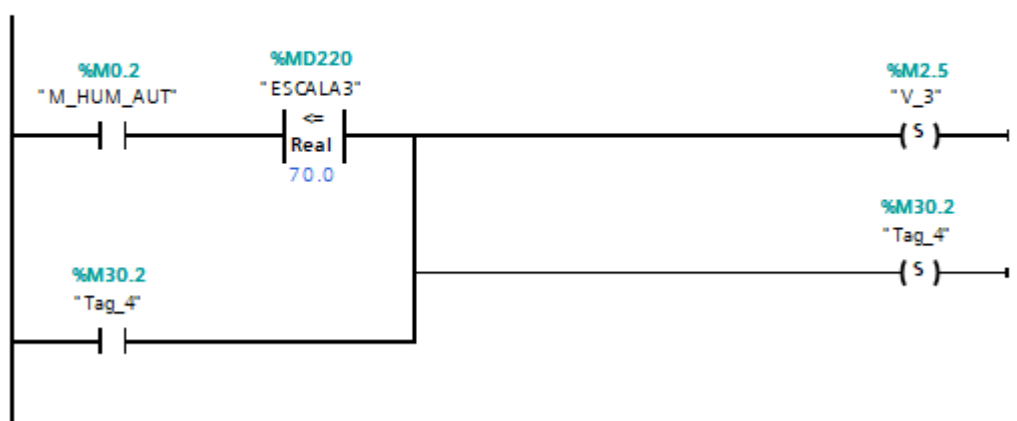
▼ Network 38: .....

Comment



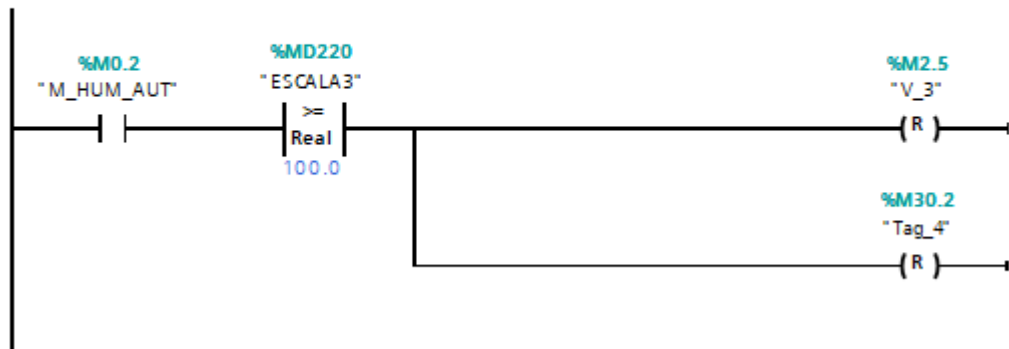
▼ Network 39: .....

Comment



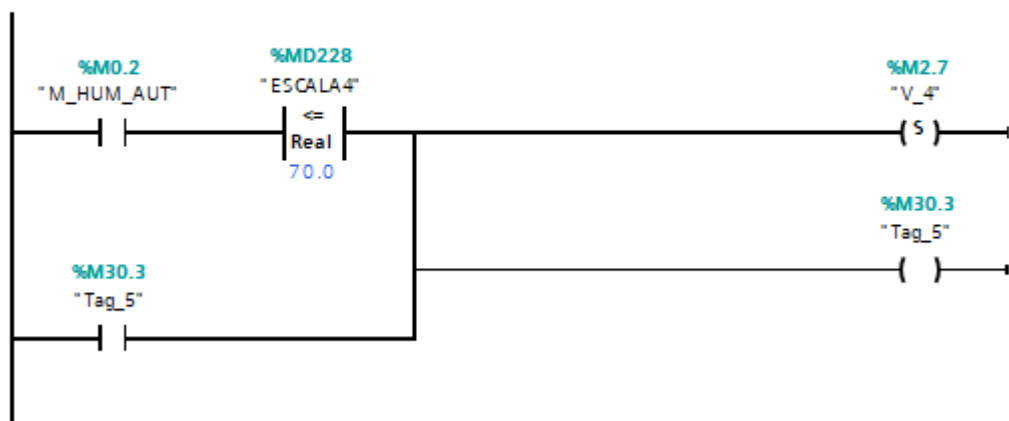
▼ Network 40: .....

Comment



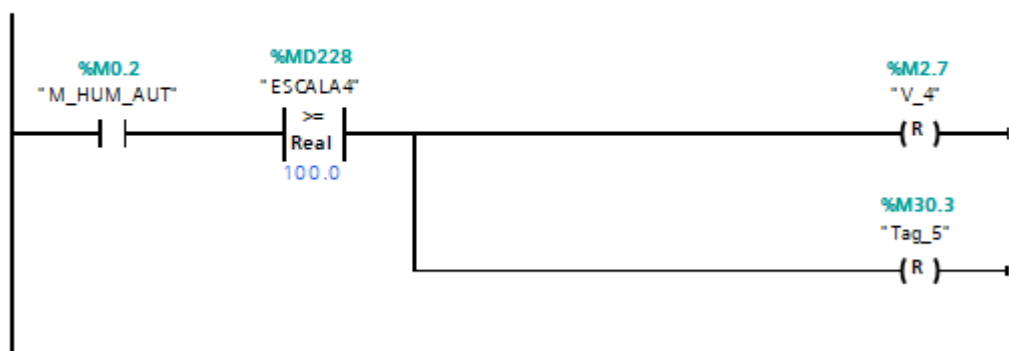
▼ Network 41: .....

Comment



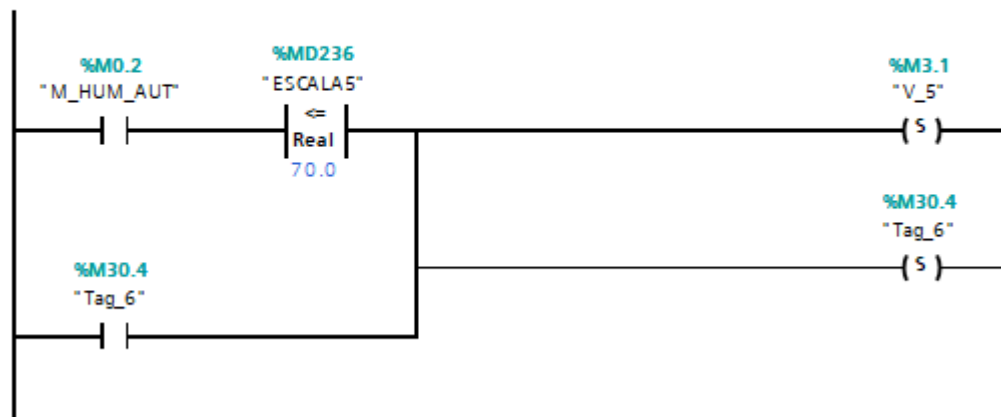
▼ Network 42: .....

