



**UNIVERSIDAD  
TÉCNICA DE  
COTOPAXI**

## **UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA**

### **PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO Y CONTROL DE HUMEDAD, DENTRO DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.**

Propuesta tecnológica presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en  
Sistemas Eléctricos de Potencia

**AUTORES:**

Siza Jami Edwin Paul

Toapanta Moposita Silvio Lenin

**TUTOR:**

PhD. Secundino Marrero Ramírez

**LATACUNGA - ECUADOR**

**Septiembre - 2020**

## DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **SIZA JAMI EDWIN PAUL** y **TOAPANTA MOPOSITA SILVIO LENIN**, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: **“REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO Y CONTROL DE HUMEDAD, DENTRO DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, siendo el **PhD. SECUNDINO MARRERO RAMÍREZ**, tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

Además, certifico que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad.



Siza Jami Edwin Paul

C.I: 180500601-0



Toapanta Moposita Silvio Lenin

C.I: 180461108-3

## AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Título:

**“REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO Y CONTROL DE HUMEDAD DENTRO DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, de los señores **SIZA JAMI EDWIN PAUL** y **TOAPANTA MOPOSITA SILVIO LENIN** de la carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA**, considero que dicho informe investigativo cumple los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de Proyecto que el Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, 17 de septiembre del 2020

**Atentamente**



PhD. Secundino Marrero Ramírez

CC: 175710790-7

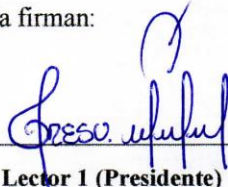
### APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la **FACULTAD de CIENCIAS DE LA INGENIERIA Y APLICADAS**.; por cuanto, el o los postulantes: **SIZA JAMI EDWIN PAUL, TOAPANTA MOPOSITA SILVIO LENIN** con el título de Proyecto de titulación: **REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO Y CONTROL DE HUMEDAD, DENTRO DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI** han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de Sustentación de Proyecto.

Por lo antes expuesto, se autoriza realizar los empastados correspondientes, según la normativa institucional.

Latacunga, 17 de septiembre 2020

Para constancia firman:



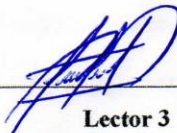
**Lector 1 (Presidente)**

**Nombre:** Ing. Suárez Rommel  
**CC:** 180416535-3



**Lector 2**

**Nombre:** Ing. Guaypatin Oscar  
**CC:** 180282943-0



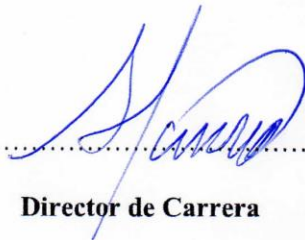
**Lector 3**

**Nombre:** Ing. Toaza Jimmy  
**CC:** 171762106-2

### AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

En calidad de responsable PhD. Secundino Marrero Ramírez certifico que mediante la Propuesta Tecnológica: **“REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO Y CONTROL DE HUMEDAD DENTRO DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”**, los señores **SIZA JAMI EDWIN PAUL** con número de cédula **180500601-0** y **TOAPANTA MOPOSITA SILVIO LENIN** con número de cédula **180461108-3**, realizan la entrega del proyecto de titulación en el Campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, en pleno funcionamiento.

**Atentamente**



**Director de Carrera**

PhD. Secundino Marrero Ramírez

CC: 175710790-7

## **AGRADECIMIENTO**

Primeramente, agradezco a Dios por brindarme salud, vida y poder culminar una etapa más de mi vida, agradezco a la Universidad Técnica de Cotopaxi por permitirme formar parte de ella así también por todos los conocimientos que me impartieron los docentes quienes me brindaron una educación de calidad.

A mis padres: Siza Abelardo y Chicaiza Lidia quienes fueron un pilar fundamental durante mi vida universitaria gracias a su confianza y apoyo incondicional que depositaron en mí dándome fuerzas para seguir adelante.

También de manera especial a mi director de tesis PhD. Secundino Marrero, por haberme dirigido y ayudado a culminar la tesis.

**Edwin Siza**

## **AGRADECIMIENTO**

Ante todo, quiero dar gracias a Dios por darme la fuerza necesaria para nunca rendirme a pesar de las adversidades y a su vez poder seguir adelante y poder cumplir con la meta planteada

A mis padres: Claudino Toapanta y Amalia Moposita quienes fueron un pilar fundamental durante mi vida universitaria gracias a su confianza y apoyo incondicional que depositaron en mí dándome fuerzas para seguir adelante.

A la Universidad Técnica de Cotopaxi que me supo abrir las puertas para poder formarme académicamente y a su vez poder llegar a ser un profesional.

**Lenin Toapanta**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de titulación se lo dedico a Dios, porque siempre ha cuidado de mis pasos, por darme la vida y la tenacidad para culminar cinco años de estudio.

Dedico este trabajo de graduación a mi madre, mi padre y mis hermanos que estuvieron siempre en cada instante apoyándome durante los momentos de mi vida estudiantil.

A mi familia y todas las personas cercanas quienes supieron darme ánimos para no ceder cuando las situaciones se volvían complicadas.

**Edwin Siza**

## **DEDICATORIA**

El presente proyecto de titulación se lo dedico a Dios por darme la sabiduría y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi vida.

A mis queridos padres quienes fueron un pilar fundamental dándome fuerzas para poder culminar mis estudios superiores gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y perseverancia

A mi familia quienes supieron darme ánimos para no ceder cuando las situaciones se volvían complicadas.

**Lenin Toapanta**

## INDICE GENERAL

1	INFORMACIÓN BÁSICA .....	1
2	DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	3
2.1	Título de la propuesta tecnológica .....	3
2.2	Tipo de alcance .....	3
2.3	Área del conocimiento .....	3
2.4	Sinopsis de la propuesta tecnológica .....	3
2.5	Objeto de estudio y campo de acción .....	4
2.5.1	Objeto de estudio .....	4
2.5.2	Campo de acción .....	4
2.6	SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA .....	4
2.6.1	Situación problemática .....	4
2.6.2	Problema.....	5
2.7	HIPÓTESIS .....	5
2.8	OBJETIVOS .....	5
2.8.1	Objetivo general .....	5
2.8.2	Objetivos específicos .....	5
2.9	Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos .....	6
3	MARCO TEÓRICO .....	7
3.1	Marco Referencial.....	7
3.2	Marco Teórico.....	10
3.2.1	Acometidas .....	10
3.2.2	Conductores .....	10
3.2.3	Caída de voltaje en acometidas .....	11
3.2.4	Selección de conductores eléctricos .....	11
3.2.5	Selección de calibre para la alimentación.....	12
3.2.6	Invernadero.....	13
3.2.7	Humedad de un invernadero.....	14
3.2.8	La Automatización .....	15
3.2.9	Sistemas de control.....	15
3.2.10	Electroválvulas .....	16
3.2.11	Bomba de Riego .....	16
3.2.12	Breaker o Interruptor Automático .....	17
3.2.13	Contactador .....	18

3.2.14	Relé Térmico .....	18
3.2.15	Sensor de Humedad .....	19
3.2.16	Luces Pilotos .....	19
3.2.17	Paro de Emergencia .....	20
3.2.18	Fuente de Alimentación.....	20
3.2.19	Ingeniería de Software.....	21
3.2.20	Sistema Micro controlador .....	21
3.2.21	PLC (Controlador Lógico Programable).....	22
3.2.22	Pantalla SIMATIC HMI KTP 400 .....	24
4	MARCO METODOLÓGICO .....	25
4.1	Tipo de investigación.....	25
4.1.1	Investigación exploratoria .....	25
4.1.2	Investigación descriptiva .....	25
4.1.3	Investigación de campo .....	26
4.1.4	Investigación experimental.....	26
4.2	Métodos de investigación .....	26
4.2.1	Método analítico .....	26
4.2.2	Método de la medición .....	26
4.3	Técnicas e instrumentación.....	26
4.3.1	Comunicación punto a punto.....	27
4.3.2	Software Siemens Tía Portal V14 .....	27
4.3.3	Interfaz gráfica (HMI) .....	27
4.3.4	FDR RS485 Sensor de humedad del suelo agrícola 3 en 1 .....	27
4.3.5	Medidor de humedad .....	27
5	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	27
5.1	Ubicación .....	28
5.2	Diagrama general del sistema de riego y control de humedad .....	29
5.3	Sensor de Humedad del Suelo RS485 OUTPUTING FDR.....	30
5.3.1	Características del sensor.....	30
5.3.2	Función de cada terminal en el sensor.....	31
5.4	Calibración del sensor de humedad para el sistema .....	31
5.5	Rango de la humedad.....	32
5.6	Estructura de la comunicación del sistema .....	39
5.7	Selección del PLC.....	40
5.8	Configuración de la dirección IP .....	41

5.9	Pantalla del sistema de control.....	41
5.10	Registro de datos en la web server del programa .....	43
6	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS.....	45
6.1	Presupuesto .....	45
6.1.1	Presupuesto del sistema anterior.....	45
6.1.2	Presupuesto del sistema repotenciado. ....	46
6.2	Análisis de impactos .....	48
6.2.1	Impactos prácticos .....	48
6.2.2	Impactos tecnológicos .....	48
6.2.3	Impactos sociales.....	48
6.2.4	Impactos ambientales .....	48
7	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	48
7.1	Conclusiones.....	48
7.2	Recomendaciones .....	49
8	Referencias .....	50
9	ANEXOS.....	53

## INDICE DE FIGURAS

<b>Figura 3. 1</b>	Invernadero Asimétrico.....	14
<b>Figura 3. 2</b>	Electroválvula .....	16
<b>Figura 3. 3</b>	Bomba de agua de 1HP .....	17
<b>Figura 3. 4</b>	Interruptor automático de 1 polo.....	17
<b>Figura 3. 5</b>	Contactador GM32 .....	18
<b>Figura 3. 6</b>	Relé térmico. ....	18
<b>Figura 3. 7</b>	Sensor de humedad RS485. ....	19
<b>Figura 3. 8</b>	Luces piloto.....	19
<b>Figura 3. 9</b>	Pulsador paro de emergencia. ....	20
<b>Figura 3. 10</b>	Fuente de alimentación. ....	21
<b>Figura 3. 11</b>	PLC AC/DC/RELAY CPU 1214C DC/DC/DC .....	22
<b>Figura 3. 12</b>	Pantalla simatic hmi ktp400.....	24
<b>Figura 5. 1</b>	Sensor de Humedad RS485 .....	28
<b>Figura 5. 2</b>	Curva humedad vs tiempo, sistema anterior. ....	28
<b>Figura 5. 3</b>	Invernadero del campus Salache de la U.T.C. ....	29
<b>Figura 5. 4</b>	Diagrama general del sistema de riego y control de humedad. ....	29
<b>Figura 5. 5</b>	Medidor Ph – humedad .....	31
<b>Figura 5. 6</b>	Rangos de humedad. ....	32
<b>Figura 5. 7</b>	Curvas de humedad.....	32
<b>Figura 5. 8</b>	Curva de humedad individual .....	33
<b>Figura 5. 9</b>	Curva de humedad individual. ....	33
<b>Figura 5. 10</b>	Curva de humedad individual. ....	33
<b>Figura 5. 11</b>	Curva de humedad individual .....	342
<b>Figura 5. 12</b>	Funcion de tolerancia de humedad.....	35
<b>Figura 5. 13</b>	Pantalla de control automatico.....	37
<b>Figura 5. 14</b>	Curvas de humedad.....	37
<b>Figura 5. 15</b>	Curva de humedad individual .....	38
<b>Figura 5. 16</b>	Curva de humedad individual. ....	38
<b>Figura 5. 17</b>	Curva de humedad individual. ....	39
<b>Figura 5. 18</b>	Curva de humedad individual .....	39

<b>Figura 5. 19</b> Estructura de la comunicación del sistema. ....	40
<b>Figura 5. 20</b> PLC 1214C DC/DC/DC.....	41
<b>Figura 5. 21</b> Configuración IP. ....	41
<b>Figura 5. 22</b> Menú principal. ....	42
<b>Figura 5. 23</b> Menú de control manual. ....	42
<b>Figura 5. 24</b> Menú de control automático. ....	43
<b>Figura 5. 25</b> Curva respecto al tiempo y humedad.....	43
<b>Figura 5. 26</b> Servidor web. ....	44
<b>Figura 5. 27</b> Curva de humedad. ....	44

### INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 2. 1</b> Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos.....	6
<b>Tabla 3. 1</b> Área de los conductores con calibres AWG.....	11
<b>Tabla 3. 2</b> Cálculo en Excel del conductor para la alimentación del sistema automatizado.....	12
<b>Tabla 3. 3</b> Características de la pantalla HMI KTP400 4" .....	25
<b>Tabla 5. 1</b> Especificaciones técnicas del sensor.....	30
<b>Tabla 5. 2</b> Variación de humedad obtenido en los ensayos.....	34
<b>Tabla 5. 3</b> Promedio de variación de humedad.....	35
<b>Tabla 5. 4</b> Variación de humedad obtenido en los ensayos.....	36
<b>Tabla 5. 5</b> Rango de variación promedio.....	36
<b>Tabla 5. 6</b> Datos del PLC.....	40
<b>Tabla 6. 1</b> Listado de materiales eléctricos en el proyecto anterior.....	46
<b>Tabla 6. 2</b> Presupuesto total del sistema anterior. ....	47
<b>Tabla 6. 3</b> Gastos directos materiales.....	46
<b>Tabla 6. 4</b> Gastos indirectos. ....	47
<b>Tabla 6. 5</b> Total de gastos.....	47

# UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO:** “REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO Y CONTROL DE HUMEDAD DENTRO DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”

**Autores:**

Siza Jami Edwin Paul

Toapanta Moposita Silvio Lenin

### RESUMEN

El presente proyecto fue realizado en el invernadero #2 del “Centro Experimental Académico Salache”, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, localizado en la Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Salache, con el objetivo de repotenciar el sistema automatizado de riego y control de humedad en las cuatro secciones, mediante la reconfiguración del algoritmo de programación y la adquisición de nuevos sensores, el cual nos permitió controlar la variable dependiente de la humedad que varía de acuerdo al tipo de cultivo, de esta manera se ha mejorado el rendimiento y la calidad de los productos. Este sistema de riego automatizado cuenta con equipos eléctricos y electrónicos tales como, PLC S7 1200, módulo de entradas analógicas, bombas de agua y sensores RS485, estos sensores están encargados de detectar la humedad en cada sección del invernadero, enviando una señal a las electroválvulas para su posterior proceso de apertura o cierre del recurso hídrico, de esta forma se puede controlar la variable de humedad, de forma manual o automática mediante la pantalla HMI en el que se puede visualizar los datos obtenidos por los sensores. Con este proyecto se pudo aprovechar de una manera más eficiente el recurso hídrico, y suministrar en cantidades adecuadas dependiendo el tipo de cultivo que se tenga, lo cual facilitará a los estudiantes de la carrera de agronomía, para que puedan realizar sus respectivas destrezas en el invernadero de estudio y mejorar su productividad.

**Palabras claves:** Repotenciación, Automatización, humedad, reconfiguración, algoritmo de programación.

**TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI**

**FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES**

**TOPIC:** “REPOWERING OF AN AUTOMATED SYSTEM OF IRRIGATION AND HUMIDITY CONTROL INSIDE THE GREENHOUSE #2 AT THE EXPERIMENTAL CENTER SALACHE IN THE TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI”.

**Authors:** Siza Jami Edwin Paul

Toapanta Moposita Silvio Lenin

**ABSTRACT**

The present project was carried out in the greenhouse #2 of the "Centro Experimental Académico Salache", of the Technical University of Cotopaxi, located in the Cotopaxi province, Latacunga canton, Salache parish, with the objective of repowering the automated system of irrigation and humidity control in the four sections, by means of the reconfiguration of the programming algorithm and the acquisition of new sensors, which allowed us to control the variable depending on the humidity that varies according to the type of cultivation, this way the yield and the quality of the products have been improved. This automated irrigation system has electrical and electronic equipment such as, PLC S7 1200, analog input module, water pumps and RS485 sensors, these sensors are responsible for detecting the humidity in each section of the greenhouse, sending a signal to the electro valves for the subsequent process of opening or closing the water resource, in this way you can control the humidity variable, manually or automatically through the HMI screen where you can view the data obtained by the sensors. With this project it was possible to take advantage of a more efficient way of the hydric resource, and to supply in suitable quantities depending on the type of culture that one has, which will facilitate the students of Agronomy major, so that they can realize their respective skills in the greenhouse of study and improve their productivity.

**KEYWORDS:** Repowering, Automation, Humidity, Reconfiguration, Programming Algorithm.

## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal CERTIFICO que: La traducción del resumen de la Propuesta Tecnológica al Idioma Inglés presentado por los señores egresados de la CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA DE LA FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS: SIZA JAMI EDWIN PAUL y TOAPANTA MOPOSITA SILVIO LENIN, cuyo título versa “REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO Y CONTROL DE HUMEDAD, DENTRO DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI”, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente certificado de la manera ética que estimaren conveniente.

Latacunga, septiembre del 2020

Atentamente,

  
MSc. Alison Mena Barthelotty  
DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS  
C.C. 0501801252



## **1 INFORMACIÓN BÁSICA**

### **PROPUESTO POR:**

Siza Jami Edwin Paul

Toapanta Moposita Silvio Lenin

### **TEMA APROBADO:**

REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO Y CONTROL DE HUMEDAD, DENTRO DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

### **CARRERA.**

Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia.

### **DIRECTOR DEL PROYECTO DE TITULACIÓN:**

PhD. Secundino Marrero Ramírez.

### **EQUIPO DE TRABAJO:**

#### **Tutor**

Nombres: Secundino

Apellidos: Marrero Ramírez

Nacionalidad: Cubana

Número de Cédula: 175710790-7

Dirección: Latacunga, Conjunto habitacional “Los Arupos”

E-mail: secundino.marrero@utc.edu.ec

Teléfono Celular: 0987647713

#### **Estudiante 1:**

Nombres: Edwin Paul

Apellidos: Siza Jami

Nacionalidad: Ecuatoriana

Número de Cédula: 180500601-0

Dirección: Tungurahua, Pillaro, Parroquia San Andrés

E-mail: edwin.siza0@utc.edu.ec

Teléfono Celular: 0980605468

Estudios realizados

Primaria: Escuela “Princesa Francisca Choasanguil”

Secundaria: Colegio Nacional “Jorge Álvarez”

**Estudiante 2:**

Nombres: Silvio Lenin

Apellidos: Toapanta Moposita

Nacionalidad: Ecuatoriana

Número de Cédula: 180461108-3

Dirección: Tungurahua, Pillaro, Parroquia San Andrés

E-mail: silvio.toapanta3@utc.edu.ec

Teléfono Celular: 0988921527

Estudios realizados

Primaria: Escuela “Fiscal Sixto Álvarez”

Secundaria: Colegio “Técnico 12 de Noviembre”

**LUGAR DE EJECUCIÓN:**

Región Sierra, Provincia de Cotopaxi, Cantón Latacunga, Parroquia Eloy Alfaro, Barrio Salache Bajo, Universidad Técnica de Cotopaxi, Campus Salache.

**TIEMPO DE DURACIÓN DEL PROYECTO:**

MAYO - SEPTIEMBRE/2020

**FECHA DE ENTREGA:**

SEPTIEMBRE 2020.

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental.

## **SUBLINEAS DE INVESTIGACIÓN**

Control y Optimización en el uso la Energía del sector Industrial, Comercial y Residencial.

### **TIPO DE PROPUESTA TECNOLÓGICA:**

En el proyecto se pretende desarrollar una propuesta tecnológica, la cual permite la automatización del sistema de riego y control de humedad en el invernadero #2 del centro experimental Salache.

## **2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA**

### **2.1 Título de la propuesta tecnológica**

REPOTENCIACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO Y CONTROL DE HUMEDAD, DENTRO DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI.

### **2.2 Tipo de alcance**

- a) **Multipropósito:**
- b) **Interdisciplinar:**
- c) **Emprendimiento:**
- d) **Productivo:**
- e) **Desarrollo:** X
- f) **Integrador:**

### **2.3 Área del conocimiento**

07 Ingeniería industria y construcción	071 Ingeniería y Profesionales Afines	0713 Electricidad y Energía
--	---------------------------------------	-----------------------------

### **2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica**

La propuesta tecnológica está enfocada en la necesidad de los docentes y estudiantes de la carrera de Ingeniería Agronómica, en tener un control de humedad más eficiente, registrando las variables durante todo el día para los cultivos que se encuentran en el invernadero, y de esta manera lograr un aprovechamiento del recurso hídrico.

Por lo cual se pretende monitorear las variables de humedad, mediante sensores controlados por un algoritmo de programación en el software TIA PORTAL, estos sensores están encargados de enviar la señal de cada sección hacia el programa de control, para su posterior proceso de apertura o cierre del recurso hídrico. Con este sistema incorporado de riego y control de humedad se contribuye en el uso adecuado del agua y se facilita la labor del operador o encargado.

Con este proyecto se pretende beneficiar a los docentes y estudiantes del Centro Experimental Salache en la Universidad Técnica de Cotopaxi, que están a cargo de los invernaderos, facilitándoles el riego y control de humedad con el sistema automatizado monitoreando las variables durante todo el día.

## **2.5 Objeto de estudio y campo de acción**

### **2.5.1 Objeto de estudio**

Sistema automatizado de riego y control de humedad.

### **2.5.2 Campo de acción**

Automatización, control y monitoreo.

## **2.6 SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA**

### **2.6.1 Situación problemática**

El proyecto requiere la repotenciación de un sistema de riego y control de humedad, para cada sección de cultivos del invernadero #2 del “centro experimental Salache”, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, debido a que tenemos problemas en cuanto a la calidad de energía (bajo nivel de voltaje), afectando el accionamiento de las bombas y el sistema de medición actual, esto no permite que el algoritmo de programación existente para el control, responda a los requerimientos de las diferentes secciones del invernadero, pues actualmente no se logra la presión requerida cuando se enciende más de una bomba para el uso racional del agua, generando una deficiencia en el control de humedad debido al sistema de medición inadecuado.

El invernadero de estudio se encuentra situado en el sector de Salache, el cual está separado en cuatro secciones con distintos cultivos en cada una, entre las cuales se obtiene: frutales perennes, rosas, girasoles, entre otras. Otro inconveniente, es el nivel de

tensión en la línea de alimentación que está conectada a la sala de control, que debido al bajo nivel de voltaje impide el funcionamiento óptimo de todo el sistema.

### **2.6.2 Problema**

La falta de sensores para cada sección de cultivos y la calidad del voltaje, afecta el accionamiento de las bombas y el sistema de medición actual, esto impide al algoritmo de programación tener el control adecuado de la humedad, en las diferentes secciones del invernadero número #2 en el Centro Experimental Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, ocasionando el uso irracional del recurso hídrico.

## **2.7 HIPÓTESIS**

El módulo de riego y control automático de humedad, a través del software TIA PORTAL en el invernadero #2 del campo experimental “Salache”, nos ayudara a controlar el nivel de humedad adecuado en las cuatro secciones requeridas para los cultivos, lo que servirá para garantizar el uso eficiente del agua según la necesidad de cada tipo de plántulas.