Comment



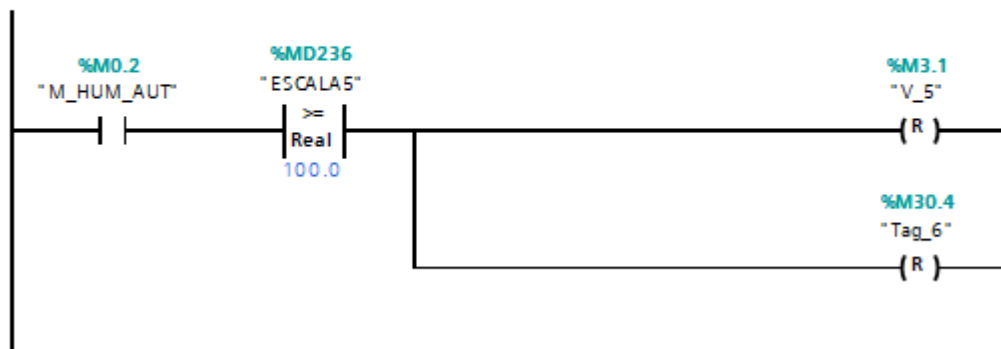
▼ Network 43: .....

Comment



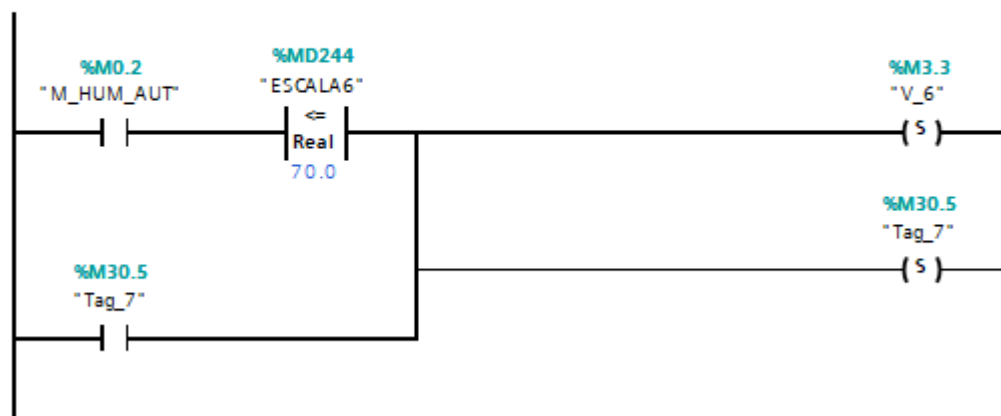
▼ Network 44: .....

Comment



▼ Network 45: .....

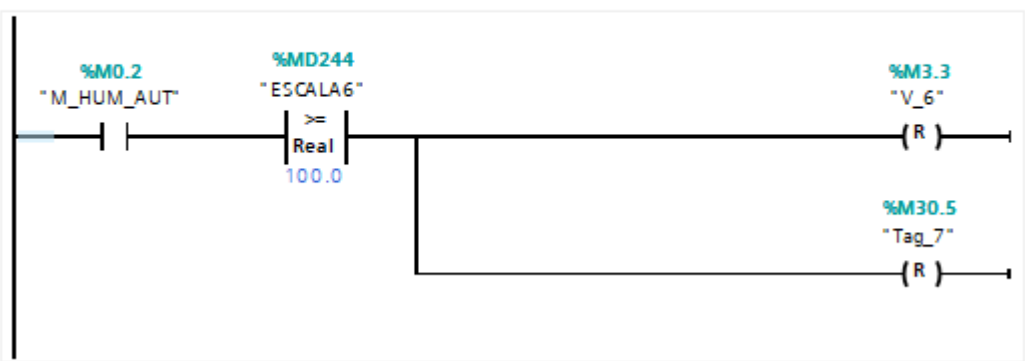
Comment





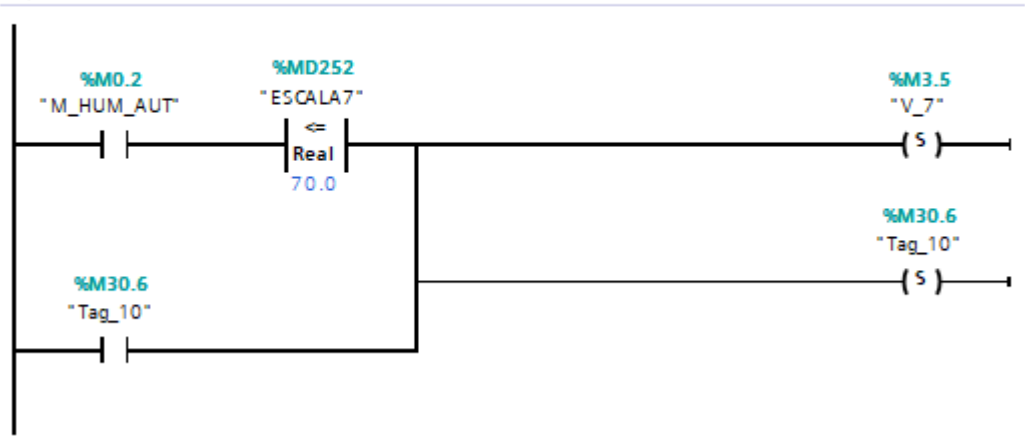
▼ Network 46: .....