## **2.8 OBJETIVOS**

### **2.8.1 Objetivo general**

Perfeccionar el sistema automático de riego y control de humedad en el invernadero #2 del “Centro Experimental Salache”, de la Universidad Técnica de Cotopaxi, con la reconfiguración del algoritmo de programación y monitoreo, para obtener el funcionamiento óptimo de todo el sistema en las 4 secciones del invernadero.

### **2.8.2 Objetivos específicos**

- Recopilar información referente a la línea de alimentación que se encuentra conectado a la sala de control del invernadero, para realizar el cálculo del nuevo calibre.
- Reconfigurar el módulo de control existente realizando las conexiones adecuadas, para el funcionamiento óptimo de todo el sistema en el invernadero.
- Integrar un nuevo algoritmo de programación, para el funcionamiento de todas las bombas y sensores conectados al sistema automático.
- Realizar la evaluación técnica y económica del sistema, para garantizar el correcto funcionamiento de toda la instalación realizada en el invernadero durante el proyecto.

## 2.9 Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

**Tabla 2. 1** Descripción de las actividades y tareas propuestas con los objetivos establecidos

Objetivo Específico	Actividad	Resultado de la Actividad	Verificación
Recopilar información referente a la línea de alimentación que se encuentra conectado a la sala de control del invernadero, para realizar el cálculo del nuevo calibre.	Determinación de la distancia a partir del transformador de alto voltaje hasta el invernadero #2, y cálculo del calibre a partir de los datos obtenidos anteriormente.	Obtención del nuevo calibre del conductor que se va a utilizar para la alimentación del sistema automatizado.	Nuevo calibre para la alimentación en el proyecto.
Reconfigurar el módulo de control existente realizando las conexiones adecuadas, para el funcionamiento óptimo de todo el sistema en el invernadero.	Diseño del sistema repotenciado de riego, reubicación de válvulas eléctricas, sensores, bombas centrífugas y demás dispositivos.	Maqueta con sensores y tablero instalado para realizar la prueba de funcionamiento.	Video con maqueta en una escala pequeña.
Integrar un nuevo algoritmo, para el funcionamiento de todas las bombas y sensores conectados al sistema automático.	Software de SIEMENS PLC, TIA PORTAL. Programación para el funcionamiento del nuevo sistema repotenciado.	Determinación de los rangos de humedad que se utilizarán en el control y monitoreo con el software. Conexión del PLC a la PC	Programación ejecutable en el TIA PORTAL versión 14.
Realizar la evaluación técnica y económica del sistema, para garantizar el correcto funcionamiento de toda la instalación realizada en el invernadero durante el proyecto.	Verificación del funcionamiento en las conexiones realizadas y análisis de costos de inversión utilizados.	Presupuesto preliminar del costo de los materiales y equipos a utilizar para la implementación.	Diagnóstico y análisis directo del sistema y verificación del resultado final del proyecto.

### **3 MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Marco Referencial**

Se ha tomado como referencia bibliográfica una tesis publicada en la Universidad Técnica de Cotopaxi Sede La Matriz, previo a la obtención de título de la carrera de Ingeniería Eléctrica con el siguiente tema, “Automatización de un sistema de riego para el control de humedad en los cultivos del invernadero #2 del centro experimental Salache, en la Universidad Técnica de Cotopaxi“, la investigación fue enfocada en automatizar el proceso de riego y controlar la humedad dentro del invernadero, basándose en el uso de un algoritmo de programación, que controla de manera automática a los sensores de humedad, electroválvulas y bombas de agua conectadas al sistema. [1]

En la ciudad de Guayaquil, en las Universidad Católica se encontró un trabajo de grado, previo a la obtención del título de la Carrera de Ingeniería Eléctrico-Mecánico con el tema “Proyecto y diseño de instalaciones en media y baja tensión para un edificio”, en este proyecto nos detalla los diversos conductores eléctricos y el uso según su diseño por diferentes clases o figuras: cilíndricos, rectangulares o mixtos, etc. Los conductores más recomendados e implementados son de cobre y aluminio, por la característica de brindar una buena conductancia de la electricidad dependientemente del calibre utilizado. [2]

En el año 2015, en el Instituto Politécnico Nacional Culhuacan de México, previo a la obtención del título de la carrera de Ingeniería Eléctrica, se ejecutó la “Automatización en el Sistema de Riego de Jitomate”, este proyecto se enfocó en optimizar los ciclos de riego, además de controlar las variables físicas como: temperatura y humedad que normalmente pueden afectar al crecimiento de los cultivos, además, este proyecto aumenta la eficiencia en el uso del agua en cuestión del riego. [3]

En el año 2017, en la Universidad Nacional del Altiplano en Puno, previo a la obtención del título de la carrera de Ingeniero Mecánico Electricista, se planteó el tema “diseño e implementación de un sistema automatizado para riego tecnificado, basado en el balance de humedad de suelo”, este proyecto nos ayuda con un eficiente uso de agua, así como un óptimo balance de humedad y mejor producción en cuanto a los cultivos. [4]

En la ciudad de Guayaquil en el año 2015 se ejecutó el proyecto, “Diseño e implementación de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalámbrica para una finca”, este proyecto se enfoca en la nube de comunicación GSM, que nos facilita un rango de alcance bastante amplio, las mismas que mediante el sistema de riego se puede comprobar que funciona en tiempo real; los sensores de humedad funcionan de manera aceptable entregando valores muy aproximados a los que normalmente entregan los sensores de alta precisión. [5]

En el año 2015 en la ciudad San Juan de Pasto en Colombia se ejecutó el tema “Control Automático de un Sistema de Riego y Fertirriego”, previo a la obtención del título de Ingeniero Electrónico, este sistema automatizado propone la disminución de costos de mantenimiento y producción, además adicionalmente posee un protocolo de prueba para las electroválvulas y así evitar daños en el sistema de bombeo por activación de las bombas. Con este sistema se puede manejar varios cultivos independientes, en donde cada cultivo tiene sus parámetros de funcionamiento. [6]

En Chile (2017) el autor Juan Fernández, propone la instalación del sistema de control y automatización de riego, de LemSystem instalada en el fundo “El triángulo” en Cholqui, en este proyecto se pudo ver como resultado el mejoramiento de los parámetros productivos de todos los cultivos frutales ya que se aprovechó de una mejor manera el recurso hídrico y se pudo controlar la humedad que requieren las plántulas en dicho fundo. [7]

En la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo en Riobamba se propuso el tema “Diseño y construcción de un sistema de riego por aspersion en una parcela demostrativa”, en este proyecto se vio una mejora relativamente en los ciclos de riego de acuerdo al tipo de cultivo que existe, a diferencia de un controlador que realiza los riegos de manera periódica mediante una frecuencia fija, sin tomar en cuenta las necesidades de agua del cultivo. [8]

En el año 2016, en la Universidad Tecnológica de Pereira se planteó el tema, “Diseño de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura y humedad para un cultivo de invernadero”, este proyecto permite mantener en niveles óptimos los valores de humedad relativa dentro del invernadero, además de un buen funcionamiento de la estrategia de

comunicación, entre el sistema micro controlado y el servidor, permitiendo observar un correcto registro de los valores censados en la base de datos empleada. [9]

En el año 2015 el autor Eduardo Antonio Amaya, en la revista tecnológica con el tema, “Diseño e implementación de sistemas de riego automatizado en un invernadero de la Escuela Nacional de Agricultura, ENA”, considera que el prototipo instalado genera una mejor producción y mejor rentabilidad para el cultivo de vegetales de buena calidad, en razón de que el sistema de riego es autónomo, el agricultor puede dedicarse a otras labores productivas; el sistema diseñado será utilizado como equipo didáctico para la enseñanza, así como los agricultores de la zona aprenderán sobre técnicas de cultivos en invernaderos con sistemas de riego automatizados. [10]

En México (2016), se ejecutó el proyecto, “Sistema de Riego Automatizado en Tiempo Real con Balance Hídrico”, los resultados de la productividad del agua obtenidos, fueron inversamente proporcionales a los rendimientos en producción, se considera que estas diferencias pudieron haberse dado debido a frecuencias de riego, y a la cantidad de agua aplicada en cada uno de los eventos, ya que estos riegos se aplicaron en función a la respuesta de los dispositivos de control, para determinar el momento oportuno y la cantidad de agua para cada una de las estrategias de riego. [11]

En la ciudad de Pereira, los autores (Muñoz, et. 2011), nos muestran resultados de un proyecto que se mantiene en constante monitoreo de la humedad del suelo, permitiendo activar el sistema de riego de manera automática, de esta forma los investigadores no necesitan regar las plántulas manualmente, lo que evita que la planta pase más tiempo de lo requerido sin agua, además de que automáticamente se le proporciona la cantidad de agua necesaria evitando desperdicios del recurso hídrico. [12]

En Chile (2017), la revista de ingeniería chilena ejecuto el tema “Sistema web de bajo costo para monitorear y controlar un invernadero agrícola”, en este proyecto se realizaron diferentes pruebas al sistema: la del sistema y la de aceptación, como se describe, las tecnologías emergentes que componen el sistema funcionaron conjuntamente, los controladores y sensores se ajustaron a las necesidades requeridas, dado que se pudieron conectar y permitieron capturar las variables ambientales. [13]

En México, los autores (Espinoza, et. 2011), en su revista Mexicana de Ciencias Agrícolas, nos detallan la subdivisión de un sistema automático: la entrada, el control y la salida. En la primera parte en base a la información meteorológica obtenida se determina la evapotranspiración; en la segunda parte de igual manera a partir de la información meteorológica, se puede hacer un balance hídrico; y en la tercera parte se subdividió en una interfaz electrónica de comunicación, que se vincula con una interfaz de potencia, y un módem celular. [14]

En el año 2016, en la Universidad Autónoma del Estado de México se ejecutó el tema “Sistema autónomo de monitoreo y suministro de agua en plantas de ornato”, en este proyecto se realizaron diferentes pruebas al sistema de monitoreo, obteniendo como resultado, que el grado de humedad es variable dependiendo al tipo de cultivo y la temperatura del lugar en el que se encuentre, dado que a mayor temperatura ambiente el agua en el suelo se evapora más rápido, provocando un incremento en la falta de humedad, por lo tanto se da la necesidad de riego en un periodo más corto de tiempo. [15]

## **3.2 Marco Teórico**

### **3.2.1 Acometidas**

Se denomina acometida al punto de derivación, desde el sistema eléctrico de la empresa distribuidora hasta el medidor ubicado en la residencia, toda acometida está compuesta por conductores aislados que obligatoriamente pasan por un ducto, dependiendo de la clase de acometida adquirida ya sea aérea o subterránea. [2]

### **3.2.2 Conductores**

Los conductores utilizados en las acometidas monofásicas de 120 V y 240 V serán concéntricos, utilizando 2 para las fases y 1 para el neutro. Los 3 conductores serán de la misma sección y nivel de voltaje. Para este caso, es recomendable que el calibre de éstos conductores deba ser No. 4 (3 x #4) o No. 6 (3 x #6), generalmente. [16]

### 3.2.3 Caída de voltaje en acometidas

En los conductores de la acometida se producen caídas de voltaje, debido a la circulación de la corriente que se genera al poner en funcionamiento los aparatos y equipos eléctricos, esta pérdida de voltaje implica pérdida de energía. [17]

Para controlar en algo este fenómeno eléctrico, es necesario determinar un calibre adecuado para la acometida que se va a instalar. Es importante, establecer lo mejor posible el tipo de cliente que va a ser y categorizarlo de acuerdo a tablas predefinidas, se toma exactamente la longitud que tendrá la acometida (medida desde el poste más cercano hasta el lugar donde se instalará el medidor). [17]

### 3.2.4 Selección de conductores eléctricos

Las clases de conductores existentes se clasifican por el número de calibre que está regido por el sistema americano AWG (American Wire Gauge siglas en inglés). En la ocasión de poseer un área elevada se usa una unidad nombrada circular mil (área circular que tiene diámetro de milésimo de pulgada). [2]

En la Tabla 3.1 se detalla el área de los conductores con calibres AWG.

**Tabla 3. 1** Área de los conductores con calibres AWG

<b>Calibre (AWG)</b>	<b>Área (mm<sup>2</sup>)</b>
12	3,31
10	5,27
8	8,35
6	13,30
4	21,20
2	33,60
1/0	53,5
2/0	67,4
4/0	107

**Fuente:** [2]

### 3.2.5 Selección de calibre para la alimentación

Una vez recopilado la información de las bombas, sensores y todo el sistema en general, procedemos a calcular el calibre del conductor a instalarse para la alimentación como se muestra en la Tabla 3.3

Longitud de acometida "L" en pies para una caída de voltaje de 4% a 30°C.

Distancia = 300m

HP de motor 1 = 1Hp

HP de motor 2 = 1Hp

HP de motor 3 = 0,5Hp

V (L-L) = 230V

**Tabla 3. 2** Cálculo en Excel del conductor para la alimentación del sistema automatizado.

Calculations Based On Motor HP			
Input Data		Calculated Values	
Motor Voltage (V L-L)	230	Operating Current (A)	9,6
Motor HP	3,00	125% Current per NEC (A)	12,0
Cable Temperature Rating (°C)	90	"Zero Length" Cable Size	14 AWG
Ambient Temperature (°C)	26-30 (std)	Acceptable Voltage Drop (V)	5,31
Cable Length (ft)	1000	Recommended Cable Size	6 AWG
Acceptable Voltage Drop (%)	4,0%	Actual Voltage Drop (V)	4,32
		Actual Voltage Drop (%)	3,3%

**Fuente:** Autores

Fórmulas utilizadas en el cálculo según la caída de tensión.

$$\Delta U = \frac{Kv * L * Id * Cos\phi}{S}$$

**Donde:**

**S:** Sección del conductor (mm<sup>2</sup>).

**L:** Distancia hasta la carga (m).

**Ia:** Corriente de diseño del conductor (A).

**Cosφ:** Factor de potencia del motor.

$\% \Delta U$ : Caída de tensión en porcentaje.

**U**: Tensión nominal de la red de alimentación.

**Kv**: 0,0357 monofásico; 0,0309 trifásico.

Se toman en cuenta dos aspectos para la elección del calibre de un conductor:

- Disposición de conducción de la corriente: representa a la corriente más alta que puede soportar el conductor, considerando sus propiedades mecánicas.
- Caída de tensión: cálculo en el que se considera la cantidad de pérdidas que sufre un conductor dependiendo la longitud del mismo.

Además de tener en cuenta el aspecto para la elección de un conductor, el CEN recomienda tener en cuenta el mínimo calibre de conductor según su tensión nominal y tipo de instalación. [2]

### **3.2.6 Invernadero**

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada cubierta por materiales transparentes, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas fuera de estación en condiciones óptimas. [3]

Las ventajas del empleo de invernaderos son:

- Aumento en la calidad y el rendimiento.
- Producción fuera de época.
- Ahorro de agua y fertilizantes.
- Posibilidad de obtener más de un ciclo de cultivo al año.

Un invernadero inteligente puede mantener constantes la temperatura, humedad y otros factores ambientales para favorecer el cultivo, por tanto su finalidad es proporcionar unas condiciones ambientales que se aproximen a las óptimas, para un cultivo en las distintas fases de su desarrollo vegetativo, e incluso la obtención de producción en estaciones diferentes a las normales. [18]

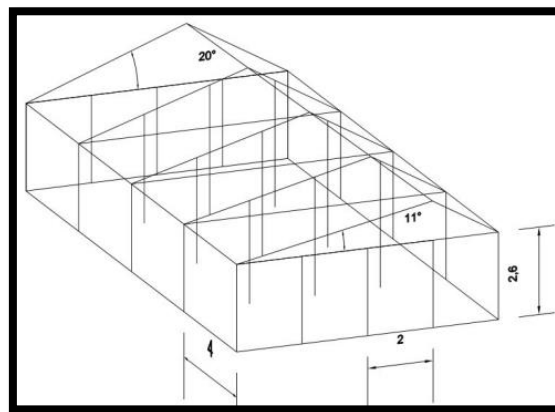
#### **3.2.6.1 Tipos de invernaderos**

Para la producción de cultivos intensivos bajo cubierta, existen diferentes tipos de invernaderos, los más frecuentes son de tipo: túnel, capilla, cercha, diente de sierra, asimétrico o tropical, el invernadero #2 ubicado en la Universidad Técnica de Cotopaxi

del Campus Salache, es de tipo asimétrico motivo por el cual detallaremos sus características a profundidad. [19]

### 3.2.6.1.1 Invernadero tipo asimétrico

Estos invernaderos se orientan en sentido este-oeste, paralelo al recorrido aparente del sol. La inclinación debe permitir que la radiación solar incida perpendicularmente sobre la cubierta, al mediodía solar durante el solsticio de invierno, época en la que el sol alcanza su punto más bajo. Este ángulo deberá ser próximo a  $60^\circ$  pero ocasiona grandes inconvenientes por la inestabilidad de la estructura a los fuertes vientos. Por ello se han tomado ángulos comprendidos entre los  $7^\circ$  y  $9^\circ$  en la cara sur y entre los  $15^\circ$  y  $23^\circ$  en la cara norte. [20]



**Figura 3. 1** Invernadero Asimétrico

**Fuente:** [21]

### 3.2.7 Humedad de un invernadero

La humedad es uno de los factores que influyen en el cultivo bajo invernadero; el aire del invernadero es enriquecido con el vapor del agua, debido a la evaporación que existe desde el suelo y por la transpiración de las plantas. [22]

La humedad de la mayoría de las plantas prefiere una humedad relativa que varíen entre el 45 % y el 60 %; cuando existen humedades altas favorecen la transmisión de enfermedades, en cambio los efectos de tener humedades bajas podrían secar la planta. [23]

Para poder evitar que exista humedad excesiva, se debe regar a una hora temprana por el día y solo cuando sea necesario, asegurándose de que se cuente con una buena ventilación

en el invernadero; si el grado de humedad es demasiado bajo se lo puede elevar mojando el suelo o vaporizando las plantas de una manera periódica. [24]

### **3.2.8 La Automatización**

Define la automatización como el conjunto de métodos y procedimientos para la sustitución del operario, en tareas físicas y mentales previamente programadas. De esta definición original se desprende el esclarecimiento de la automatización, como la aplicación al control de procesos industriales. [6]

En la actualidad la automatización es de gran ayuda en las pequeñas o grandes industrias, produciendo grandes avances en el campo de la industria dándole las facilidades a empresas u organizaciones, en el cumplimiento de diversas tareas permitiendo que sus producciones sean más eficientes y competitivas dentro del mercado. [6]

#### **3.2.8.1 Procesos de automatización**

Los procesos de automatización, se refieren a la sustitución de tareas tradicionalmente manuales, por las realizadas de manera automática por máquinas, robots o cualquier otro tipo de automatismo. [6]

#### **3.2.8.2 Parte Operativa**

Son los elementos (motores eléctricos, hidráulicos, neumáticos, electroválvulas, sensores de humedad, entre otros) que actúan de manera directa sobre la máquina, haciendo que se mueva o realice una acción determinada. [6]

#### **3.2.8.3 Parte De Mando**

Es un autómata programable que ordena o controla las tareas de la parte operativa, siendo capaz de comunicarse con todos los elementos de los que está formado el sistema automatizado. [6]

### **3.2.9 Sistemas de control**

Un sistema de control es un proceso productivo para la implementación de sistemas de automatización, la cual genera varias ventajas y beneficios de orden económico, social, y tecnológico frente al control manual de un proceso, que se hacen posibles mediante la introducción de sistemas de control. [7]

De los diferentes tipos de sistemas de control, se podría destacar; el control ON/OFF, el control proporcional-derivativo, el proporcional-integral y el Proporcional-Integral-Derivativo (PID), cada uno de ellos denominado así por las constantes de proporcionalidad que afecta de una cierta forma a una señal de entrada para entregar una señal de salida. [7]

### 3.2.10 Electroválvulas

La parte fundamental de la electroválvula es el electroimán, capaz de mover directamente el distribuidor.

Una electroválvula de mando indirecto funciona de la siguiente forma:

Cuando la bobina está bajo tensión, el núcleo es atraído, venciendo el esfuerzo del muelle. En este momento, el conducto de alimentación neumático (P) puede alimentar el elemento neumático (A) porque los pequeños émbolos distribuidores, pilotados a través del conducto derivación de P, cierran la utilización (B) y abren la (A), respectivamente. Al cesar la tensión, el muelle devuelve al núcleo a su posición de reposo, se purgan los émbolos por la salida superior y el orificio (A) es puesto a escape (R) mientras (S) es alimentado. [4]



**Figura 3. 2** Electroválvula

**Fuente:** [4]

### 3.2.11 Bomba de Riego

Las bombas de riego son herramientas que se encargan de suministrar el caudal necesario para realizar el riego de nuestros cultivos. Una de las características más interesante, es

que nos permite determinar con mucha precisión la presión a cuál queremos que lo haga circular por lo que el control es casi total.

Dependiendo de la fuente de energía que se vaya a usar se las puede clasificar en motobombas y electrobombas; siendo las electrobombas las de mayor preferencia debido a que son más económicas.

En base a la altura de aspiración podemos encontrar, bombas sumergibles que se usan en embalses y las no sumergibles, que se las puede instalar en la superficie del terreno donde la altura de aspiración es baja o casi no existe. [26]



**Figura 3. 3** Bomba de agua de 1HP

**Fuente:** [27]

### **3.2.12 Breaker o Interruptor Automático**

Es un mecanismo encargado de proteger a la instalación y al motor, contra sobrecargas y cortocircuitos que tiene la capacidad de actuar cuando se detecta una falla sin dañarse, lo cual permite inmediatamente su restablecimiento. [28]



**Figura 3. 4** Interruptor automático de 1 polo

**Fuente:** [28]

### 3.2.13 Contactor

Es un mecanismo encargado de cerrar los contactos, para poder permitir la circulación de la corriente a través de ellos, esto se produce cuando la bobina del contactor recibe corriente eléctrica, comportándose como un electroimán. [29]



**Figura 3. 5** Contactor GM32

**Fuente:** [29]

### 3.2.14 Relé Térmico

Es un mecanismo encargado de la protección de las bombas; la misión del relé térmico es la de desconectar el circuito, cuando la intensidad que sea consumida por las bombas excede durante un tiempo corto a la permitida, por este evitando así que el bobinado se queme. [30]



**Figura 3. 6** Relé térmico.

**Fuente:** [30]

### 3.2.15 Sensor de Humedad

Son dispositivos empleados en sistemas de riego automáticos, debido a que permite controlar desde el sistema la humedad del suelo, permitiendo establecer el momento exacto en que el cultivo necesite agua, y a su vez permite que los niveles de agua excedan sobre el cultivo, los sensores de humedad constan de un par de electrodos de alta resistencia a la corrosión, que se encuentran colocados en una matriz granular. [31]



**Figura 3. 7** Sensor de humedad RS485.

**Fuente:** [32]

### 3.2.16 Luces Pilotos

Son dispositivos ópticos de baja potencia, que tienen como objetivo indicar al operador que se tiene en funcionamiento un equipo ya sea bomba y falla o que este apagado un equipo. [32]



**Figura 3. 8** Luces piloto

**Fuente:** [32]

### 3.2.17 Paro de Emergencia

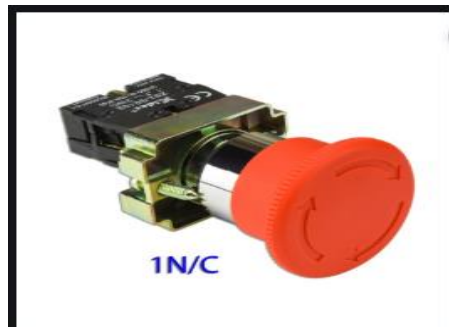
Son dispositivos que tienen como función esencial de interrumpir, en caso de que exista peligro en el funcionamiento de la maquina lo más rápido posible. Se instalará en las maquinas previéndose para este fin dos posibilidades:

- Un interruptor accionado manual o eléctricamente, situado en la línea de alimentación de la máquina.
- Un auxiliar de mando dispuesto en el circuito auxiliar de modo que, al ser accionado, todos los circuitos que pueden originar peligro queden desconectados.