Comment



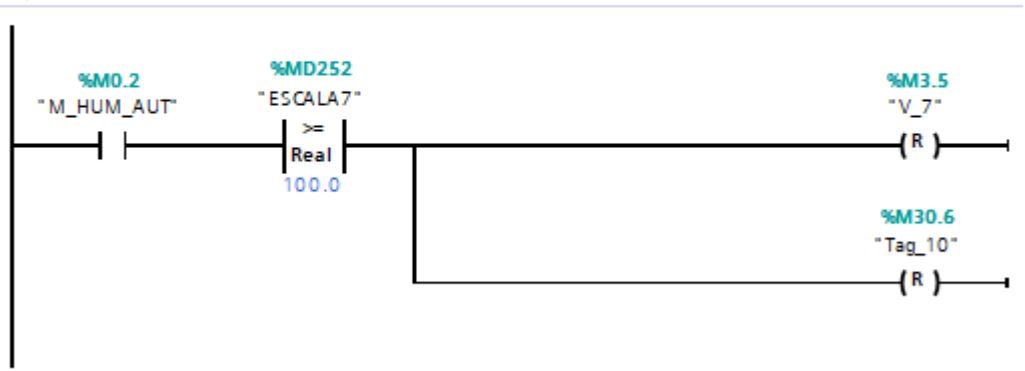
▼ Network 47: .....

Comment



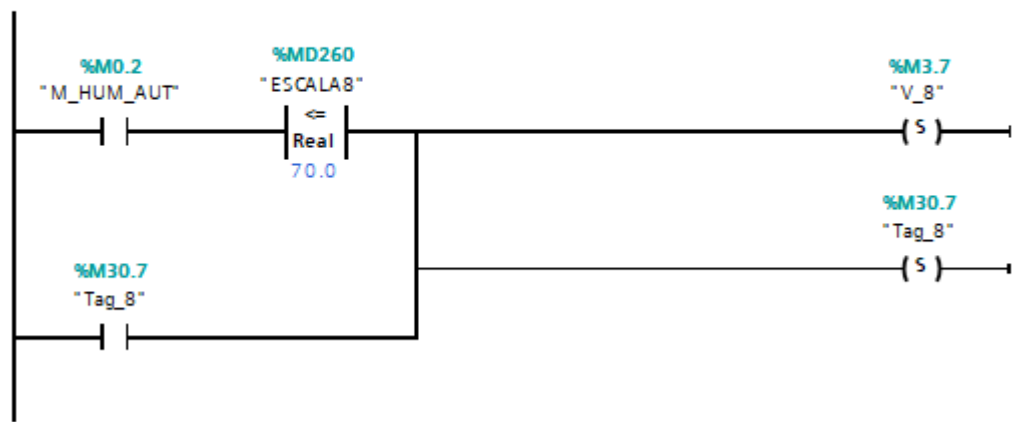
▼ Network 48: .....

Comment



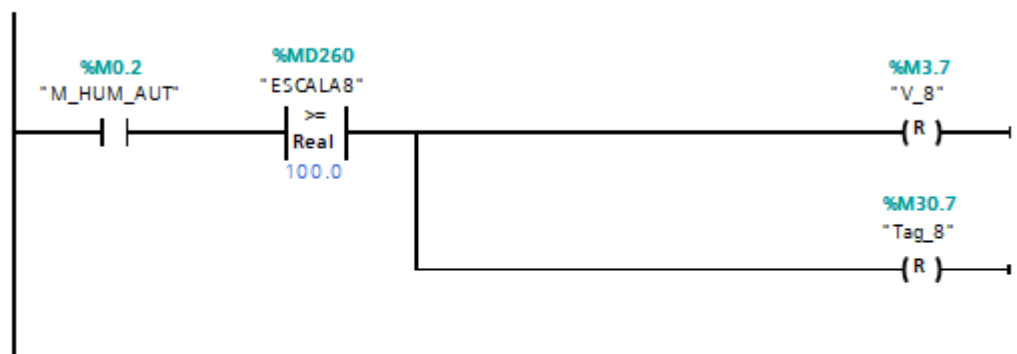
▼ Network 49: .....

Comment



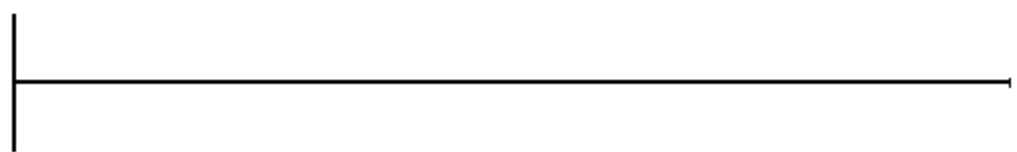
▼ Network 50: .....

Comment



▼ Network 51: .....

Comment



**Anexo 2.** Datasheet termistor NTC 10K

**OKY3065-5**

**Product Name:** 1M NTC Thermistor Accuracy Temperature Sensor  
Thermistor NTC 10K 1% 3950 Waterproof Probe

**Product Module:** OKY3065-5

**Product Description:**

- 1. Stainless steel sheath and waterproof.
- 2. Measurement range: -20 to 105 ° C.
- 3. Length of wire: 1 meter.
- 4. Size of probe: 5 x 25 mm.
- 5. Output: 2 wires.
- 6. Type: NTC 10k ± 1% 3950.
- 7. Measure environmental temperatures using ADC and this 10k NTC LINK.
- 8. Resistance to temperature conversion table LINK.
- 9. B-constant : 3380K +/- 1%.
- 10. Typical Dissipation Constant 5mW/ ° C.
- 11. Probe insulation: >100MOhm.
- 12. Peak Voltage sustain time: 2 seconds, AC1800V 1mA 2 seconds.
- 13. Stress sustain: 9.8N (1kgF) for 1 minute no deformation.

**Package Included**

Packing List	Qty
1M NTC Thermistor Accuracy Temperature Sensor Thermistor NTC Waterproof Probe	1

### Anexo 3. Datasheet higrómetro HD-38

#### Soil Moisture Hygrometer Detection Sensor Module W/ Corrosion Resistance Probe DC 3.3-12V for Arduino



#### Description:

NO.	NO.	Value
1	Name	Soil humidity sensor
2	Size	36.157mm
3	Voltage	DC 3.3-12V
4	Current	<20mA; <30mA (output)
5	Interface	+ - DO AO; DO digital value; AO analog value
6	Operating Temperature	-25~85 Celsius

#### Application:

It is used for detecting soil humidity.