El paro de emergencia debe cumplir las siguientes características:

- Ser visible y fácilmente accesible
- Ser capaz de cortar la corriente máxima del motor de mayor potencia
- Podrá ser accionado manualmente y será enclavable en la posición de abierto.

[33]



**Figura 3. 9** Pulsador paro de emergencia.

**Fuente:** [33]

### 3.2.18 Fuente de Alimentación

Son dispositivos que gracias a la forma de su carcasa, son especialmente idóneos para la instalación en pequeñas cajas de distribución eléctrica. Esta fuente es idónea para alimentar a una pantalla touch; Tienen un rango de temperatura extendido de -25 °C a +70 °C, permiten ampliar el campo de aplicación. [34]

Características esenciales del producto:

- 24 V DC / 0,6 A; 1,3 A; 2,5 A y 4,0 A.

- Flexibilidad de montaje: fijación sobre perfil DIN o pared en diversas posiciones.
- Gran eficiencia energética: hasta un 90 % de rendimiento en todo el rango de carga, así como pérdidas en vacío inferiores a 0,3 W.
- Monitor de intensidad integrado: permite medir la intensidad de salida actual directamente en la fuente.



**Figura 3. 10** Fuente de alimentación.

**Fuente:** [34]

### **3.2.19 Ingeniería de Software**

La ingeniería de software surge de la ingeniería de sistemas y de hardware. Abarca un conjunto de elementos que facilitan el control sobre el proceso de desarrollo de software, y suministran las bases para construir software de calidad de una forma productiva:

La ingeniería de software es el establecimiento y uso de principios fundamentales de la ingeniería, con objeto de desarrollar en forma económica software que sea confiable y que trabaje con eficiencia en máquinas reales. [5]

### **3.2.20 Sistema Micro controlador**

Un micro controlador (Microcontroller), es un circuito integrado digital monolítico, que contiene todos los elementos de un procesador digital secuencial síncrono programable de arquitectura Harvard o Princeton. [9]

Por su pequeño tamaño, los microcontroladores permiten empotrar un procesador programable en muchos productos industriales. Su coste reducido y su consumo de energía y velocidad adaptables, resultan apropiados para numerosas aplicaciones. Además, poseen mecanismos de seguridad de funcionamiento (Safety) y proporcionan protección del equipo electrónico contra copias y modificaciones del programa no autorizadas (Security). [9]

### 3.2.21 PLC (Controlador Lógico Programable)

Es un Instrumento electrónico, que utiliza memoria programable para guardar instrucciones sobre la implementación de determinadas funciones, como operaciones lógicas, secuencias de acciones, especificaciones temporales, contadores y cálculos para el control mediante módulos de E/S analógicos o digitales sobre diferentes tipos de máquinas y de procesos. [12]

El campo de aplicación de los PLCs es muy diverso e incluye diversos tipos de industrias, así como de maquinaria. A diferencia de las computadoras de propósito general, el PLC está diseñado para múltiples señales de entrada y salida, amplios rangos de temperatura, inmunidad al ruido eléctrico y resistencia a la vibración y al impacto. [12]



**Figura 3. 11** PLC AC/DC/RELAY CPU 1214C DC/DC/DC

**Fuente:** [34]

#### 3.2.21.1 Tipos de PLC

Considera que, debido a la gran variedad de tipos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en el número de E/S, en su tamaño de memoria, en su aspecto físico y otros, es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías. [12]

- PLC compactos
- PLC modular
- PLC de tipo montaje en rack
- PLC con panel Operador y Controlador Lógico Programable (OPLC)

### **3.2.21.1.1 PLC compactos**

Son aquellos que incorporan CPU, PS, módulos de entrada y salida en un único paquete. A menudo existe un número fijo de E/S's digitales (no mayor a 30), una o dos canales de comunicación (para programar el PLC y la conexión de los buses de campo) y HMI. Además, puede haber una entrada para el contador de alta velocidad y una o dos E/S's analógicas. Para aumentar el número de las E/S's de una PLC compacta individual se incrementa los módulos que pueden ser conectados. Estos se colocan en un paquete, similar al del mismo PLC. Estos PLC's de tipo compacto se utilizan en automoción como substitutos de los relés. [12]

### **3.2.21.1.2 PLC modular**

El tipo de PLC más potente y tiene más funciones que los PLC compactos. La CPU, SM, CP y otros módulos se encuentran generalmente en paquetes separados en un riel DIN o en un riel con una forma especial, y que se comunica con la CPU a través de un sistema bus. Tiene un número limitado de lugares para los módulos, pero en la mayoría de los casos, este puede aumentarse. Además, los PLC modulares pueden utilizar un elevado número de entradas/salidas, pueden soportar programas más grandes, guardar más datos y operar bajo el modo de multitarea. Normalmente se utilizan para el control, regulación, posicionamiento, procesamiento de datos, manipulación, comunicación, monitorización, servicios-web. [12]

### **3.2.21.1.3 PLC de tipo montaje en rack**

Son aquellos que prácticamente tienen las mismas capacidades y funciones que el PLC modular. Sin embargo, existen algunas diferencias en el bus o en el rack dónde se colocan los módulos del PLC. El rack contiene ranuras para los módulos y un sistema de bus integrado para intercambiar información entre los diferentes módulos. La mayoría de los módulos PLC no tienen sus propias cajas, disponen solamente de un panel frontal con una interfaz-HIM. La ventaja principal es que pueden permitir un intercambio más rápido de los datos entre los módulos y el tiempo de reacción por parte de los módulos es menor. [12]

### 3.2.21.1.4 PLC con panel Operador y Controlador Lógico Programable (OPLC)

El PLC posee una interfaz HMI, para su funcionamiento y una monitorización de los procesos automáticos y las máquinas. La HMI consiste principalmente en un monitor y un teclado o una pantalla táctil. El monitor puede ser bien de tipo texto o gráfico. La ventaja principal de este sistema respecto a un PLC con un panel operador aparte, es que no es necesario programar el panel de forma separada. Toda la programación se realiza por medio de una herramienta software, lo que permite economizar los gastos del desarrollo del sistema. [12]

### 3.2.22 Pantalla SIMATIC HMI KTP 400

Los Basic Panels o KTP400 tiene funciones HMI básicas para máquinas y aplicaciones pequeñas. Esta familia comprende paneles con pantalla panorámica de alta resolución de 4", 7", 9" y 12" y manejo combinado con teclas y superficie táctil. Se puede elegir variantes para la conexión a PROFINET/Ethernet o variantes para PROFIBUS DP/MPI. Paralelamente a los Basic Panels de 2<sup>da</sup> generación se siguen ofertando los dispositivos de 1<sup>ra</sup> generación. [35]



**Figura 3. 12** Pantalla simatic hmi ktp400

**Fuente:** [36]

### 3.2.22.1 Características de la pantalla HMI KTP400 4"

La pantalla HMI KTP-400 4" Simatic, utilizada en el proyecto para poder realizar la operación y visualización de los datos que se obtiene mediante los sensores de humedad, tiene las siguientes características descritas en la Tabla 3.3

**Tabla 3. 3** Características de la pantalla HMI KTP400 4"

CARACTERÍSTICAS	PANTALLA HMI KTP400 4"
Pantalla	Pantalla TFT de 4,3" (Resolución de 480 x 272, 64.000 colores)
Tipo	Pantalla táctil con 4 teclas de función táctiles programables
Interfaz	1 interfaz Ethernet
Puertos	1 puerto USB
Dimensiones	141 x 116 x 41 mm (An x Pr x Al)
Tensión de alimentación	24 V DC

## 4 MARCO METODOLÓGICO

### 4.1 Tipo de investigación

#### 4.1.1 Investigación exploratoria

A partir de una información inicial continuamos con la investigación, realizando una visita general al lugar donde se va a implementar la propuesta tecnológica, de esta forma se pudo verificar las dimensiones de cada uno de las cuatro secciones del invernadero, también se pudo comprobar la ubicación de los parámetros físicos, los sistemas electrónicos, sistemas eléctricos y los sistemas de control como la humedad ya instalados pero no en correcto funcionamiento, lo que conlleva problemas a resolver durante la ejecución del proyecto.

#### 4.1.2 Investigación descriptiva

En este tipo de investigación describimos lo que se planea hacer con el proyecto, se configurarán los sistemas a controlar de forma remota el cual es la humedad del

invernadero, y además se establecerán indicadores de funcionamiento, principalmente el nivel de humedad en las cuatro secciones, el cual se llevará a cabo a través de los sensores controlados mediante el software TIA PORTAL.

#### **4.1.3 Investigación de campo**

Mediante este tipo de investigación, recolectamos información referente al lugar donde se encuentra el problema, este proyecto se ejecutará en el invernadero #2 del Centro Experimental Salache, en la Universidad Técnica de Cotopaxi, donde se encuentran instalado los equipos a controlar y monitorear remotamente.

#### **4.1.4 Investigación experimental**

Consiste en controlar la humedad, mediante la recopilación de datos por medio de los sensores de cada una de las secciones en el invernadero #2, lo que dará lugar al control automático y manual en el software TIA PORTAL de estas variables climatológicas.

### **4.2 Métodos de investigación**

#### **4.2.1 Método analítico**

Mediante este método podemos conocer a profundidad el objeto de estudio, es decir, conoceremos cada fase de desarrollo del proyecto, esto nos permite separar estructuralmente cada una de las partes de los componentes, permitiéndonos el análisis del diseño y comunicación con los equipos que se controlarán en el sistema.

#### **4.2.2 Método de la medición**

En este método se obtienen los datos técnicos del nivel de humedad de cada uno de las secciones, mediante la utilización del sensor específico para la variable de operación en el sistema.

### **4.3 Técnicas e instrumentación**

Para realizar la simulación del modelo se utilizará el software TIA PORTAL V14, de esta forma podemos controlar a los sensores y las bombas conectadas al sistema, para realizar el control de humedad y riego de manera manual o automática.

### **4.3.1 Comunicación punto a punto**

Se utilizará un canal de datos, para la comunicación entre el PLC S7 1200 con el servidor OPC encargado de comunicarse con el software TIA PORTAL V14, para de esta manera controlar el sistema en la pantalla SIMATIC HMI.

### **4.3.2 Software Siemens Tía Portal V14**

Este software nos facilita la programación para el control automático, mediante una base de datos obtenidos a través de los componentes conectados al PLC S7 1200, esto servirá para el análisis de las variables de humedad en el invernadero #2.

### **4.3.3 Interfaz gráfica (HMI)**

En esta interfaz podemos visualizar las variables de humedad obtenidas, mediante sensores conectados en el sistema de riego del invernadero #2, permitiéndonos el control y monitoreo del sistema.

### **4.3.4 FDR RS485 Sensor de humedad del suelo agrícola 3 en 1**

Es el encargado de enviar las variables de humedad en el invernadero al PLC, y de esta manera realizar la acción de apertura o cierre del recurso hídrico. Este sensor tiene una alta sensibilidad y un rendimiento estable para monitoreo de la humedad del suelo, experimentos científicos, de ahorro de agua de riego, invernaderos, flores, hortalizas, praderas de césped, prueba rápida de los suelos, plantas de la cultura, el tratamiento de aguas residuales, la agricultura de precisión y en otras ocasiones.

### **4.3.5 Medidor de humedad**

Es un artefacto con un electrodo sensible que mide valores de ph de 3.5 a 8, y la humedad del suelo de 0 a 100%. No requiere pilas o ningún producto químico. Múltiples lecturas se pueden tomar fácilmente en una gran superficie. 6-1/2" l.

## **5 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS**

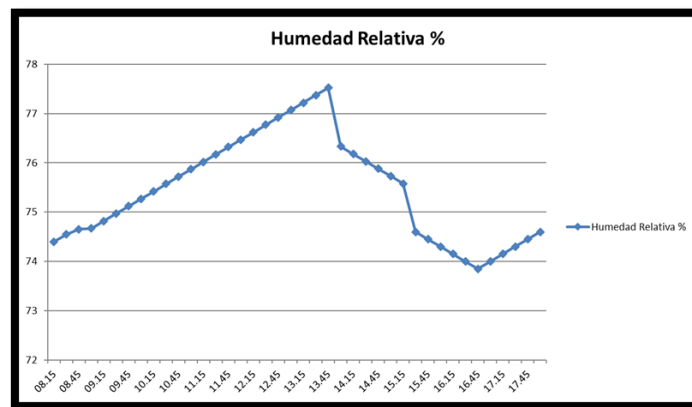
Para la ejecución de este proyecto se ha seleccionado el sensor de humedad modelo FDR RS485, este sensor de humedad ha sido seleccionado entre los sensores que pertenecen a la nueva generación con un consumo de energía increíblemente bajo, además de sus características de alta precisión y sensibilidad, este sensor monitorea la humedad

mediante 3 agujas de acero inoxidable de alta calidad, puede soportar una solución de larga duración y es más resistente al pH del suelo.



**Figura 5. 1** Sensor de Humedad RS485

El sistema anterior cuenta con un sensor de humedad modelo MD510SM Watermark, el cual ha registrado valores de humedad con respecto al tiempo, que se puede observar en el anexo Anexo I.2. Esta variación de humedad nos da como resultado la curva de una sola sección en el invernadero fig 5.2, dejando las demás secciones sin monitoreo automático, por este motivo decidimos mejorar el sistema para las 4 secciones requeridas en dicha instalación.



**Figura 5. 2** Curva humedad vs tiempo, sistema anterior.

### 5.1 Ubicación

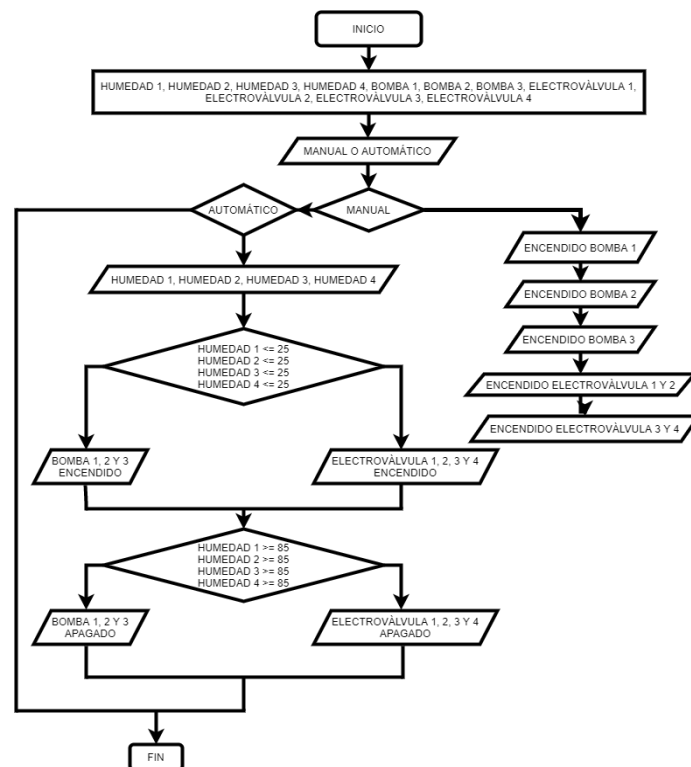
El invernadero al cual va destinado el proyecto se encuentra en la provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, en la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus Salache, perteneciente a la carrera de Ingeniería Agronómica.



**Figura 5. 3** Invernadero del campus Salache de la U.T.C.

### 5.2 Diagrama general del sistema de riego y control de humedad

Previo al presente proyecto tenemos un diagrama de bloques de un sistema anterior, Anexo I.1, el cual requiere un mejoramiento para una función óptima en todo el invernadero. El sistema de riego y control de humedad en ejecución para el mejoramiento, hace uso de sensores RS485 que entregan una señal de corriente hacia el PLC S7 1200, esta señal es enviada hasta el software Tia Portal V14, y dependiendo del rango en el que se encuentre la variable obtenida, se encarga de aplicar la función definida de apertura o cierre del recurso hídrico, fig 5.4.



**Figura 5. 4** Diagrama general del sistema de riego y control de humedad.

### 5.3 Sensor de Humedad del Suelo RS485 OUTPUTING FDR

El sensor utilizado en el proyecto tiene una alta precisión y alta sensibilidad, adecuado para el monitoreo en: experimentos científicos, riego por ahorro de agua, flores, verduras, pastos de hierba, pruebas rápidas de suelo, cultivo de plantas, control de invernadero, agricultura de precisión y entre otros etc.

**Tabla 5. 1** Especificaciones técnicas del sensor.

<b>Sensor de Humedad del Suelo RS485 OUTPUTING FDR</b>	
Marca	BONAD
Número de Modelo	BND-MS10
Tipo de salida de señal	Digital
Clasificación IP	IP65
Medición de humedad	0-100% ajustable
Medición de precisión	± 0,5 °C
Modo de salida	0-2V 4-20 mA
Voltaje de la fuente de alimentación.	5-30VDC/DC12-30VDC/DC
Tiempo de respuesta	<1 segundos
Cable	2m
Longitud de la sonda	70mm
Método de operación	Capacitiva
Rango de medida de temperatura.	-40 °C ~ 80 °C

#### 5.3.1 Características del sensor

- Este sensor de humedad pertenece a la nueva generación con un consumo energético increíblemente bajo, de una fácil instalación, operación y mantenimiento.
- Tiene 3 agujas de acero inoxidable de alta calidad, puede soportar una solución de larga duración, más resistente al pH del suelo y a la corrosión de la sal.

- Según las pruebas realizadas este sensor tiene una alta precisión, rendimiento fiable, es menos afectado por la salinidad del suelo y adecuado para una variedad de suelos.

### 5.3.2 Función de cada terminal en el sensor

Longitud del Cable: 2m (se puede personalizar)

Amarillo: la comunicación

Café: la humedad de salida

Azul: salida de temperatura

Negro: tierra

Rojo: principal

### 5.4 Calibración del sensor de humedad para el sistema

Los sensores de humedad necesitan de una previa calibración en su configuración para el funcionamiento adecuado al momento de registrar las variables de humedad.

Para esto se ha hecho uso de un “medidor Ph – humedad”, el cual nos muestra la humedad instantáneamente sin necesidad de una programación previa, Anexo I.12.



Figura 5. 5 Medidor Ph – humedad

## 5.5 Rango de la humedad

Para realizar la prueba de funcionamiento, hemos tomado como referencia los siguientes valores en cuanto al porcentaje mínimo y máximo permitidos, el valor máximo permitido será de 85 % de humedad y el 25 % es prácticamente nula para este caso. Anexo III.2



Figura 5. 6 Rangos de humedad.

En este caso, se ha podido observar que el límite máximo de humedad permitido, es sobrepasado debido a que las variables siguen en aumento, aun después de realizar la detención de las bombas conectadas al sistema, Anexo III.2. Esto ocasiona problemas en el rango de humedad que necesitamos dentro de cada sección.

Para dar solución a este problema, hemos registrado la cantidad del porcentaje que sobrepasa el límite máximo después de realizar la detención de las bombas obteniendo las siguientes gráficas.

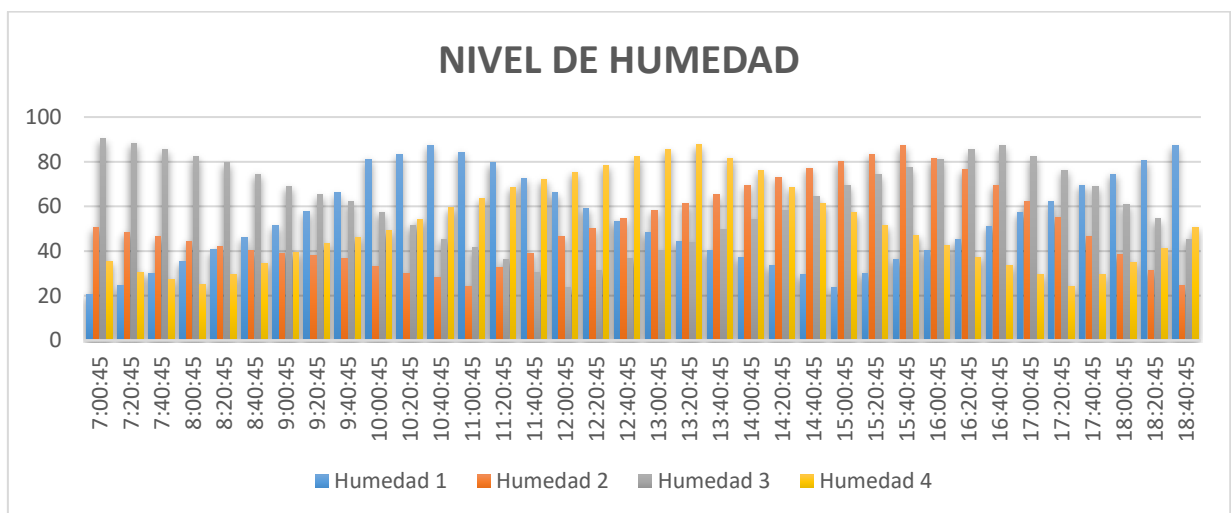
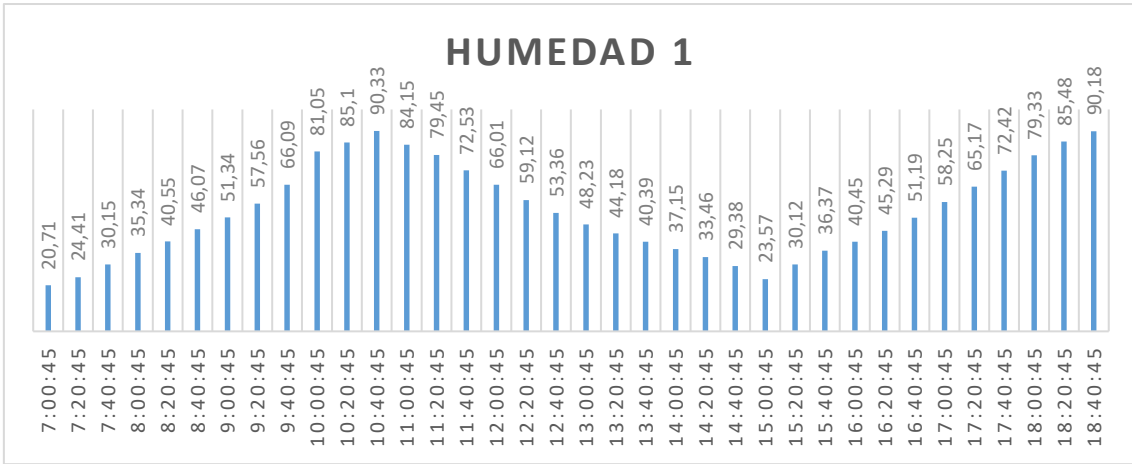
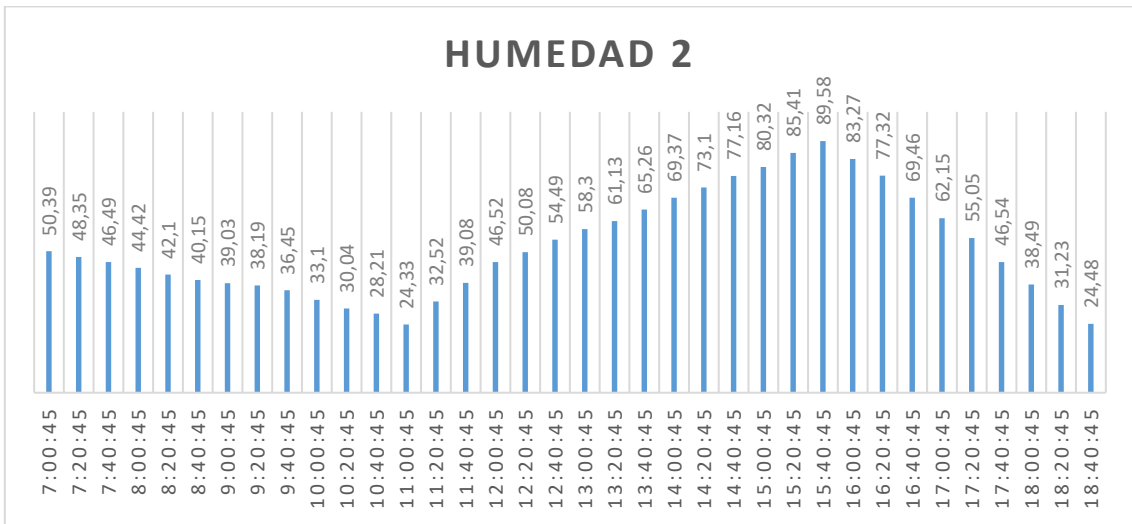


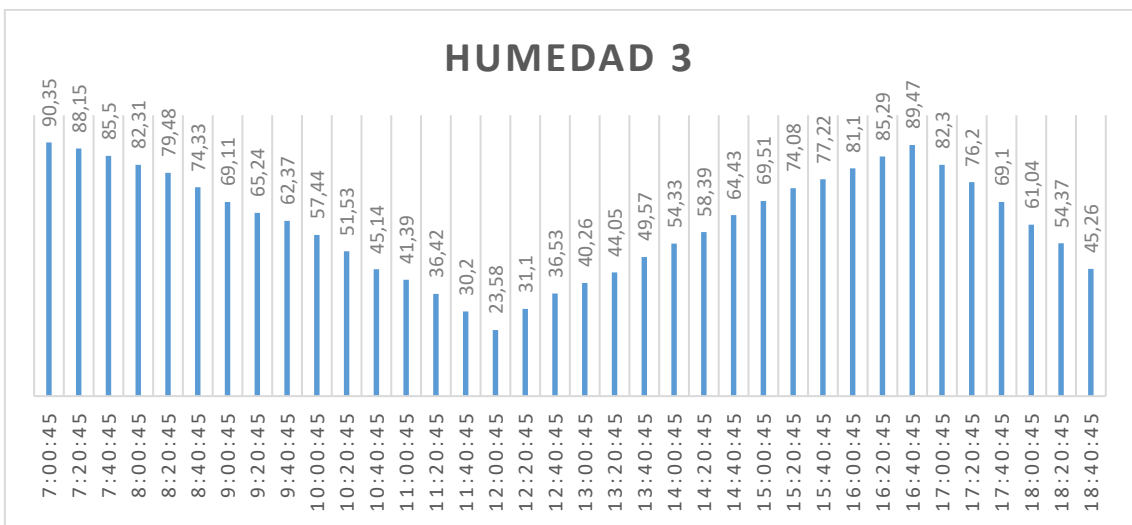
Figura 5. 7 Curvas de humedad.



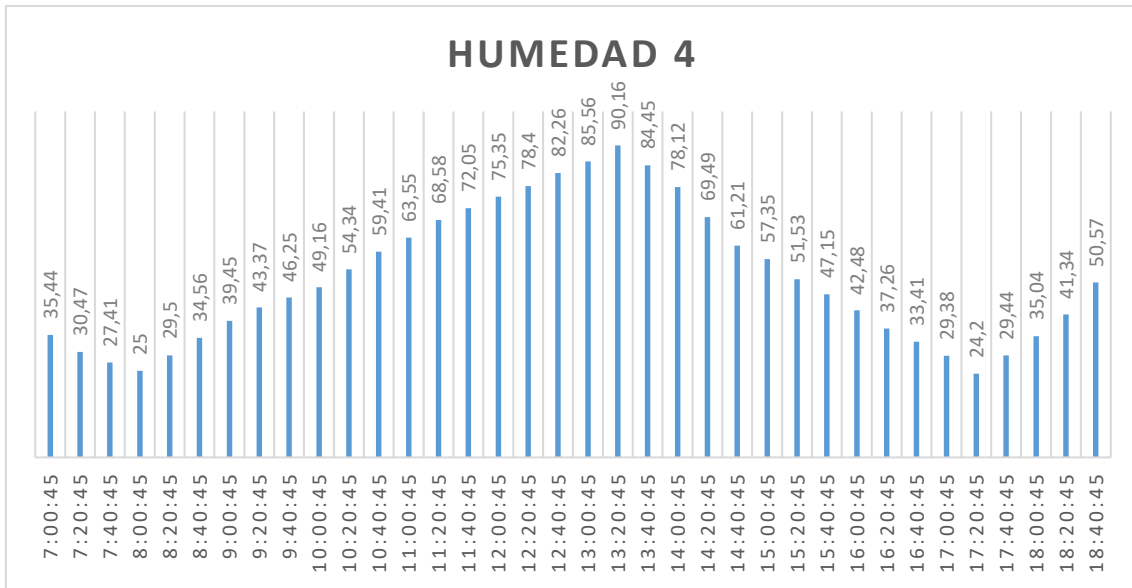
**Figura 5. 8** Curvas de humedad individual.



**Figura 5. 9** Curvas de humedad individual.



**Figura 5. 10** Curvas de humedad individual.



**Figura 5. 11** Curvas de humedad individual.

En las pruebas realizadas para el registro de las variables de humedad, Anexo III.2, se obtuvieron los siguientes porcentajes, que exceden el valor máximo de humedad respecto al tiempo.

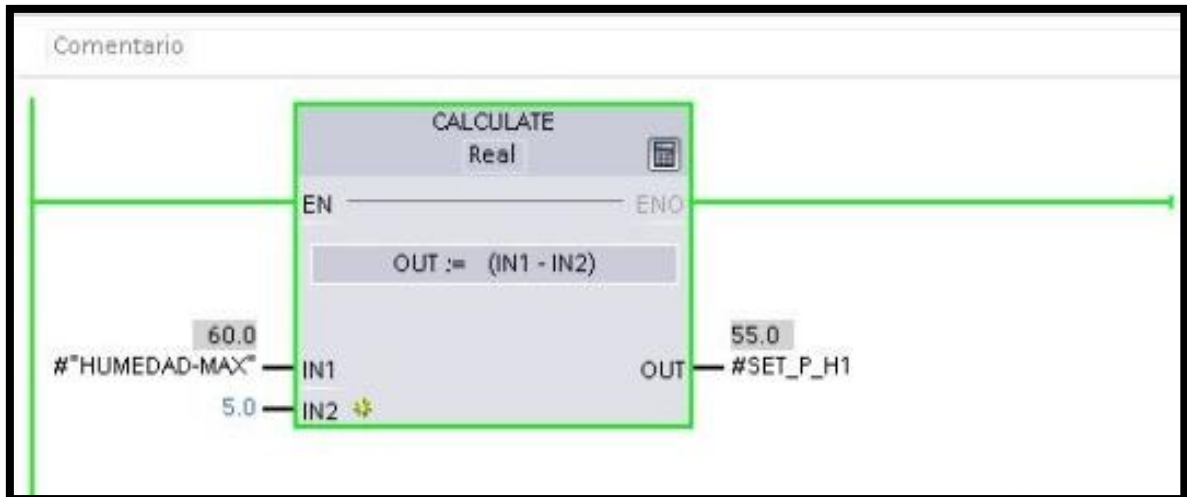
**Tabla 5.2** Variación de humedad obtenido en los ensayos.

ENSAYO 1		ENSAYO 2	
Tiempo	Humedad	Tiempo	Humedad
10:00:45	81,05	15:00:45	80,32
10:20:45	85,1	15:20:45	85,41
10:40:45	90,33	15:40:45	89,58
11:00:45	84,15	16:00:45	83,27
ENSAYO 3		ENSAYO 4	
Tiempo	Humedad	Tiempo	Humedad
16:00:45	81,1	12:40:45	82,26
16:20:45	85,29	13:00:45	85,56
16:40:45	89,47	13:20:45	90,16
17:00:45	82,3	13:40:45	84,45

**Tabla 5.3** Promedio de variación de humedad.

PROMEDIO - RANGOS MAX	
ENSAYO 1	5,33
ENSAYO 2	4,58
ENSAYO 3	4,47
ENSAYO 4	5,16
<b>Resultado</b>	<b>4,9</b>

El rango máximo de variación, está entre un **4,47%** y **5,33%**, después de realizar el paro automático de los motores. Se ha tomado como valor promedio aproximado el **5%**, este será el valor que vamos a restar del rango máximo de humedad, para detener de forma automática las bombas y obtener el porcentaje de humedad requerido, con un rango de error mínimo que no afectara a los cultivos ubicados en las secciones del invernadero.



**Figura 5. 12** Función de tolerancia de humedad.

Se ha colocado en los sensores 50 metros de cable para un nuevo registro de datos, con rangos de humedad establecidos entre un 30% como mínimo permitido y del 60% como el valor máximo, la distancia no afecta al tiempo de respuesta del sensor de corriente, ya que puede realizar su trabajo sin ningún tipo de dificultad, hasta una distancia aproximada de 2 Km.

En este caso se ha modificado la programación para que las bombas se detengan antes de cualquier rango que se defina como máximo, (-5%) obteniendo los siguientes resultados.

Anexo III.9

**Tabla 5.4** Variación de humedad obtenido en los ensayos.

<b>ENSAYO 1</b>		<b>ENSAYO 2</b>	
<b>Tiempo</b>	<b>Humedad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Humedad</b>
16:20:45	55,04	9:40:45	55
16:40:45	59,25	10:00:45	59,16
17:00:45	58,12	10:20:45	57,14
17:20:45	56,54	10:40:45	54,24
<b>ENSAYO 3</b>		<b>ENSAYO 4</b>	
<b>Tiempo</b>	<b>Humedad</b>	<b>Tiempo</b>	<b>Humedad</b>
13:00:45	55,17	13:00:45	55,45
13:20:45	59,03	13:20:45	59,16
13:40:45	58,24	13:40:45	57,38
14:00:45	57,35	14:00:45	56,24

A diferencia de la primera prueba de funcionamiento y el registro de datos se ha reducido el error de variación de humedad de **5%** a un **0,85%**, lo que es un error mínimo de variación de la humedad máxima requerida y esto no afectaría al desarrollo de los cultivos.

**Tabla 5.5** Rango de variación promedio.

<b>PROMEDIO - RANGOS MAX</b>	
<b>ENSAYO 1</b>	0,75
<b>ENSAYO 2</b>	0,84
<b>ENSAYO 3</b>	0,97
<b>ENSAYO 4</b>	0,84
<b>Resultado</b>	<b>0,85</b>

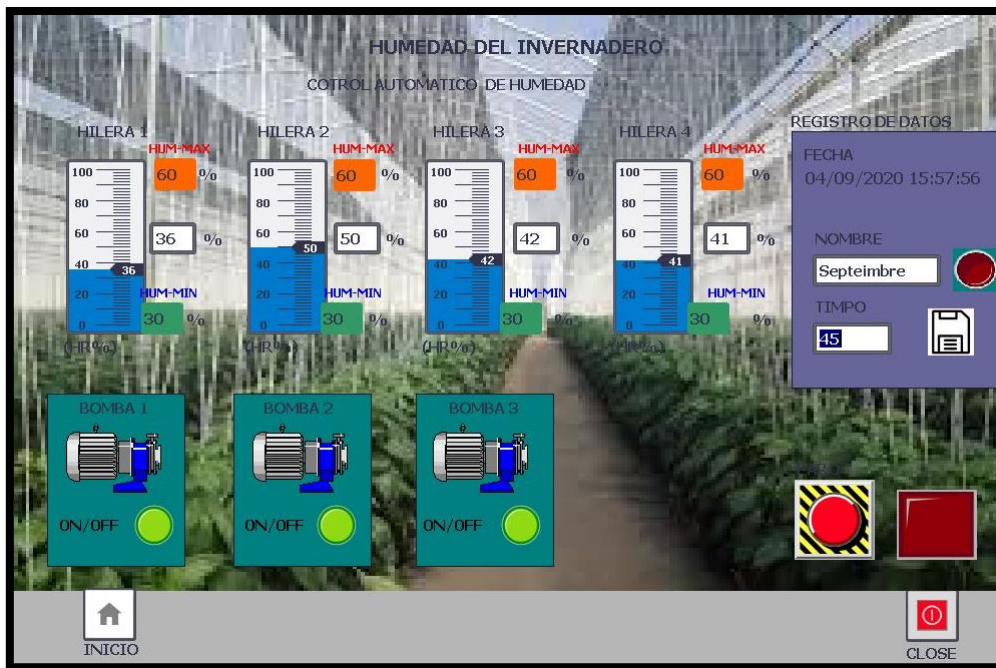


Figura 5. 13 Pantalla de control automático.

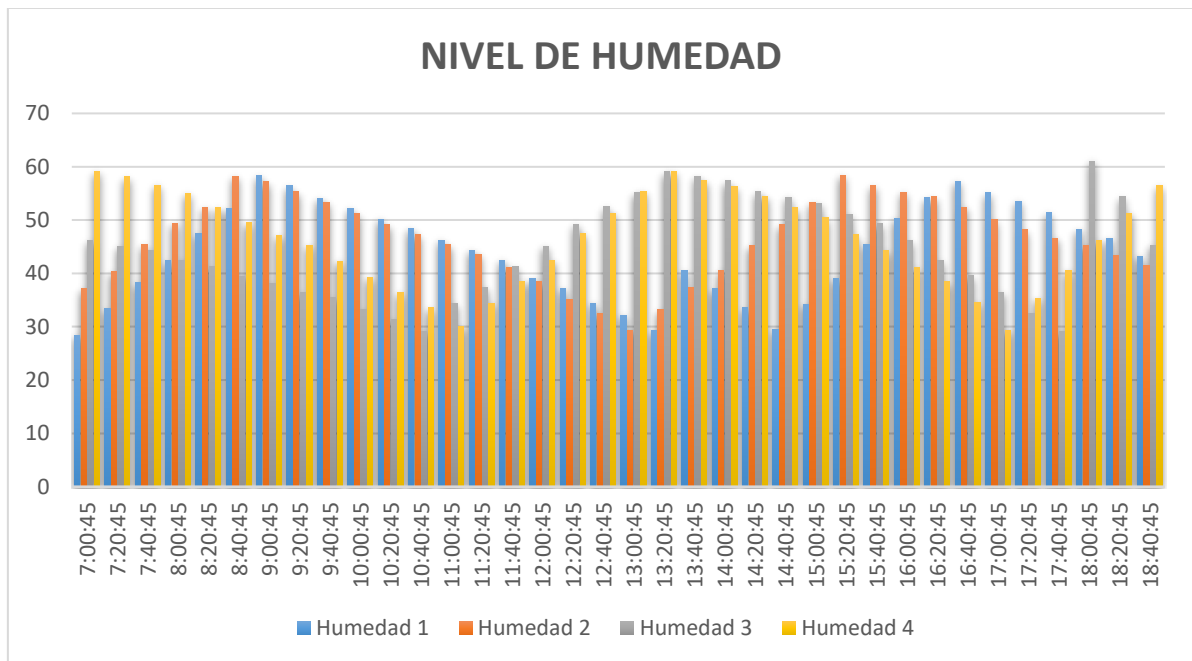
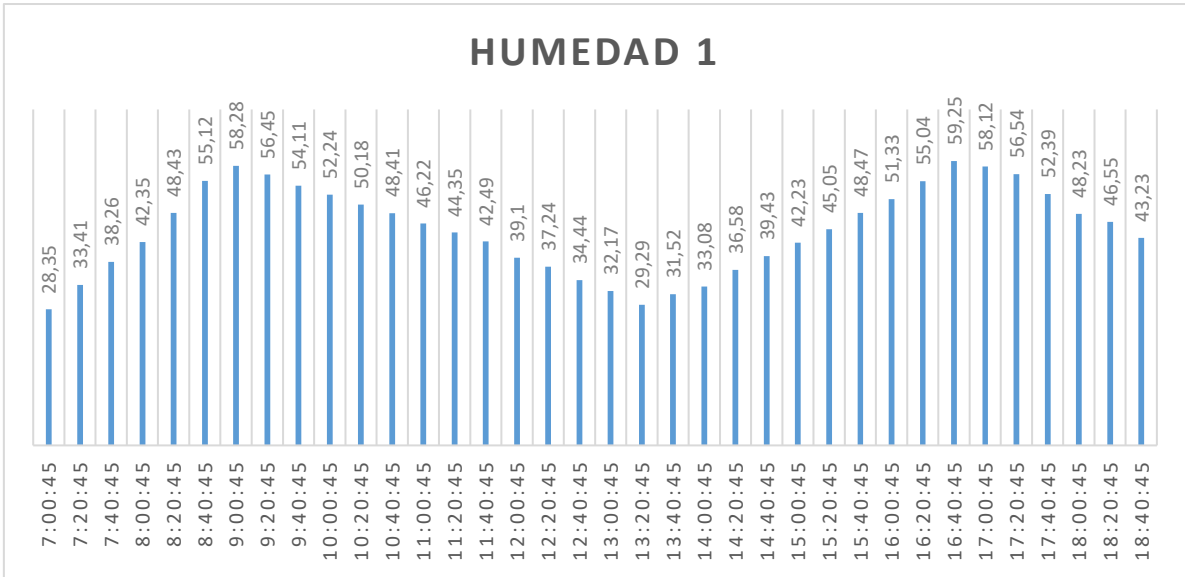
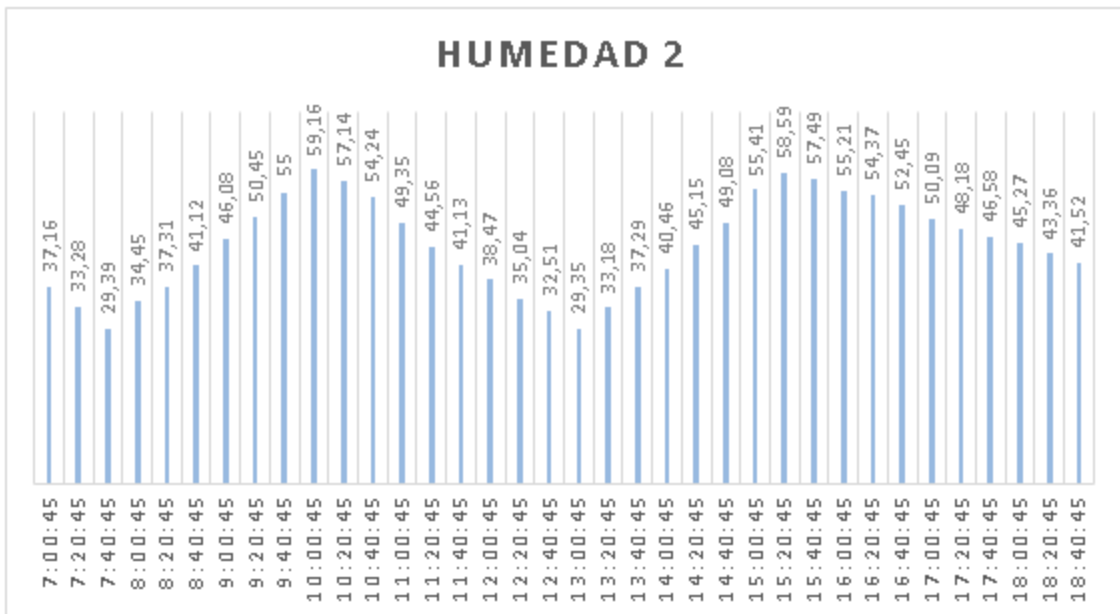


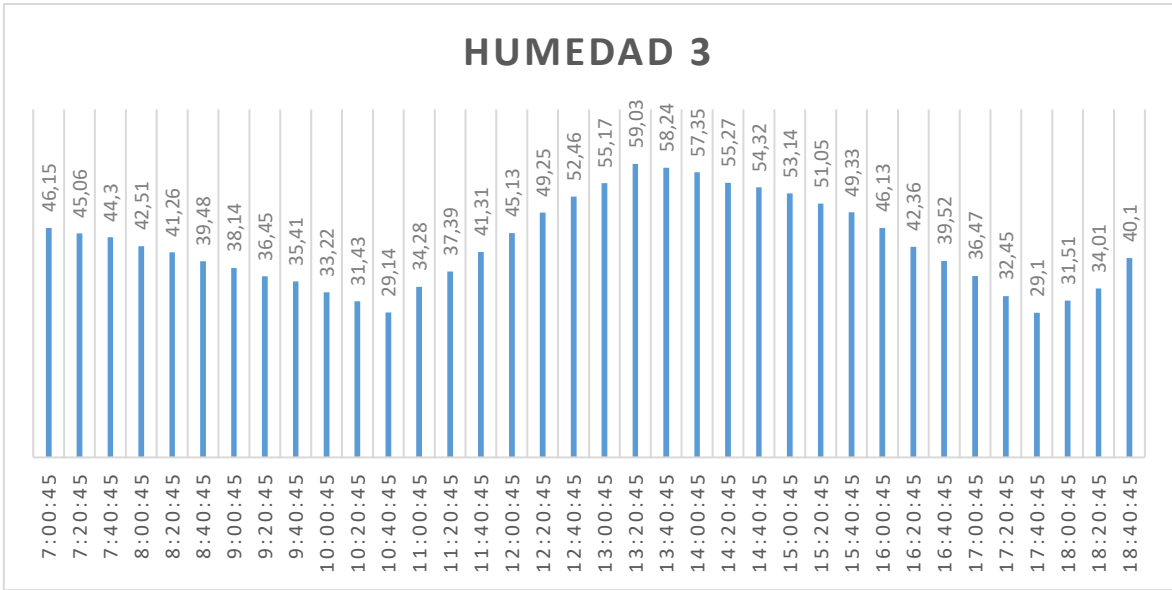
Figura 5. 14 Curvas de humedad.