#### Principle:

The soil humidity probe is for detecting humidity, and the voltage comparator is for judging the humidity amount. When the humidity is larger than set value, DO will output to the low level.

## Anexo 4. Motorreductor ortogonal, WEQ-ROSSI



Rossi e-Catalogue REV.04-07/2

1/3

Motorreductor de sinfín catálogo A04 sin motor (motor a 60 Hz)

**Designación:** MR IV 40 UC03A - 71A 4 ... B5/17,7 B3 i=101 60 Hz SM  
Forma constructiva B3, n1 = 1800 min-1

Accesorios y ejecuciones especiales:  
Motorreductor sin motor SM

### Características reductor/motorreductor

Relación de transmisión i	2,54 x 40
Velocidad entrada n1 [min-1]	1800
Velocidad salida n2 [min-1]	17,7
Potencia entrada P1 [kW]	0,37
Par de salida M2 [Nm]	131
Factor de servicio fs	0,57
Rendimiento	0,690
Cantidad indicativa de lubricante [l]	0,32
Velocidad ISO VG	320
Pintura	RAL 5010
Masa total del grupo [kg]	7

### Características nominales

Potencia nominal entrada PN1 [kW]	0,210
Potencia nominal salida PN2 [kW]	0,14
Par de salida MN2 [Nm]	75,6

Verificación térmica	SI
Temperatura máxima ambiente	40
Relación de intermitencia	Continuo (S1)
Potencia térmica P1 [kW]	0,338
Resultado de la verificación térmica:	no satisfactoria

### Características del motor

Tipo motor	HF-Térmico
Tamaño	71A 4
Acoplamiento	B5 14x30-160



Vista desde arriba en P.C. B3

### Información complementaria y advertencias

Tuercas de fijación: M8 UNI 5588. Con tornillo UNI 5737, véase pag. 81 Cat. A04 rev.11-05/2  
Engrenaje de sinfín Z2/Z1 = 40/1; Módulo axial = 1,6; Ángulo d'hélice = 5°10';  
Rendimiento estático = 0,42; Reversibilidad estática incierta; Reversibilidad dinámica, después del rodaje, con rendimiento > 0,6

Resultado de la verificación térmica: no satisfactoria P1 = 0,370 > P1 = 0,338 [kW]



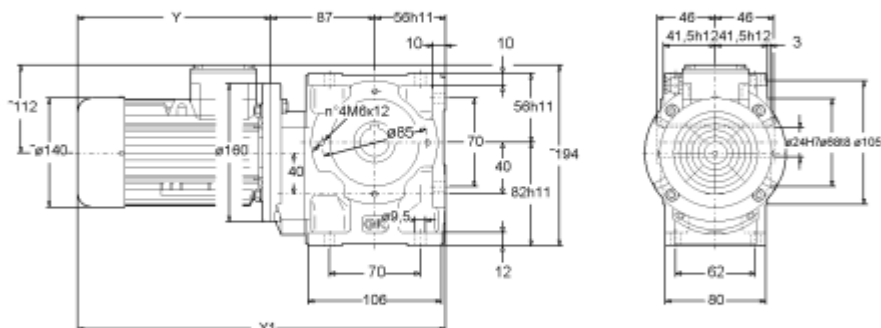
Rossi e-Catalogue REV.04-07/2

2/3

Motorreductor de sinfín catálogo A04 sin motor (motor a 60 Hz)

**Designación:** MR IV 40 UC03A - 71A 4 ... B5/17,7 B3 i=101 60 Hz SM  
Forma constructiva B3, n1 = 1800 min-1

Datos dimensionales



Dibujo del reductor o motorreductor estándar sin accesorios ni ejecuciones, en forma constructiva B3  
Cota (comprensora de ejecuciones especiales y accesorios del motor) Y= 212  
Cota (comprensora de ejecuciones especiales y accesorios del motor) Y1 = 355

## Anexo 5. Electroválvula S 390 2W

# BERMAD Irrigation

S-390-2W

Solenoids

### Specifications

#### Ports:

Base Port - 1 (1/4" NPT<sup>(1)</sup>) - Downstream  
 Base Port - 2<sup>(2)</sup> (1/4" NPT<sup>(1)</sup>) - Pressure  
<sup>(1)</sup> Brass Base Ports Size is 1/4" NPT  
<sup>(2)</sup> Brass Base Common Port is marked "2"  
 Solenoid to Base Connection: 3/4"; 20 UNF<sup>(3)</sup> Male Threaded

Base Ports: Plastic - 1/8" NPT; Brass - 1/4" NPT

Base orifice size: 1.5 mm

Base Flow Factor: Kv = 0.08 m<sup>3</sup>/h @ 1 bar AP; Cv=0.09 GPM @1 psi AP

Leads: 2 leads x 0.32 mm<sup>2</sup> x 80 cm

Operating Pressure Range: 0-10 bar

Max. Temperature: water 80°C; 190°F

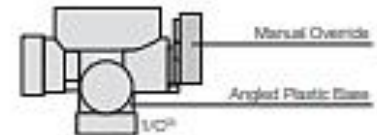
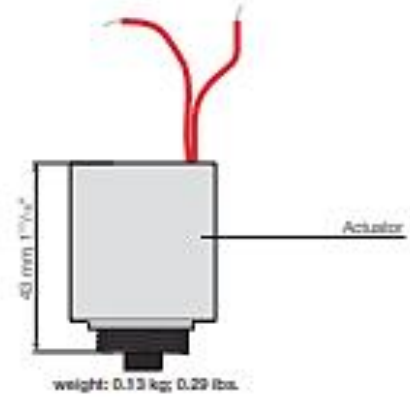
#### Materials:

Actuator Coating: Nylon

Seals: NBR

Wetted parts: Stainless steel and polyamide

Base: Nylon (Optional: Brass)



### Electrical Data:

Actuator Type	Cable Color	Power (Watt)	Current (Amp)		Coil Resistance at 60±2°C; 60°F
			Inrush	Hold	
S390-2W-2WAC-R	Red/Red	1.7	0.25	0.125	27.5
S390-2W-2WAC-D	Red/Orange	2.2	0.13	0.13	-
S390-2W-2WDC	Black/Black	3.5	0.18	0.18	158
S390-2W-12WDC	Blue/Blue	4.0	0.20	0.32	96