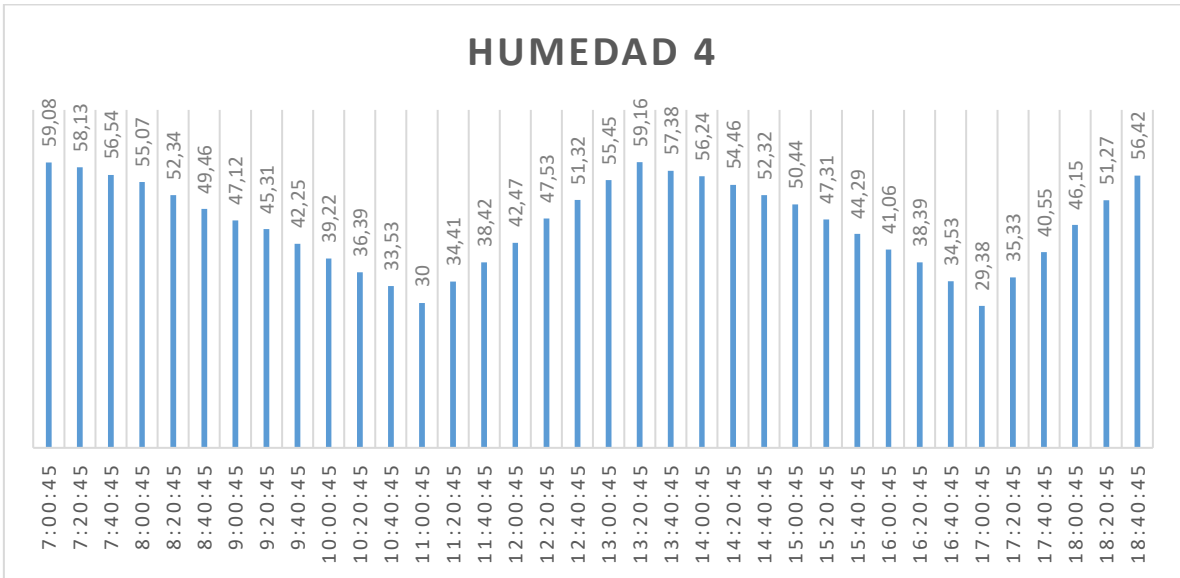
**Figura 5. 15** Curvas de humedad individual.



**Figura 5. 16** Curvas de humedad individual.



**Figura 5. 17** Curvas de humedad individual.

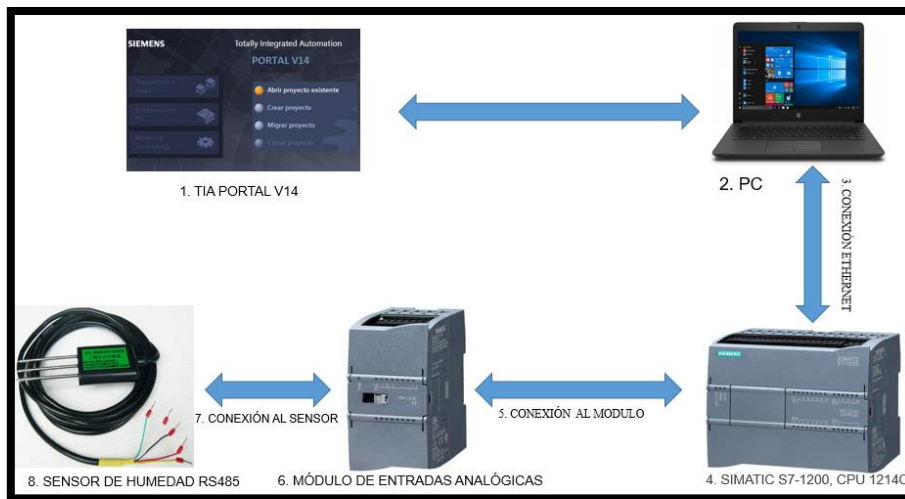


**Figura 5. 18** Curvas de humedad individual.

De esta manera se ha logrado obtener los rangos de humedad necesarios, sin exceder el valor máximo definido para cada sección y cada tipo de cultivo que se encuentre en el mismo.

### 5.6 Estructura de la comunicación del sistema

La comunicación del sistema está realizada mediante un canal de datos, este usa direcciones IP enlazada entre la computadora y el PLC 1214 DC/DC/DC, para de esta manera controlar todas las funciones que se desea realizar mediante el software TIA PORTAL V14.



**Figura 5. 19** Estructura de la comunicación del sistema.

En cuanto a los sensores de humedad están conectados mediante un módulo de estradas y salidas analógicas hacia el PLC, el cual se encarga de enviar la señal con las variables de humedad hacia la PC que contiene el software controlador, donde se almacena los datos y es el centro de operación de todo el sistema.

### 5.7 Selección del PLC

El proyecto se realizó con un PLC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/DC el cual está controlado mediante el software de ingeniería TIA PORTAL V14 SIEMENS, este PLC cuenta con las siguientes características:

**Tabla 5. 6** Datos del PLC

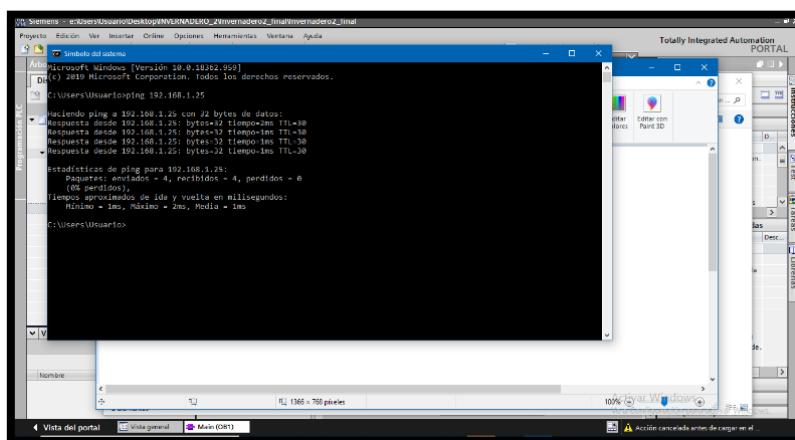
<b>SIMATIC S7-1200 CPU 1214C</b>	
Modelo	14ED/10SD/2EA.
E/S Integradas	14 DI 24V DC, 10 DO 24 V DC, 2 AI 0 - 10V DC
Memoria de Programa	75 KB
Tipo de interfaz	PROFINET
Norma física	Ethernet
Alimentación	DC 20,4 -28,8 V DC
Fabricante	SIEMENS



**Figura 5. 20 PLC 1214C DC/DC/DC**

### **5.8 Configuración de la dirección IP**

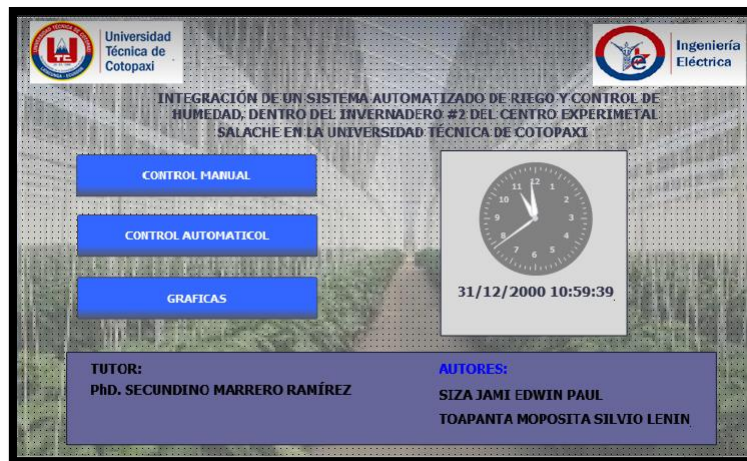
Para la comunicación del PLC con el ordenador es necesario configurar la dirección IP, ya que el ordenador no cuenta con una dirección IP personalizada para este propósito, se debe asignar manualmente la configuración y realizar la verificación de conectividad.



**Figura 5. 21 Configuración IP.**

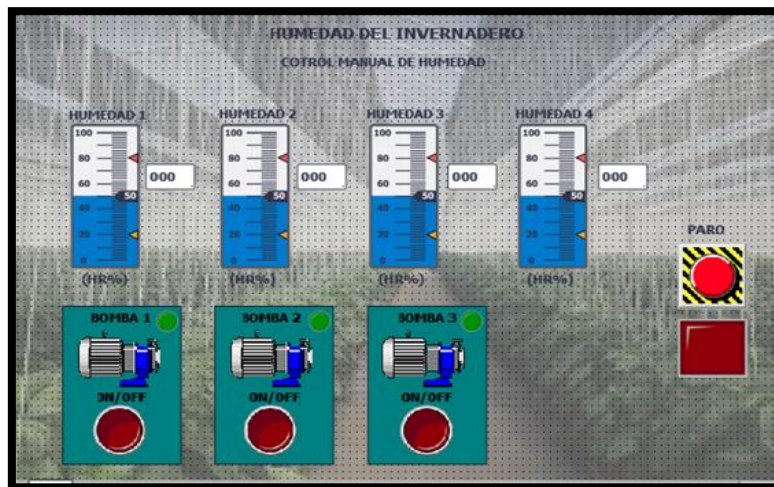
### **5.9 Pantalla del sistema de control**

Para la operación del sistema tenemos una pantalla con el menú principal en el cual se desplegarán las opciones de control manual y automático, además de contar con la opción de observar las curvas referentes a los datos obtenidos mediante los sensores.



**Figura 5. 22** Menú principal.

Una vez dentro del menú de control manual, podemos observar los indicadores del grado de humedad que tenemos en el invernadero para cada sección, tenemos los mandos para el encendido y apagado de las bombas así como el paro de emergencia de todo el sistema.



**Figura 5. 23** Menú de control manual.

En cuanto al menú de control automático, podemos observar los medidores de humedad para cada sección con sus rangos máximos y mínimos permitidos, estos rangos se pueden modificar según el tipo de cultivo que se vaya a tener dentro de cada una de las secciones.

En este menú solo contamos con la opción del intervalo de tiempo para el registro de datos en la web server del programa, y el paro de emergencia de todo el sistema, ya que las bombas se accionaran y se desactivaran de manera automática dependiendo del grado de humedad que se haya especificado previamente al programa.



**Figura 5. 24** Menú de control automático.

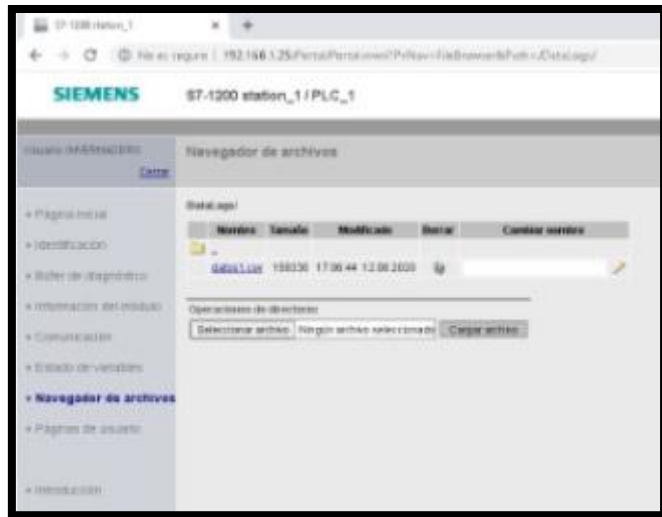
Una vez dentro del menú de gráficas, podemos observar las curvas respecto al tiempo y datos de humedad que se irán registrando en la web server del programa, la gráfica contiene la curva de cada sensor instalado dentro del invernadero para cada sección.



**Figura 5. 25** Curva respecto al tiempo y humedad

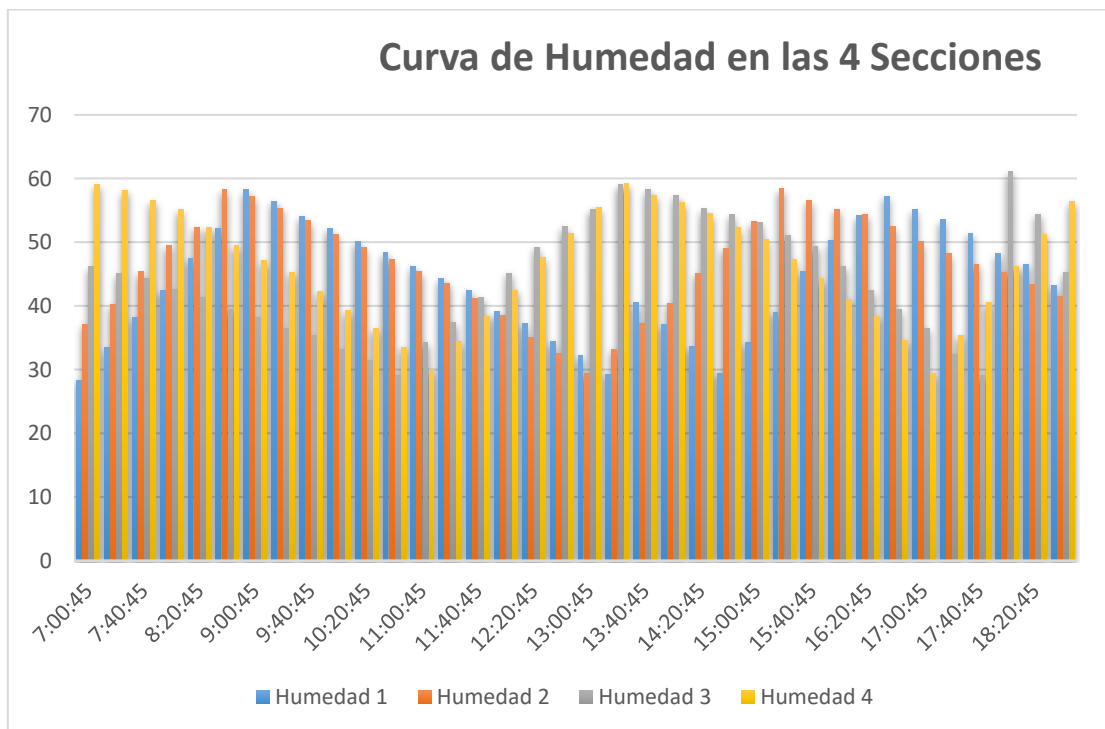
### 5.10 Registro de datos en la web server del programa

Para el registro de las variables de humedad, el PLC S7 1200 posee un servidor web el cual se enlaza a través de una dirección IP que debe ser definida por el usuario.



**Figura 5. 26** Servidor web.

Los datos registrados en el servidor web, puede ser descargado como un documento de extensión (xlsx), en donde se observa los datos de la humedad con respecto al tiempo Anexo III.2, el usuario puede programar el intervalo de tiempo para el registro de datos y obtener la curva de humedad de las 4 secciones o por separado. Anexo III



**Figura 5. 27** Curva de humedad.

## 6 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

### 6.1 Presupuesto

Para el desarrollo del sistema de riego y control de humedad fue necesario un costo de inversión, el cual detallaremos realizando una comparación con el costo del proyecto en proceso de repotenciación.

#### 6.1.1 Presupuesto del sistema anterior

**Tabla 6. 1** Listado de materiales eléctricos en el proyecto anterior.

<b>Descripción</b>	<b>Cantida d</b>	<b>Unida d</b>	<b>V. Unitario \$</b>	<b>Valor Total \$</b>
Sensores de humedad	2		90,00	180,00
Borneras de 2,5 mm; 12 AWG	20		1,2321	24,642
Gabinete de 40 x 40 x 20	1		60,00	60,00
Luz piloto de 22 mm verde de 110 v	1		2,00	2,00
Luz piloto de 22 mm roja de 110 v	1		2,00	2,00
Pulsador con paro de emergencia	1		4,00	4,00
Breaker 1 polos 16 A	2		12,78	25,56
Contactador GM32 10 HP 110v LS	2		29,28	58,56
Relé Térmico MT-32 / 3K (7-10)	2		25,00	50,00
PLC S7-1200, CPU 1212C	1		500,00	500,00
Pantalla HMI KTP 400	1		660,00	660,00
Fuente de voltaje de 24 voltios	1		100,00	100,00
Bomba 1 Hp	2		200,00	400,00
Transformador 110v/24v	1		8,00	8,00
Electroválvulas 1" 24 vac	4		22,00	88,00
Cable AWG # 14	300	m	0,40	120,00
<b>TOTAL</b>				2 293,40

**Tabla 6. 2** Presupuesto Total del Sistema Anterior.

<b>Descripción</b>	<b>Cantidad</b>	<b>V. Unitario</b>	<b>Valor Total</b>
		<b>\$</b>	<b>\$</b>
Lista de materiales eléctricos	1	2 293,40	2 293,40
Lista de materiales hidráulicos	1	250,00	250,00
Mano de obra	1	300,00	300,00
<b>TOTAL</b>			<b>2 843,40</b>

**6.1.2 Presupuesto del sistema repotenciado.****Tabla 6. 3** Gastos directos materiales

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>P.U (\$)</b>	<b>TOTAL (\$)</b>
4	Sensor de Humedad	80	320
1	Medidor Ph - Humedad	20	20
1	Módulo de entradas analógicas	400	400
1	Invernadero (maqueta)	82	82
1	Gaveta de plantas	10	10
3	Aspersores	1,8	5,40
2	Fuente de 24Dc	20	20
30	Conductor (m)	0,3	9

10	Estaño (m)	0,6	6
1	Software	5	5
3	Accesorios para la conexión de los aspersores	10	30
1	Tablero de control	100	100
4	Manguera flexible (m)	1	4
3	Mini bombas	9	27
	<b>TOTAL</b>		1038,4

**Tabla 6. 4** Gastos indirectos.

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>P.U (\$)</b>	<b>TOTAL (\$)</b>
2	Mano de obra incluye (alimentos, transporte, etc.)	600	1200
	<b>TOTAL</b>		1200

**Tabla 6. 5** Total de gastos.

Total= Gastos directos + Gastos indirectos	<b>\$2238,4</b>
--	-----------------

En cuanto al presupuesto del proyecto, se ha podido observar que el gasto es menor a diferencia del proyecto anterior, con la ventaja de que en este proyecto repotenciado podemos realizar el control y monitoreo en las 4 secciones del invernadero.

## **6.2 Análisis de impactos**

### **6.2.1 Impactos prácticos**

Este sistema de riego y control automatizado, nos ayuda con el monitoreo de la variable de operación de forma remota, de esta forma se logra controlar la humedad presentada a lo largo del día, mediante la apertura o cierre de las bombas encargadas de abastecer el recurso hídrico por los aspersores en el invernadero, de esta manera es como se logra combinar el conocimiento teórico con el práctico.

### **6.2.2 Impactos tecnológicos**

En cuanto al impacto tecnológico, se enfoca en realizar estudios dentro del invernadero para poder recolectar información de los inconvenientes que se presentan al momento de la operación del sistema de riego, por este motivo se ha implementado el proyecto como parte de un avance tecnológico desarrollado por la Carrera de Ingeniería Eléctrica de la Universidad Técnica de Cotopaxi, campus la Matriz.

### **6.2.3 Impactos sociales**

Este proyecto de riego y control de humedad implementado dentro del invernadero #2, beneficia principalmente a los estudiantes y docentes de la carrera de ingeniería agronómica, de la Universidad Técnica de Cotopaxi en el campus Salache, además este proyecto es de gran interés para los productores agrícolas con invernaderos cerca del sector.

### **6.2.4 Impactos ambientales**

El sistema implementado tiene un gran impacto ambiental, ya que nos ayuda a mejorar el uso eficiente y disminución del recurso hídrico, de esta manera podemos garantizar un mejor desarrollo de los cultivos en el invernadero #2.

## **7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **7.1 Conclusiones**

- En el invernadero #2 del centro experimental Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi, se determinó que el calibre de la línea de alimentación instalada es el calibre #8, este calibre no es el adecuado para alimentar todo el sistema, por el

cual se realizó el dimensionamiento del nuevo conductor, obteniendo como resultado el calibre #6, tomando en cuenta la cantidad de bombas y sensores instalados en el sistema.

- El tablero de control existente, cuenta con entradas de conexión analógicas de voltaje por el cual no es posible realizar la conexión de los nuevos sensores RS485 ya que estos sensores de humedad son de corriente, por este motivo se realizó la reconfiguración necesaria para el tablero, añadiendo un módulo al PLC con entradas analógicas de corriente.
- El nuevo algoritmo de programación, se desarrolló utilizando el software de siemens TIA PORTAL V14, añadiendo controladores para las 4 secciones del invernadero, en el cual podemos controlar los elementos conectados y observar las variables mediante la pantalla HMI.
- Con los resultados obtenidos del análisis económico se determinó la factibilidad y viabilidad del proyecto, en cuanto al impacto social, el proyecto es favorable para los productores agrícolas, disminuyendo notablemente la mano de obra.

## **7.2 Recomendaciones**

- Se recomienda a la Universidad Tecnica de Cotopaxi, reemplazar el calibre de la linea de alimentacion instalada, para poder realizar la ejecucion del sistema repotenciado de riego y control de humedad en todas las secciones requeridas en el invernadero.
- Se recomienda al tecnico encargado de la instalacion, tener en cuenta las caracteristicas del PLC que se va a instalar para el control, ya que si no cuenta con las entradas analógicas necesarias, se debe adquirir un modulo adicional para la conexión de los sensores de humedad y bombas requeridas por el sistema.
- Se recomienda a la Universidad Técnica de Cotopaxi, adquirir la licencia del software de SIEMENS TIAPORTAL V14, ya que este no cuenta con una licencia para un funcionamiento más eficaz y sin errores del sistema automatizado.
- Se recomienda a la Carrera de Ingenieria Agronómica de la Universidad Tecnica de Cotopaxi, capacitar al personal que se encargará de la operación del sistema, ya que contiene diversos elementos y equipos de los cuales es necesario tener un previo conocimiento.

## 8 Referencias

- [1] F. V. Pardo Solano y J. C. Casa Yanguicela, AUTOMATIZACIÓN DE UN SISTEMA DE RIEGO PARA EL CONTROL DE HUMEDAD EN LOS CULTIVOS DEL INVERNADERO #2 DEL CENTRO EXPERIMENTAL SALACHE EN LA UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI, vol. II, Latacunga, 2020, p. 1.
- [2] L. Roman, Proyecto y diseño de instalaciones en media y baja tensión para un edificio, Guayaquil, 2016.
- [3] L. Chavez, V. Garcia y E. Ortiz, Automatizacion en el Sistema de Riego de Jitomate, Oaxaca, 2011.
- [4] D. Apaza y L. T. Irvin, Diseño e implementacion de un sistema automatizado para riego tecnificado basado en el balance de humedad de suelo con tecnologia arduino en el laboratorio de control y automatizacion EPIME 2016, Puno, 2017.
- [5] J. Vasconez y F. Chamba, Diseño e implementacion de un sistema de riego automatizado y controlado de forma inalambrica para una finca, Guayaquil, 2013.
- [6] J. Aux y L. Benavidez, Control Automatico de un Sistema de Riego y Fertirriego, Nariño, 2015.
- [7] Fernandez, «Redagricola,» Redagricola, Agosto 2017. [En línea]. Available: <http://www.redagricola.com/cl/sistemas-monitoreo-humedad-control-remoto-del-riego-lemssystem/>. [Último acceso: 10 Junio 2020].
- [8] M. Ramos y D. Baez, Diseño y construccion de un sistema de riego por aspersion en una parcela demostrativa, Riobamba, 2013.
- [9] J. Perea, DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO, REGISTRO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA UN CULTIVO DE INVERNADERO., Pereira, 2016.
- [10] E. Amaya, «Diseño e implementacion de sistemas de riego automatizado en un invernadero de la Escuela Nacional de Agricultura, ENA,» *Revista Tecnologica*, vol. 7, n° 1, pp. 48-52, 2012.
- [1] M. Castro, A. Francisco, A. Quevedo, S. Kleisinger, L. Mejia y E. Mejia, «Sistema de Riego Automatizado en Tiempo Real con Balance Hidrico,» *Agricultura Tecnica en Mexico*, vol. XXXIV, n° 4, pp. 459-470, 2008.
- [1] P. Muñoz, B. Julian y C. O. S. A. Z. C. Arboleda Angela, «Sistema de Instrumentacion y Monitoreo Para el Invernadero la Aldana,» *Revista UTP (Universidad Tecnologica de Pereira)*, 2011.

- [1 M. Mamani, M. Villalobos y R. Herrera, «Sistema web de bajo costo para  
3] monitorear y controlar un invernadero agrícola,» *Revista Chilena de la Ingeniería*,  
vol. XXV, n° 4, pp. 599-618, 2017.
- [1 O. Lugo, A. Queveo, J. Bauer y D. Del valle, «Prototipo para automatizar un  
4] sistema de riego multicultivo,» *Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas*, vol. II, n°  
5, pp. 659-672, 2011.
- [1 R. Mendoza, Sistema autónomo de monitoreo y suministro de agua en pantanos de  
5] ornato, Tianguistenco, 2016.
- [1 O. S. d. P. Allan, ESTUDIO DE FACTIBILIDAD PARA EL SISTEMA DE  
6] DISTRIBUCIÓN DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN EL CENTRO HISTÓRICO DE  
QUETZALTENANGO CON LÍNEAS SUBTERRÁNEAS, Guatemala, 2005.
- [1 M. R. Llumiluissa y G. C. Tovar, “IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE  
7] FACTURACIÓN Y MEDIDORES PREPAGO EN LA EMPRESA ELÉCTRICA  
PROVINCIAL COTOPAXI - PLAN PILOTO”, Latacunga, 2011.
- [1 R. Díaz, Modelado y Control Jerárquico de Cultivo en Invernadero., Almeira,  
8] 2002.
- [1 A. d. A. I. Cañar, Diseño, construcción y mantenimiento de invernaderos de  
9] madera., Cañar, 2004.
- [2 D. Di Capua, Estructura e instalaciones de un invernadero., Barcelona: Universidad  
0] Politécnica de Catalunya, 2011.
- [2 H. Santizo, Diseño y construcción de invernaderos para la producción de  
1] hortalizas, México: UNIVERSIDAD AUTÓNOMA AGRARIA ANTONIO  
NARRO, 2011.
- [2 R. Jiménez, M. O, H. Verlodt y G. J, El cultivo protegido en clima mediterráneo.,  
2] Italia: ESTUDIO FAO, 2002.
- [2 NOVAGRIC, «NOVAGRIC,» 20 Octubre 2015. [En línea]. Available:  
3] [https://www.novagric.com/es/blog/articulos/clima-invernadero-como-conseguir-temperatura-ideal?fbclid=IwAR0s8QAd9ae3uOj3pRwzeE7bwzJMsc2C\\_-tv-LsVcs725au9TTHi\\_RsO7hM](https://www.novagric.com/es/blog/articulos/clima-invernadero-como-conseguir-temperatura-ideal?fbclid=IwAR0s8QAd9ae3uOj3pRwzeE7bwzJMsc2C_-tv-LsVcs725au9TTHi_RsO7hM). [Último acceso: 5 Junio 2020].
- [2 INFOJARDIN, «INFOJARDIN,» 20 Abril 2016. [En línea]. Available:  
4] [http://articulos.infojardin.com/huerto/invernaderos-clima-cultivo.htm?fbclid=IwAR1cVqVaKagsQ13S\\_mmAu7EB0gs6-7D5XdXg1f88nEZ8Mw8hl2uv3LGu12U](http://articulos.infojardin.com/huerto/invernaderos-clima-cultivo.htm?fbclid=IwAR1cVqVaKagsQ13S_mmAu7EB0gs6-7D5XdXg1f88nEZ8Mw8hl2uv3LGu12U). [Último acceso: 10 junio 2020].
- [2 Anthura, «Anthura,» 02 Junio 2016. [En línea]. Available:  
5] [https://www.anthura.nl/growing-advise/la-importancia-la-humedad-en-el-crecimiento-las-plantas/?lang=es&cookies=not\\_ok](https://www.anthura.nl/growing-advise/la-importancia-la-humedad-en-el-crecimiento-las-plantas/?lang=es&cookies=not_ok). [Último acceso: 15 Junio 2020].

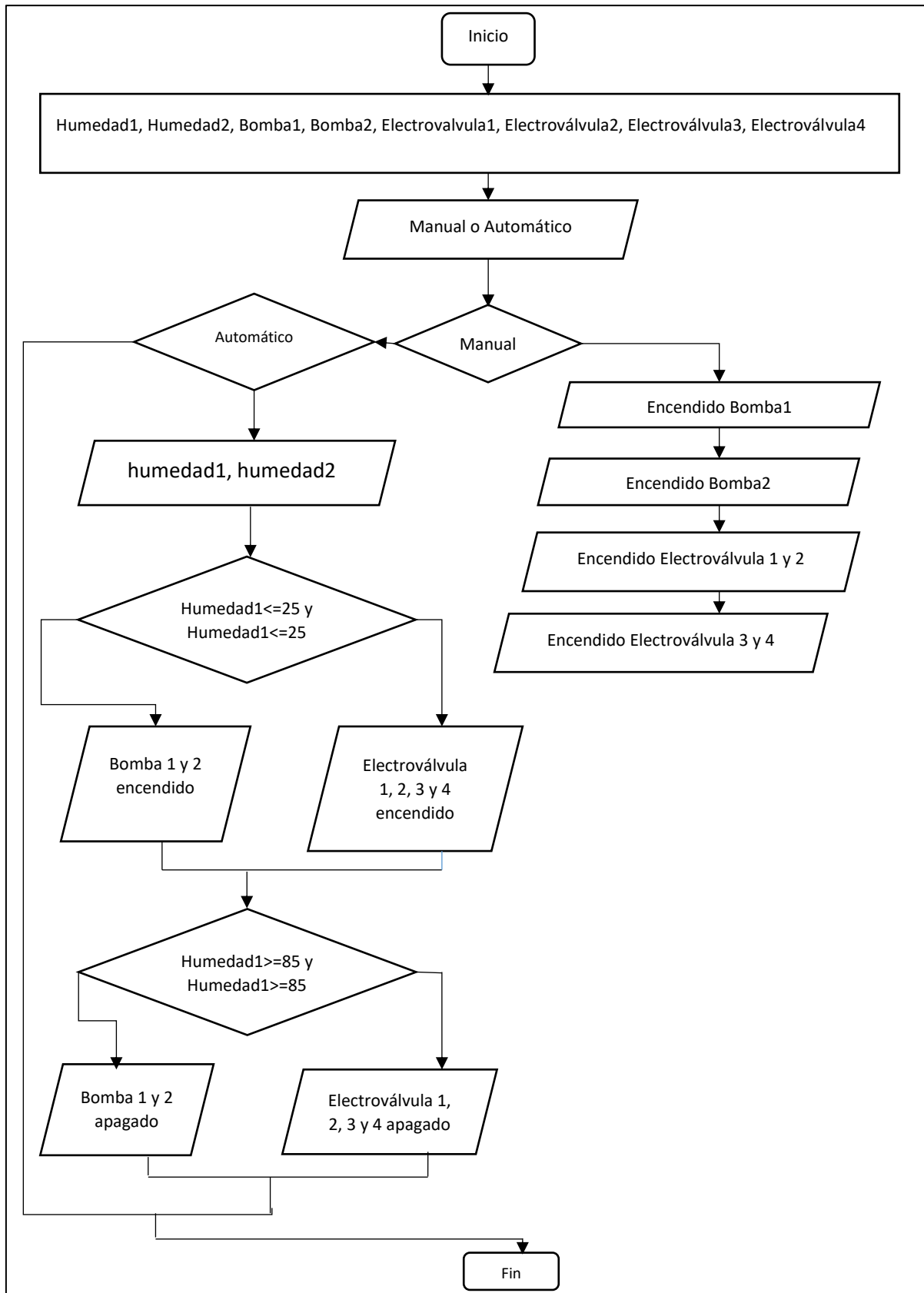
- [2] M. Riego, «Mundo riego,» 12 Abril 2015. [En línea]. Available:  
6] <https://mundoriego.es/bombas-de-riego-que-son-y-cuantos-tipos-existen/>. [Último acceso: 18 Junio 2020].
- [2] S. Acua, «AcuaSud,» 2 Abril 2016. [En línea]. Available:  
7] <https://www.acuasud.cl/index.php/es/bombas-superficies/electrobombas-pedrollo-de-superficie-autocebantes-tipo-jet/item/264-bomba-pedrollo-jswm-2c-1hp.html>. [Último acceso: 20 Junio 2020].
- [2] T. t. d. m. electrico, «www.tutiendadematerialelectrico.com,» Tu tienda de material  
8] electrico, 08 Marzo 2015. [En línea]. Available:  
<https://tutiendadematerialelectrico.com/429-369-retelec-sgbe6k1c16-interruptor-automatico-magnetotermico-1-polo-16a.html>. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [2] Amazon, «www.amazon.es,» 03 Mayo 2013. [En línea]. Available:  
9] <https://www.amazon.es/Baomain-Industrial-magnético-contactos-gmc-32-110-VAC/dp/B01E6XHR66>. [Último acceso: 25 Junio 2020].
- [3] A. I. e. Automatización, «www.aea.ar,» Ingeniería en Automatización, 09 Abril  
0] 2015. [En línea]. Available:  
<http://www.aea.com.ar/index.php?seccion=productos&familia=5&categoria=25&subcategoria=36&id=1827>. [Último acceso: 26 Junio 2020].
- [3] S. Jimenez y K. Vano, «Sensores de humedad de tipo capacitivo y resistivo,»  
1] *Ingenieria UC*, vol. 20, nº 1, 2013.
- [3] Weg, «www.weg.net,» 10 Marzo 2019. [En línea]. Available:  
2] [https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Automatización-Industrial/Control-y-Protección/Baja-Tensión/Mando-y-Señalización/Luces-Pilotos/Comando-y-Señalización---Luces-Pilotos/p/MKT\\_WDC\\_BRAZIL\\_CONTROL\\_AND\\_PILOT\\_LIGHTS\\_PILOT\\_LIGHTS](https://www.weg.net/catalog/weg/BR/es/Automatización-Industrial/Control-y-Protección/Baja-Tensión/Mando-y-Señalización/Luces-Pilotos/Comando-y-Señalización---Luces-Pilotos/p/MKT_WDC_BRAZIL_CONTROL_AND_PILOT_LIGHTS_PILOT_LIGHTS). [Último acceso: 29 Junio 2020].
- [3] T. 2000, «www.tw2000.es,» 04 Marzo 2016. [En línea]. Available:  
3] <https://www.tw2000.es/pt/pulsadores-de-emergencia-metalicos/pulsadores-de-paro-de-emergencia-pulsar-girar-156.html>. [Último acceso: 29 Junio 2020].
- [3] Masvoltaje, «www.masvoltaje.com,» 23 Febrero 2018. [En línea]. Available:  
4] <https://masvoltaje.com/siemens-sitop-fuentes-de-alimentacion-logo/1089-mini-logo-power-24v-entrada-120-230-v-ac-salida-24-v-dc-25-a-led-de-senalizacion-4025515152774.html>. [Último acceso: 30 Junio 2020].
- [3] Siemens, «Sistema para manejo y visualización,» *Siemens AG*, vol. 1, nº 1, p. 676,  
5] 2014.
- [3] Fluitronic, «www.fluitronic.es,» 05 Abril 2017. [En línea]. Available:  
6] <https://www.fluitronic.es/simatic-hmi-ktp400-basic-pn-6av2123--2db03--0ax0>. [Último acceso: 30 Junio 2020].

## 9 ANEXOS

**ANEXOS**

## ANEXO I

Este es el diagrama del sistema anterior que vamos a mejorar.



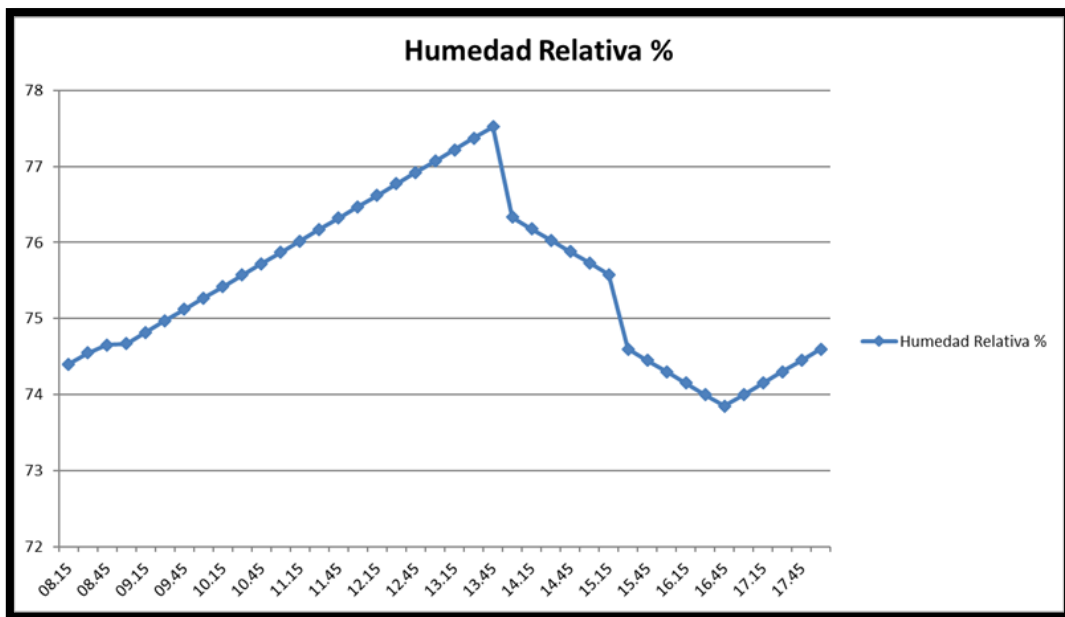
Anexo I.1 Diagrama de bloques del sistema.

Tabla de registro del sistema anterior de las variables de humedad en el servidor web.

**Anexo I.2** Datos para la obtención de la curva de humedad vs tiempo.

<b>Hora</b>	<b>Humedad Relativa %</b>
08:15	74,4
08:30	74,55
08:45	74,65
09:00	74,67
09:15	74,82
09:30	74,97
09:45	75,12
10:00	75,27
10:15	75,42
10:30	75,57
10:45	75,72
11:00	75,87
11:15	76,02
11:30	76,17
11:45	76,32
12:00	76,47
12:15	76,62
12:30	76,77
12:45	76,92
13:00	77,07
13:15	77,22
13:30	77,37
13:45	77,52
14:00	76,33
14:15	76,18
14:30	76,03
14:45	75,88
15:00	75,73
15:15	75,58
15:30	74,6
15:45	74,45
16:00	74,3
16:15	74,15
16:30	74
16:45	73,85
17:00	74
17:15	74,15
17:30	74,3
17:45	74,45
18:00	74,6

Esta curva de humedad pertenece al sistema anterior que estamos mejorando.



Anexo 1.3 Curva de humedad respecto al tiempo.

Realizamos el diseño del tablero para el control manual y automatico del sistema.



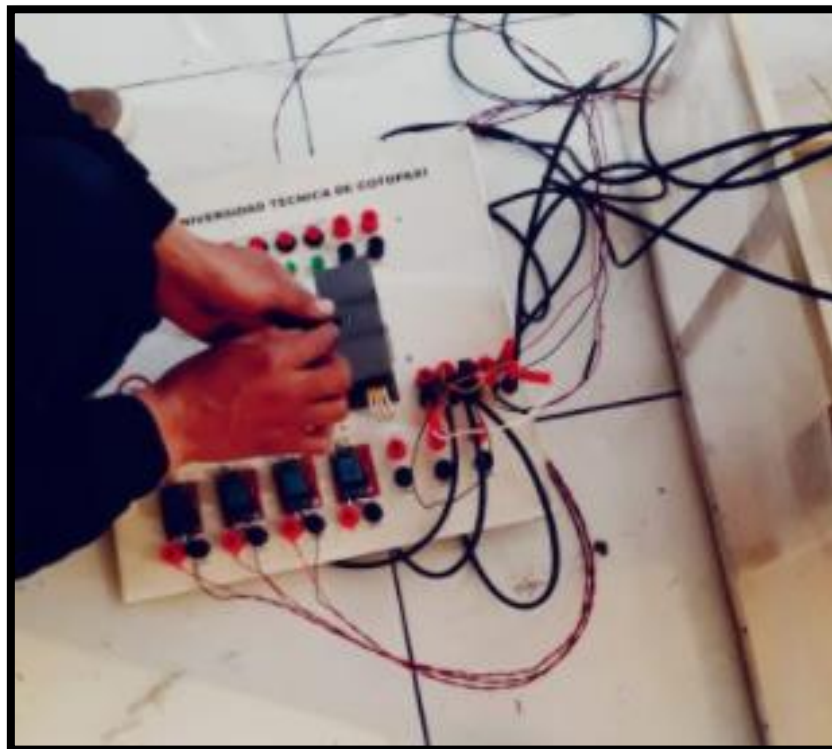
Anexo 1.4 Diseño y ubicación del PLC en el tablero de control manual.

Ubicamos los botones y mandos para el control.



**Anexo 1.5** Armado del tablero de control manual.

Ubicamos el modulo de entradas analogicas.



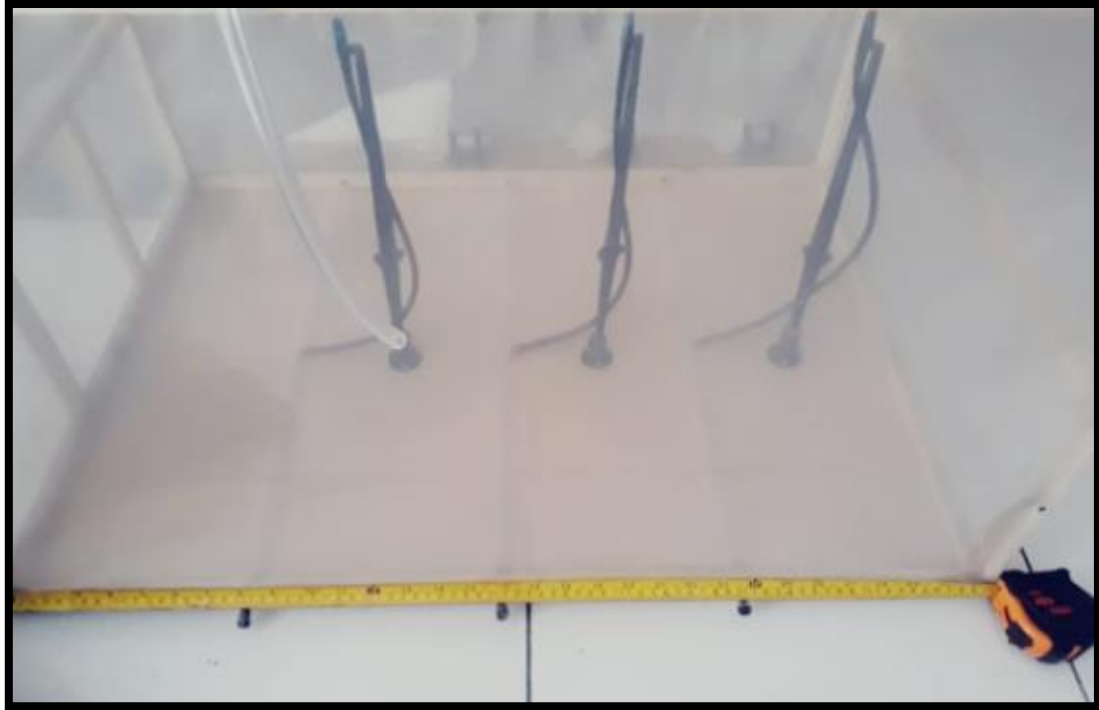
**Anexo 1.6** Ubicación del modulo de entradas analogicas.



Anexo 1.7 Ubicación del PLC de entradas analógicas en el tablero.



Anexo 1.8 Conexión de todos los dispositivos para la prueba de funcionamiento.



**Anexo 1.9** Ubicación de los aspersores en la maqueta.



**Anexo1.10** Ubicación del seccionamiento para instalar los sensores.



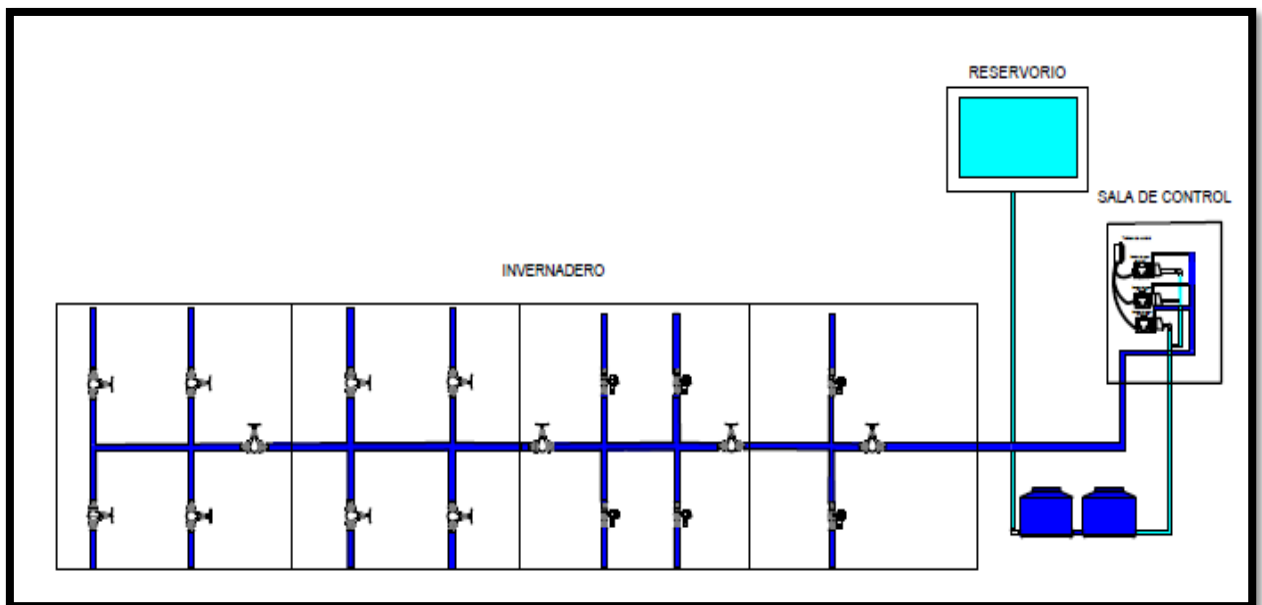
**Anexo 1.11** Instalacion de los sensores para la prueba de funcionamiento.