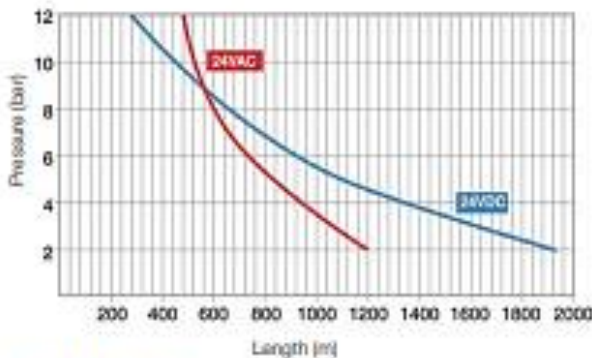
<sup>(1)</sup> Coil resistance in this coil cannot be measured

### Cable Length Data:

Maximum cable length according to coil type

Cable cross section: 0.5 mm<sup>2</sup>, orifice size:

1.8 mm, air gap: 0.7 mm



For cables longer than shown in diagram

In order to calculate the cross section of

a length other than shown in the diagram,

use the following equation:

$$S = \frac{L (sol)}{L (diagram)} \times 0.5$$

S = Minimum conductor cross-section in mm<sup>2</sup>

L (sol) = Actual Length of cable to solenoid

L (diagram) = Length of cable shown in this diagram

### How to Order

Please Specify the requested Solenoid as follow:

■ 2-wires Continuous Current Solenoid Actuator, BERMAD Model:

S-390-2W- (1) - (2) - NC - (3)

(1) Mark R or D

(2) Mark desired Voltage: 24VAC, 24VDC, 12VDC

(3) Mark desired Base: 00 (No Base) 02 (Plastic NC), 0R (Brass NC)

# SIEMENS

## Data sheet

**6ES7211-0AA23-0XB0**



Figure similar

SIMATIC S7-200, CPU 221 COMPACT UNIT, DC POWER SUPPLY  
6 DI DC/4 DO DC, 4 KB CODE/2 KB DATA

Supply voltage	
Rated value (DC)	Yes
<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V DC</li> </ul>	
permissible range, lower limit (DC)	20.4 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Load voltage L+	
<ul style="list-style-type: none"> <li>Rated value (DC)</li> <li>permissible range, lower limit (DC)</li> <li>permissible range, upper limit (DC)</li> </ul>	24 V 20.4 V 28.8 V
Input current	
Inrush current, max.	10 A; at 28.8 V
from supply voltage L+, max.	450 mA; 80 to 450 mA
Encoder supply	
24 V encoder supply	
<ul style="list-style-type: none"> <li>24 V</li> <li>short-circuit protection</li> <li>Output current, max.</li> </ul>	Yes; permissible range: 15.4 to 28.8 V Yes; electronic at 600 mA 180 mA
Memory	
Number of memory modules (optional)	1; pluggable memory module, content identical with integral EEPROM; can additionally store recipes, data logs and other files
Work memory	
<ul style="list-style-type: none"> <li>integrated (for program)</li> <li>integrated (for data)</li> </ul>	4 kbyte 2 kbyte
Backup	

## Anexo 7. HMI SIEMENS KTP 400

# SIEMENS

hoja de datos del producto

6AV2123-2DB03-0AX0

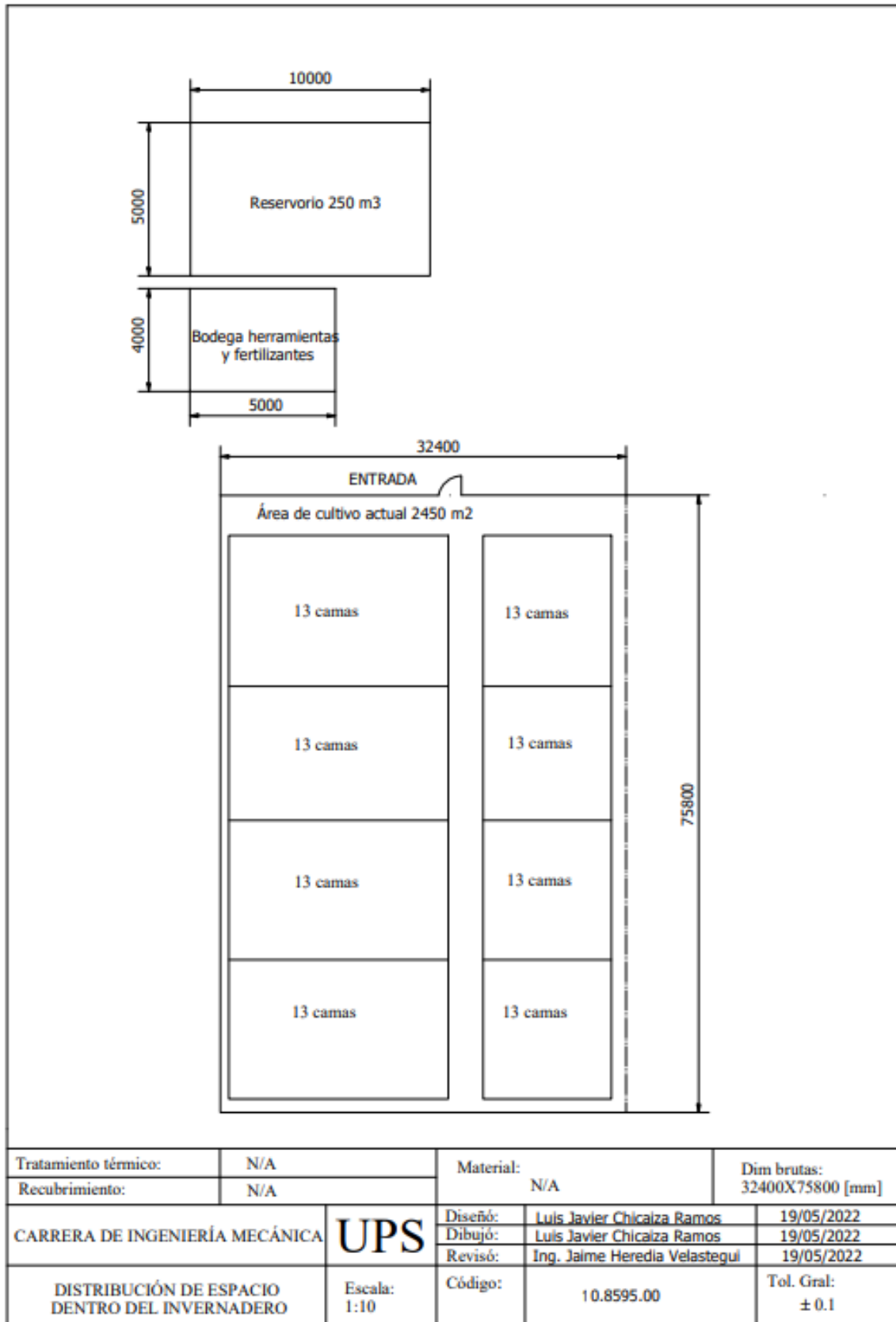


SIMATIC HMI, KTP400 BASIC, BASIC PANEL,  
MANDO POR TECLAS/TACTIL,  
PANTALLA TFT 4", 65536 COLORES,  
INTERFAZ PROFINET,  
CONFIGURABLE CON DESDE WINCC BASIC V13/ STEP7  
BASIC V13,  
CONTIENE SW OPEN SOURCE QUE SE CEDE  
GRATUITAMENTE VER EN EL CD ADJUNTO

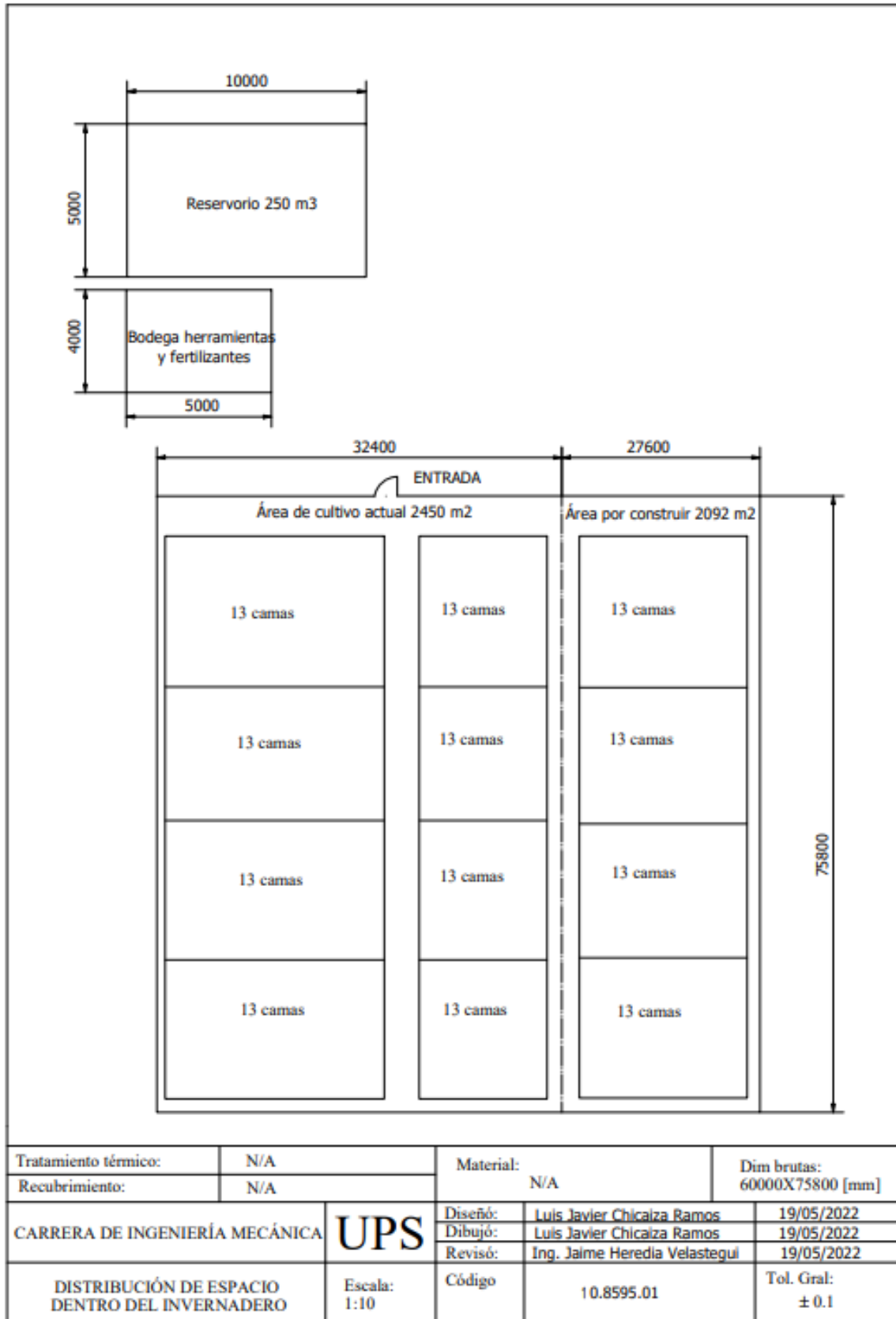
Display	
Tipo de display	Pantalla TFT panorámica, retroiluminación LED
Diagonal de pantalla	4,3 in
Achura del display	95 mm
Altura del display	53,9 mm
Nº de colores	65536
Resolución (píxeles)	
Resolución de imagen horizontal	480
Resolución de imagen vertical	272
Retroiluminación	
MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	20000 h
Retroiluminación variable	Si
Elementos de mando	
Teclado	
Nº de teclas de función	4
Teclas con LED	No
Teclas del sistema	No
Teclado numérico/alfanumérico	
Teclado numérico	Si; Teclado en pantalla