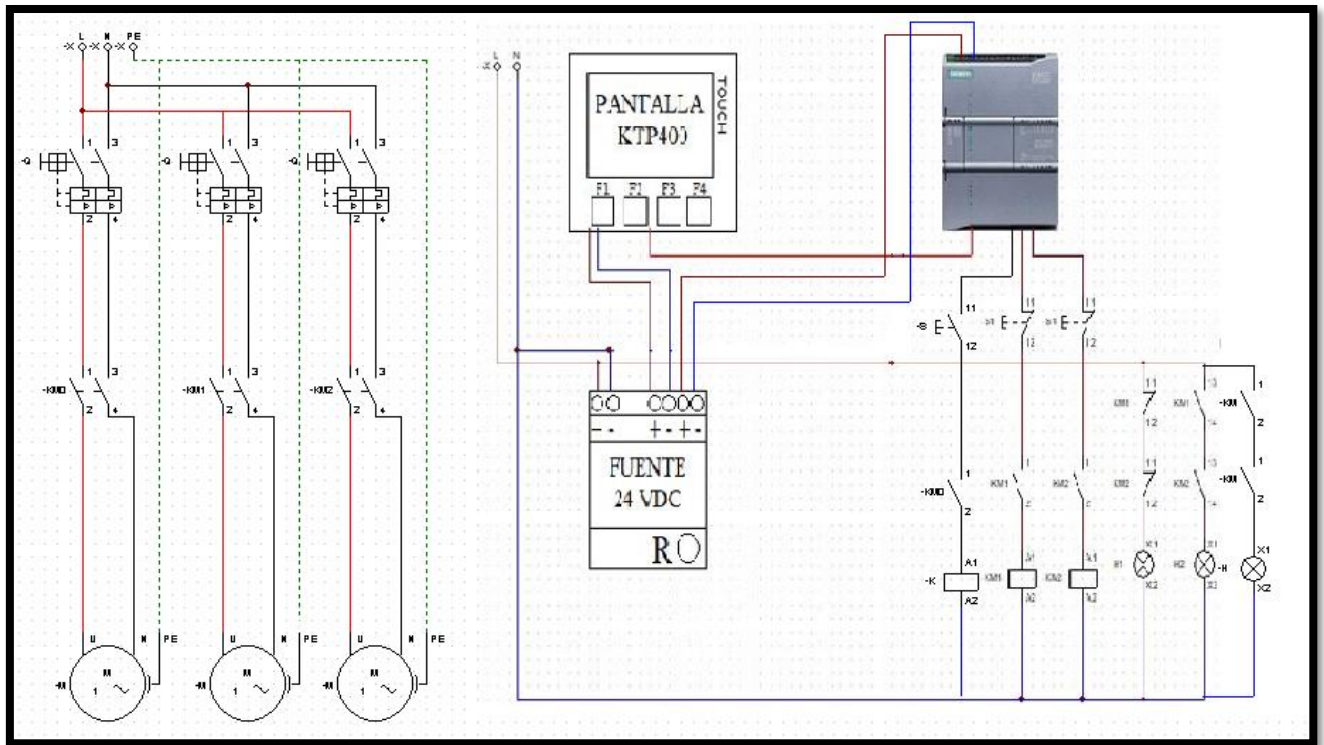
**Anexo 1.12** Instalacion de los sensores para la prueba de funcionamiento



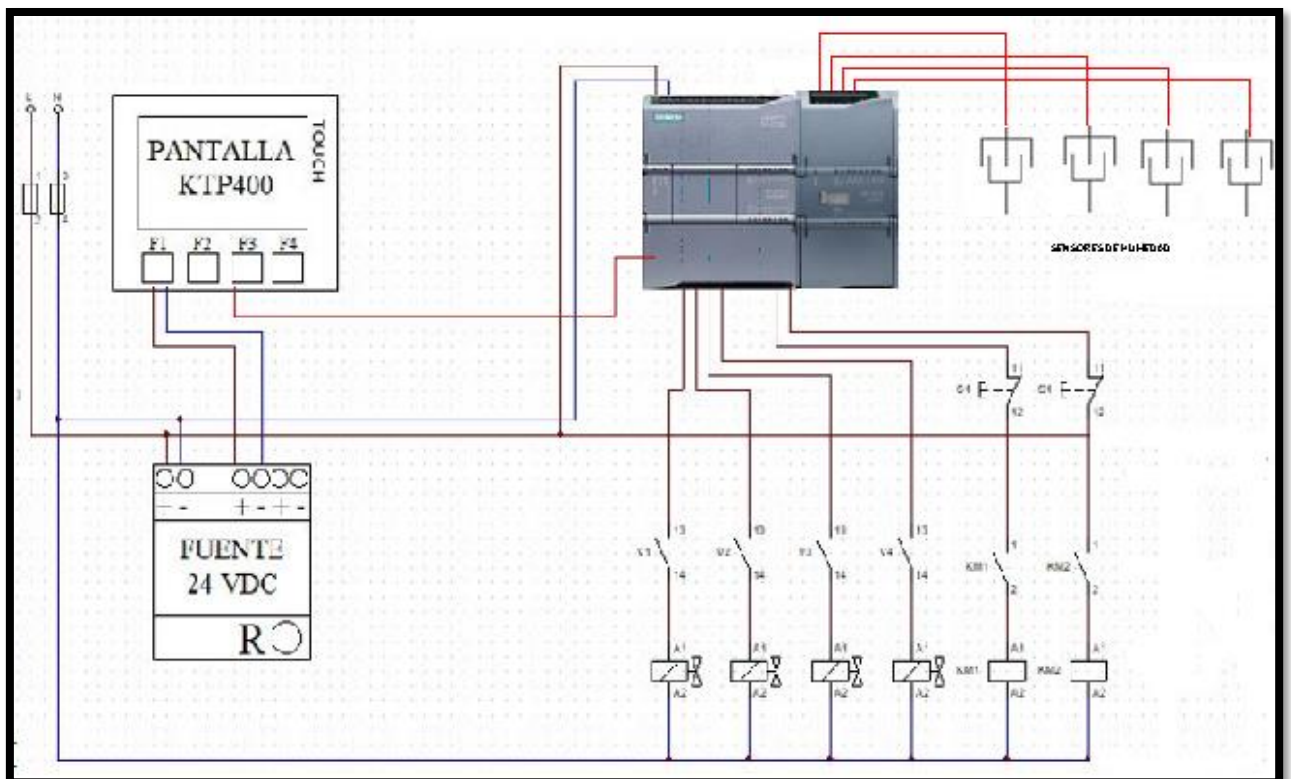
**Anexo 1.13** Instalacion final de los elementos para la prueba de funcionamiento.



**Anexo 1.14** Esquema del invernadero #2.

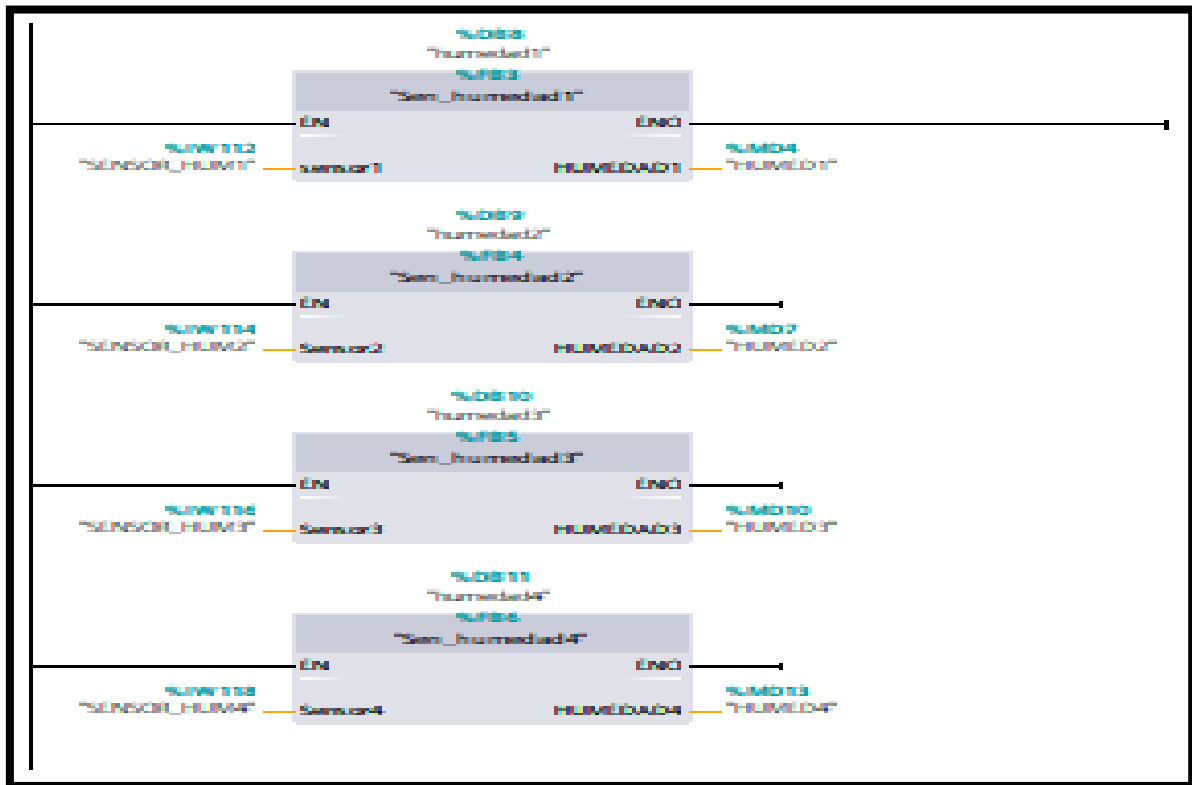


Anexo 1.15 Diagrama de fuerza y control.

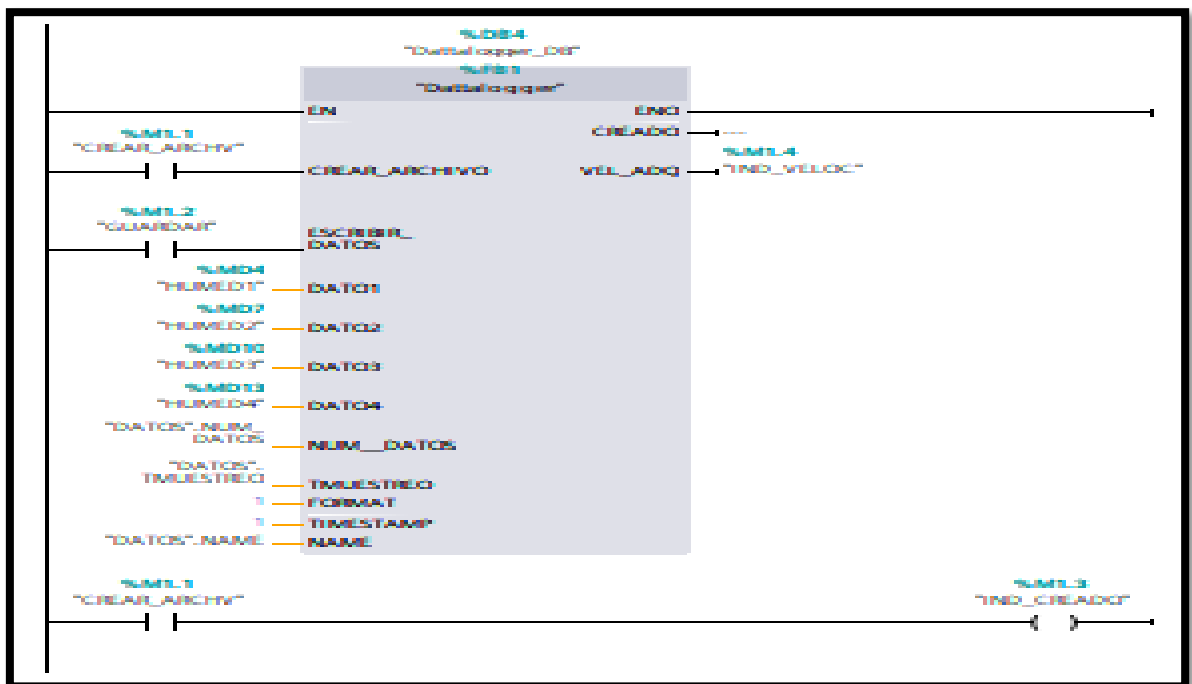


Anexo 1.16 Diagrama de control automático y manual.

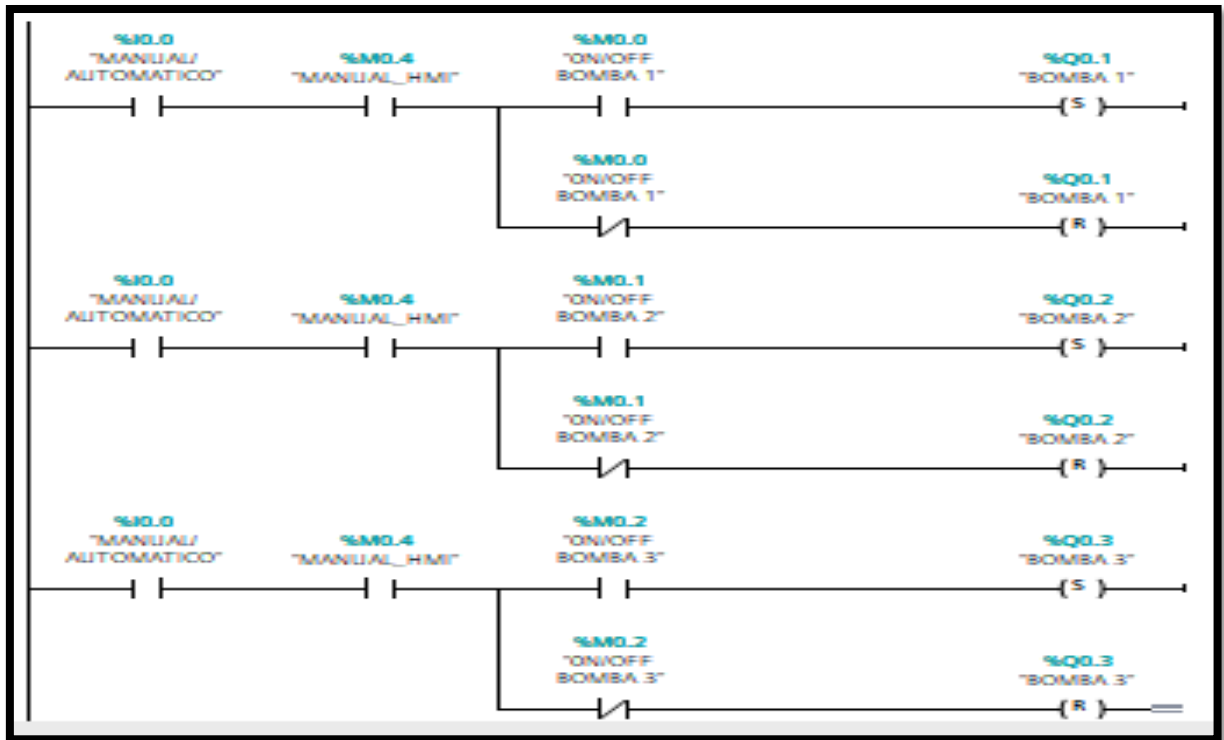
## ANEXO II Bloques de programación en software TIAPORTAL



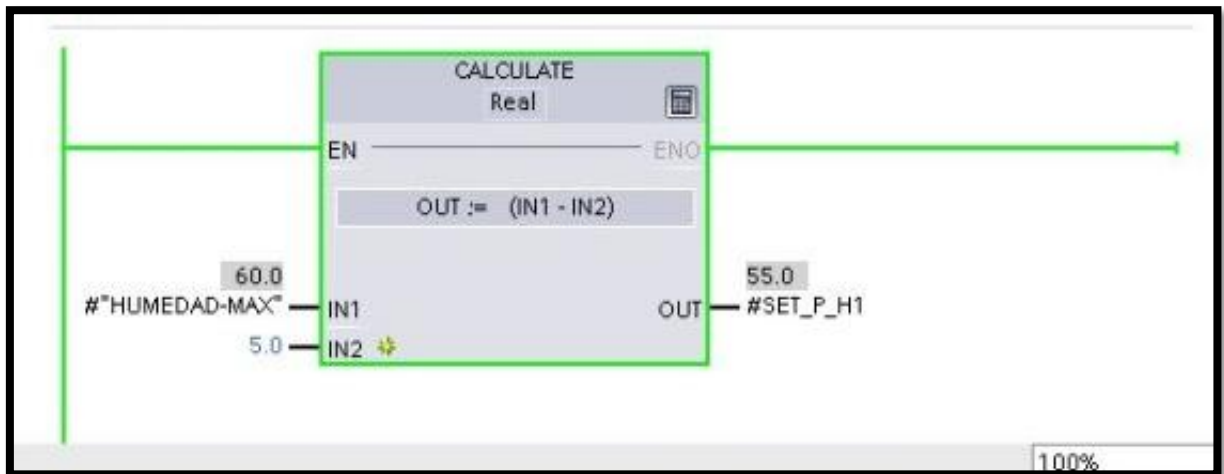
Anexo II.1 Segmento 1: adquisición humedad.



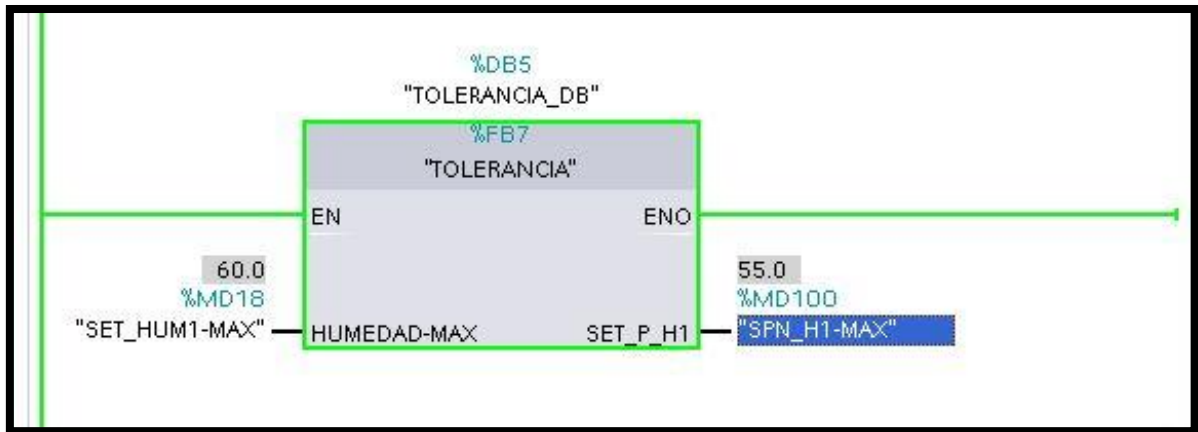
Anexo II.2 Segmento 2: data logger.



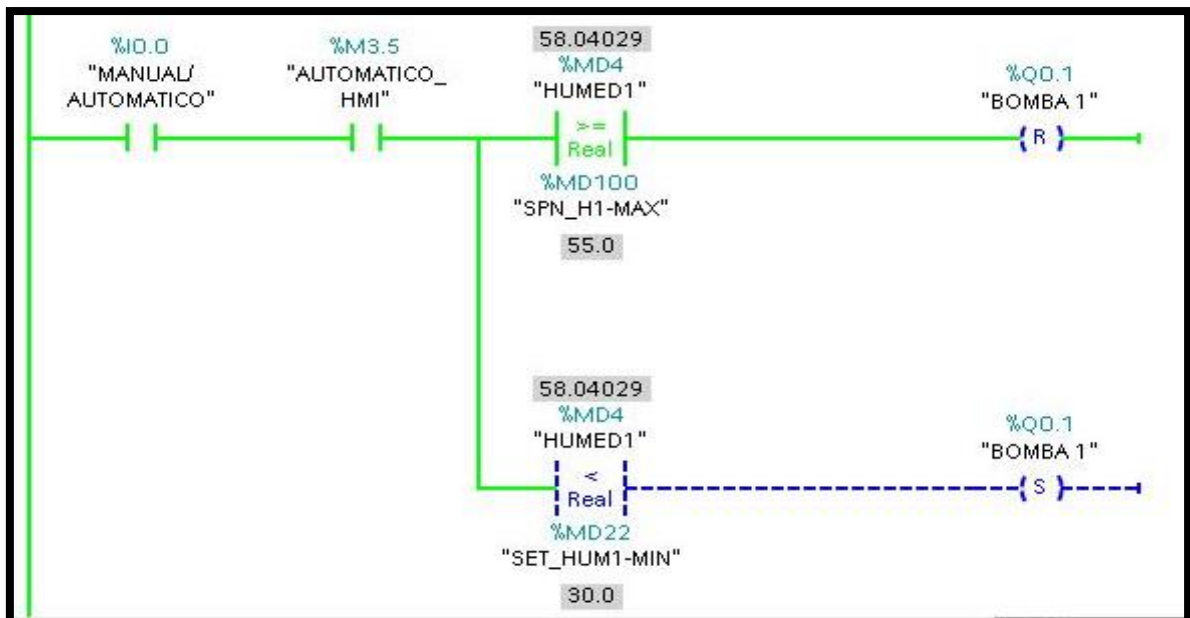
Anexo II.3 Segmento 3: control manual.