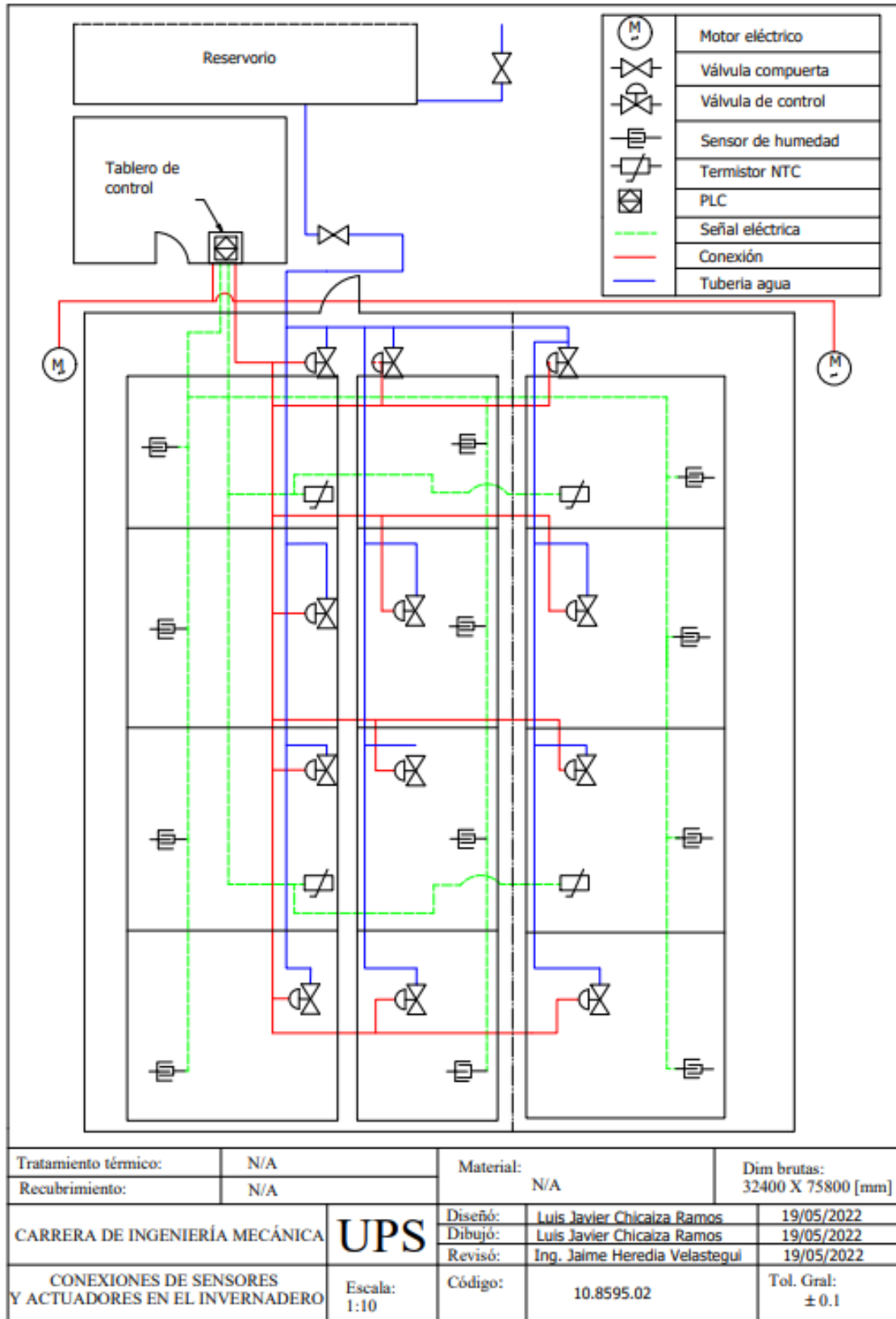
**Anexo 8.** Layout con medidas actuales del invernadero



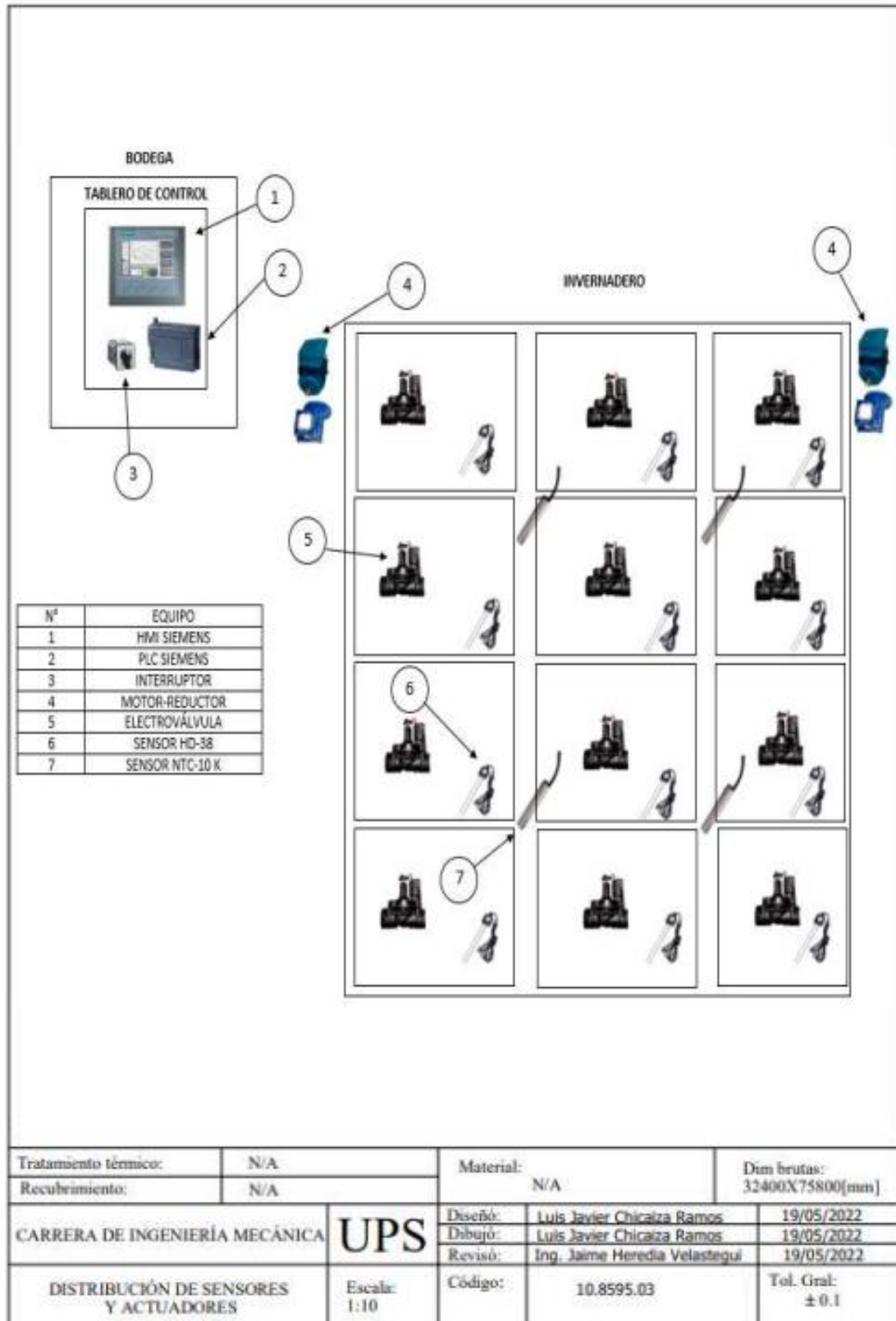
**Anexo 9.** Layout con medidas finales del invernadero después de ampliación



**Anexo 10.** Esquema de posicionamiento de sensores y actuadores

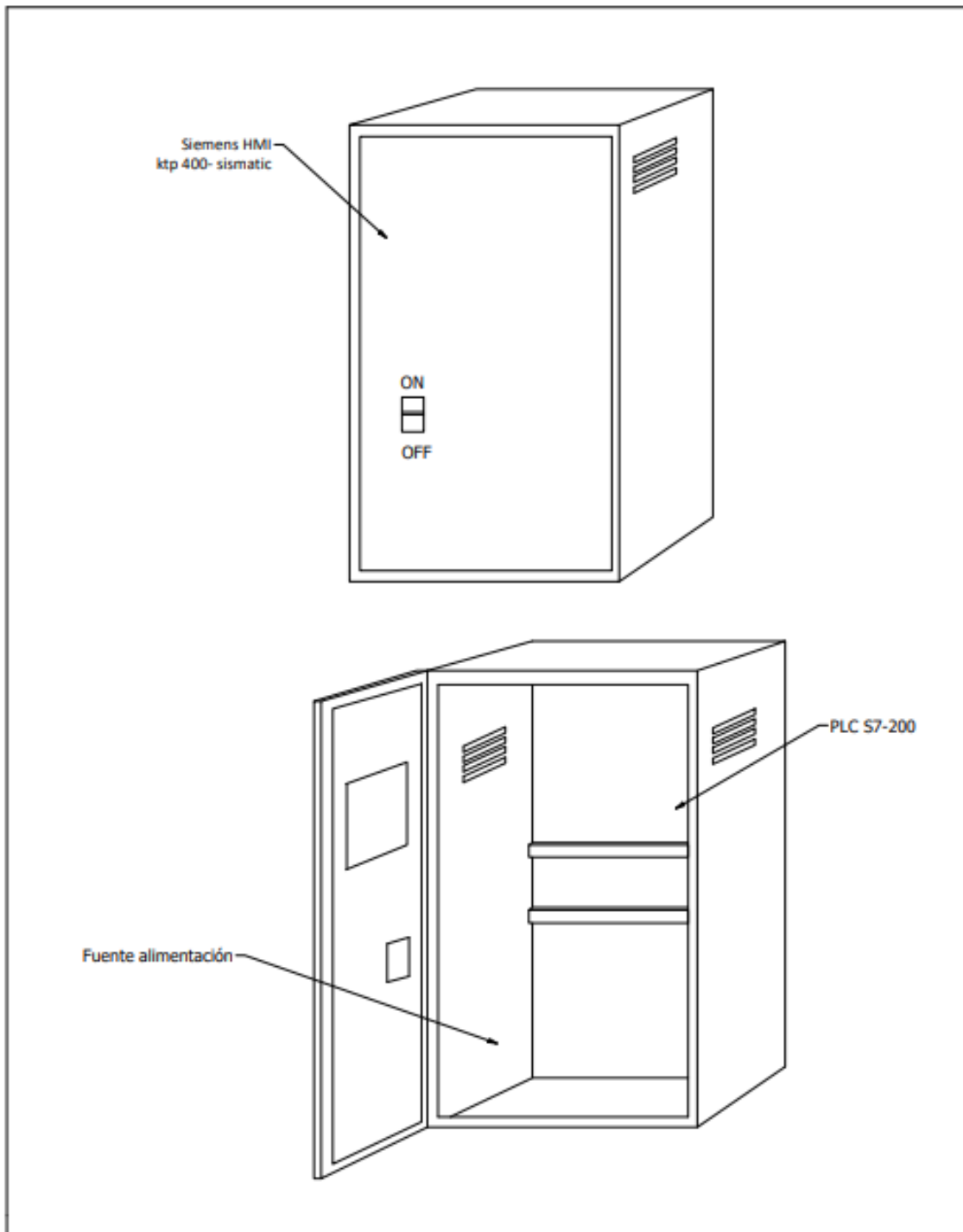


**Anexo 11.** Equipos a usarse en el invernadero



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	N/A	Dim brutas:	32400X75800[mm]
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	<b>UPS</b>	Diseño:	Luis Javier Chicaiza Ramos	19/05/2022	
		Dibujó:	Luis Javier Chicaiza Ramos	19/05/2022	
		Revisó:	Ing. Jaime Heredia Velastegui	19/05/2022	
DISTRIBUCIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES	Escala: 1:10	Código:	10.8595.03	Tol. Graf:	± 0.1

**Anexo 12.** Gabinete para ensamblar tablero de control



Tratamiento térmico:	N/A	Material:	N/A		Dim brutas: 400X400X200 [mm]
Recubrimiento:	N/A				
CARRERA DE INGENIERÍA MECÁNICA	<b>UPS</b>	Diseño:	Luis Javier Chicalza Ramos	19/05/2022	
		Dibujó:	Luis Javier Chicalza Ramos	19/05/2022	
		Revisó:	Ing. Jaime Heredia Velastegui	19/05/2022	
DISTRIBUCIÓN DE ESPACIO DEL GABINETE	Escala: 1:10	Código:	10.8595.04	Tol. Gral: ± 0.1	