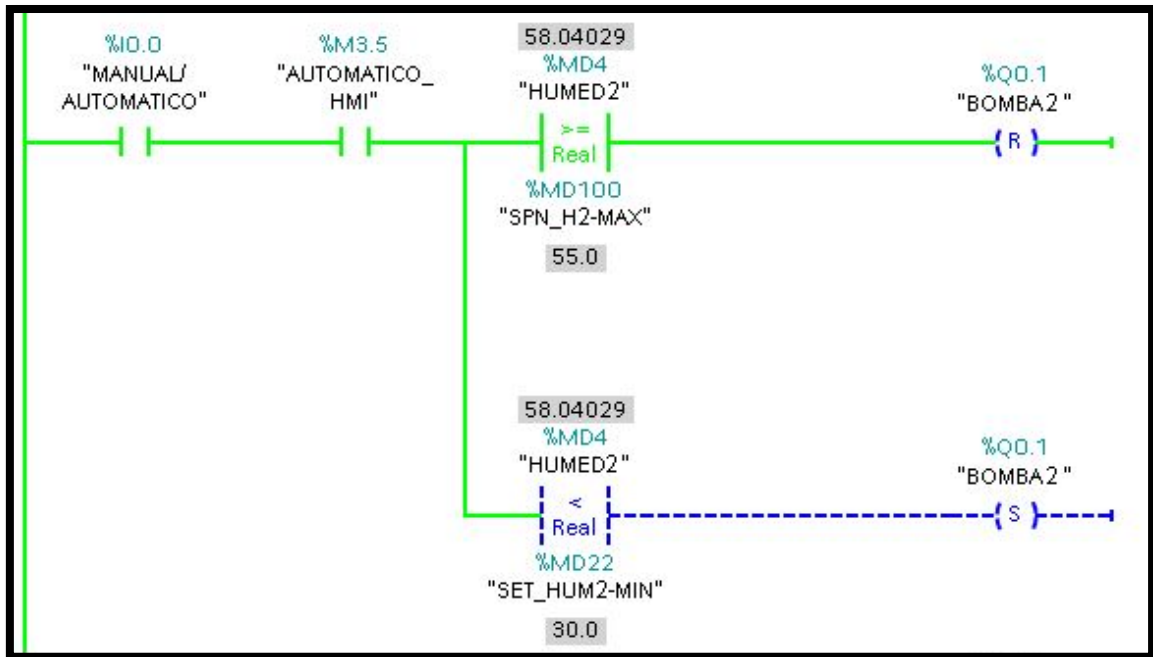
Anexo II.4 Segmento 4: Función de tolerancia de humedad.



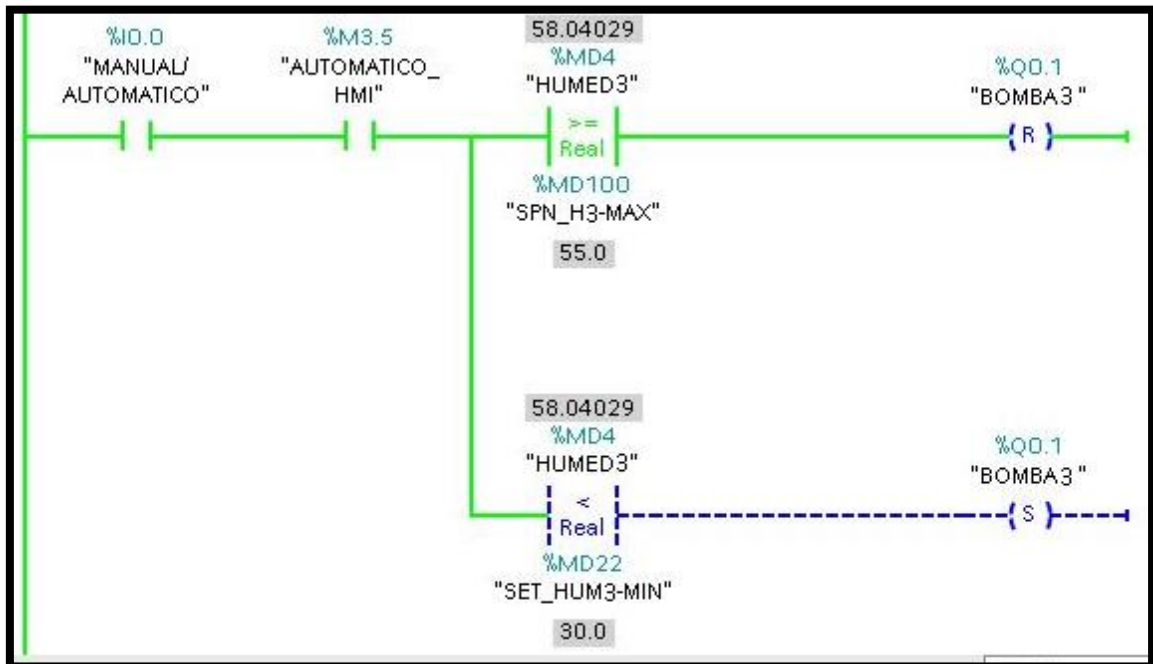
Anexo II.5 Segmento 5: Obtención de la tolerancia de humedad.



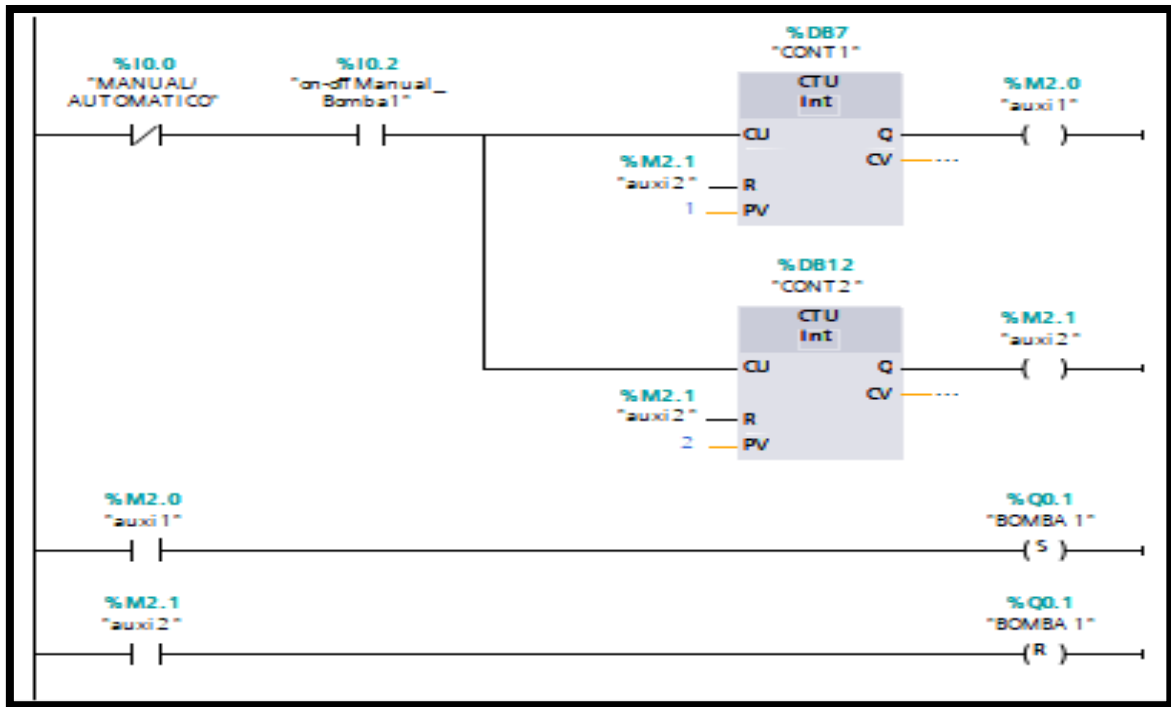
Anexo II.6 Segmento 6: Control automático de la bomba 1 desde el HMI.



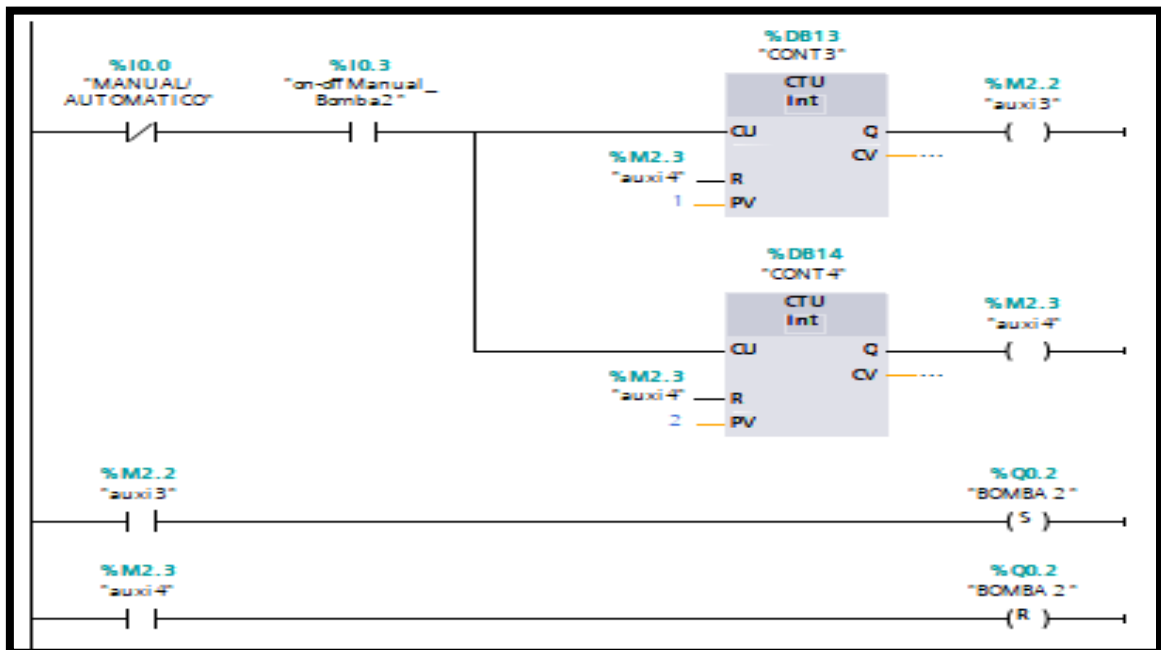
**Anexo II.7** Segmento 7: control automático de la bomba 2 desde el HMI.



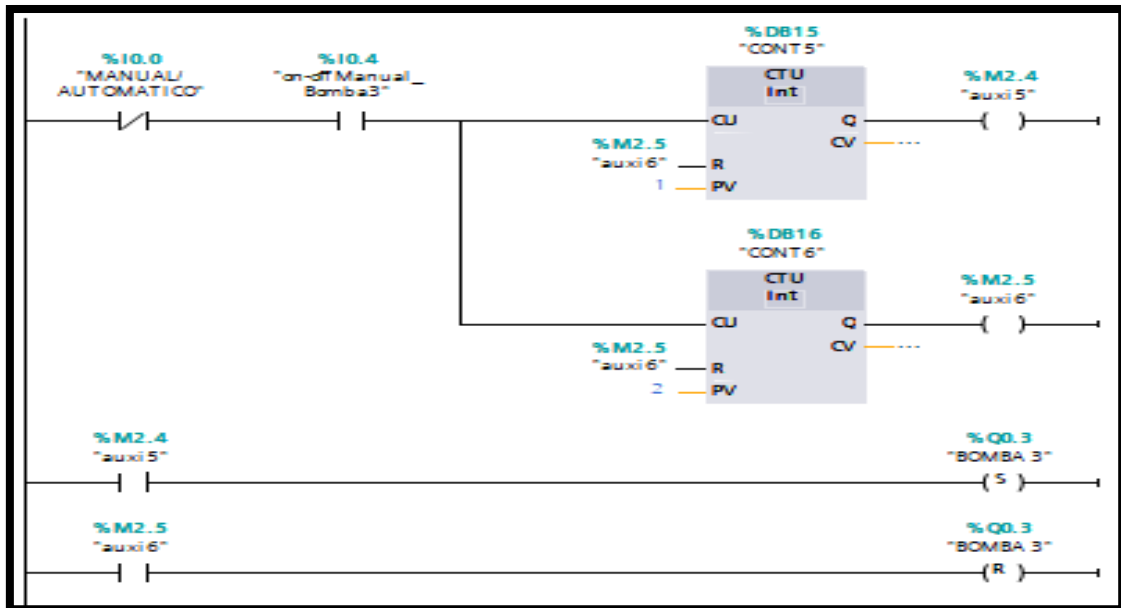
**Anexo II.8** Segmento 8: Control automático de la bomba 3 desde el HMI.



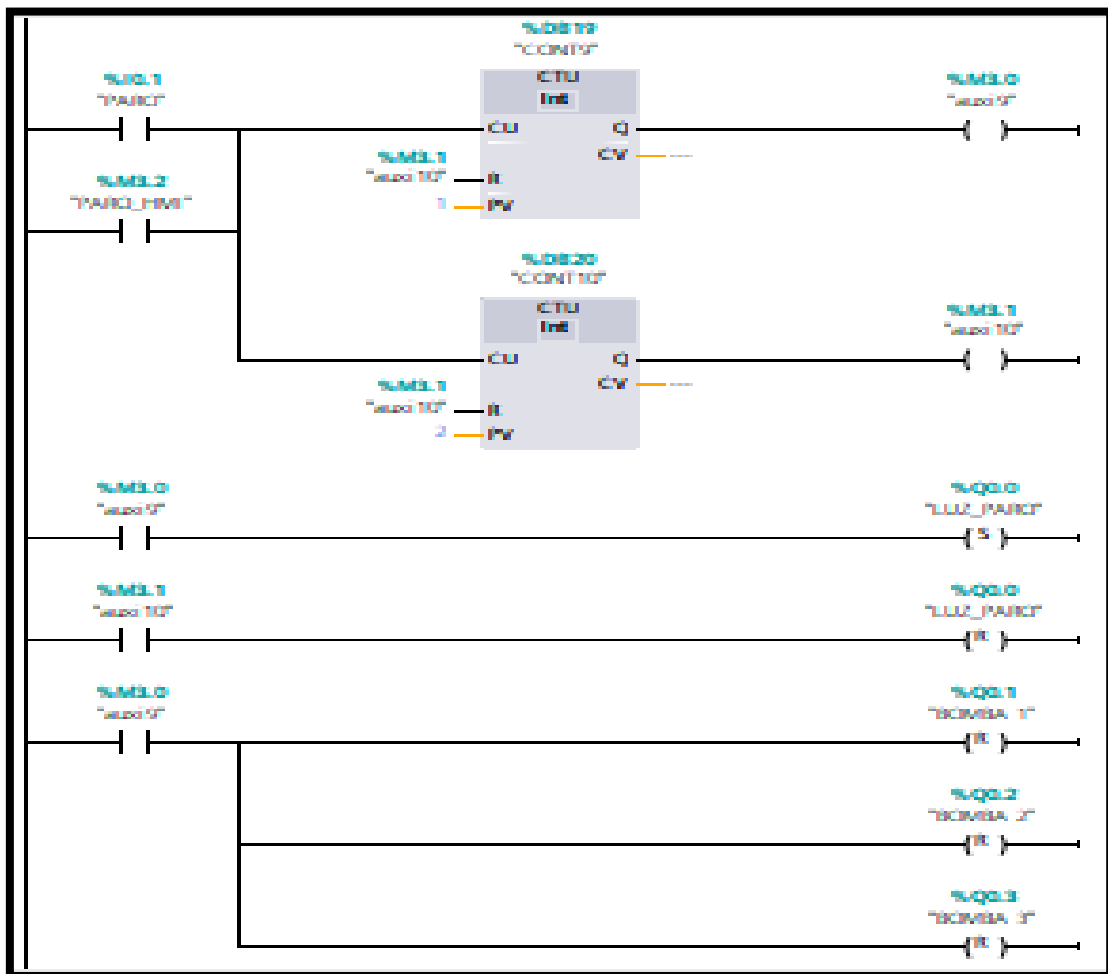
Anexo II.9 Segmento 9: control manual la bomba 1 desde panel.



Anexo II.10 Segmento 10: control manual la bomba 2 desde panel.

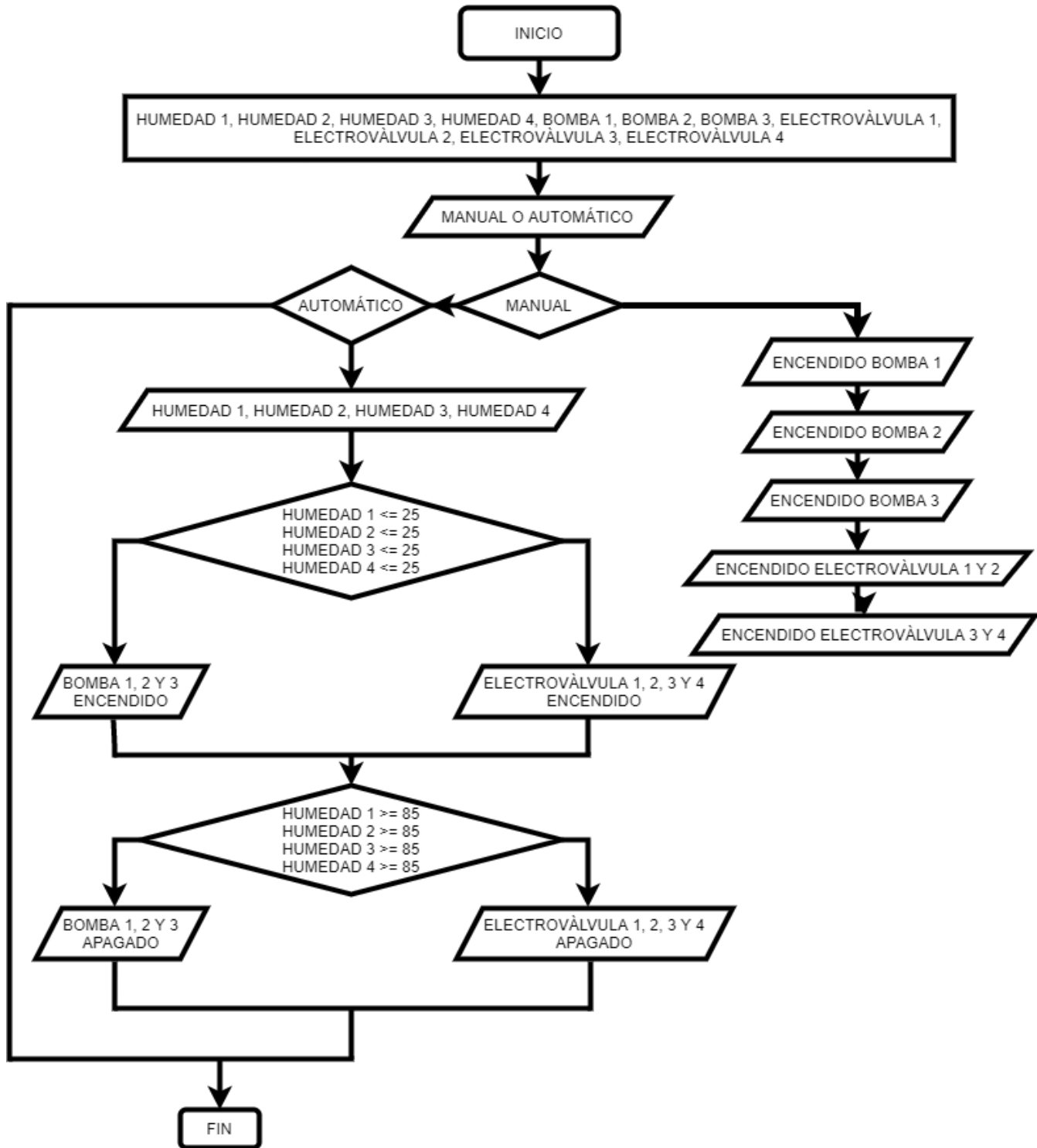


Anexo II.11 Segmento 11: control manual bomba 3 desde panel.



Anexo II.12 Segmento 12: paro de emergencia.

ANEXO III



Anexo III.1 Diagrama general del sistema de riego y control de humedad

**Anexo III.2** Tabla de variables de humedad

Nº	Fecha	Tiempo	Humedad 1	Humedad 2	Humedad 3	Humedad 4
1	3/8/2020	7:00:45	20,71	50,39	90,35	35,44
2	3/8/2020	7:20:45	24,41	48,35	88,15	30,47
3	3/8/2020	7:40:45	30,15	46,49	85,50	27,41
4	3/8/2020	8:00:45	35,34	44,42	82,31	25,00
5	3/8/2020	8:20:45	40,55	42,10	79,48	29,50
6	3/8/2020	8:40:45	46,07	40,15	74,33	34,56
7	3/8/2020	9:00:45	51,34	39,03	69,11	39,45
8	3/8/2020	9:20:45	57,56	38,19	65,24	43,37
9	3/8/2020	9:40:45	66,09	36,45	62,37	46,25
10	3/8/2020	10:00:45	81,05	33,10	57,44	49,16
11	3/8/2020	10:20:45	85,10	30,04	51,53	54,34
12	3/8/2020	10:40:45	90,33	28,21	45,14	59,41
13	3/8/2020	11:00:45	84,15	24,33	41,39	63,55
14	3/8/2020	11:20:45	79,45	32,52	36,42	68,58
15	3/8/2020	11:40:45	72,53	39,08	30,20	72,05
16	3/8/2020	12:00:45	66,01	46,52	23,58	75,35
17	3/8/2020	12:20:45	59,12	50,08	31,10	78,40
18	3/8/2020	12:40:45	53,36	54,49	36,53	82,26
19	3/8/2020	13:00:45	48,23	58,30	40,26	85,56
20	3/8/2020	13:20:45	44,18	61,13	44,05	90,16
21	3/8/2020	13:40:45	40,39	65,26	49,57	84,45
22	3/8/2020	14:00:45	37,15	69,37	54,33	78,12
23	3/8/2020	14:20:45	33,46	73,10	58,39	69,49
24	3/8/2020	14:40:45	29,38	77,16	64,43	61,21
25	3/8/2020	15:00:45	23,57	80,32	69,51	57,35
26	3/8/2020	15:20:45	30,12	85,41	74,08	51,53
27	3/8/2020	15:40:45	36,37	89,58	77,22	47,15

28	3/8/2020	16:00:45	40,45	83,27	81,10	42,48
29	3/8/2020	16:20:45	45,29	77,32	85,29	37,26
30	3/8/2020	16:40:45	51,19	69,46	89,47	33,41
31	3/8/2020	17:00:45	58,25	62,15	82,30	29,38
32	3/8/2020	17:20:45	65,17	55,05	76,20	24,20
33	3/8/2020	17:40:45	72,42	46,54	69,10	29,44
34	3/8/2020	18:00:45	79,33	38,49	61,04	35,04
35	3/8/2020	18:20:45	85,48	31,23	54,37	41,34
36	3/8/2020	18:40:45	90,18	24,48	45,26	50,57
37	4/8/2020	7:00:45	22,33	53,41	88,24	38,51
38	4/8/2020	7:20:45	26,44	50,28	87,05	33,18
39	4/8/2020	7:40:45	31,18	47,19	86,40	28,32
40	4/8/2020	8:00:45	37,36	45,32	83,21	24,47
41	4/8/2020	8:20:45	42,58	43,26	80,52	30,43
42	4/8/2020	8:40:45	47,09	41,39	75,28	35,04
43	4/8/2020	9:00:45	52,35	40,12	70,19	40,35
44	4/8/2020	9:20:45	58,57	39,25	66,33	44,26
45	4/8/2020	9:40:45	67,10	37,33	63,45	47,32
46	4/8/2020	10:00:45	82,07	34,22	58,36	50,08
47	4/8/2020	10:20:45	85,14	31,18	52,15	55,42
48	4/8/2020	10:40:45	90,24	29,34	46,22	60,53
49	4/8/2020	11:00:45	87,22	24,45	42,31	64,45
50	4/8/2020	11:20:45	81,37	32,49	37,06	69,33
51	4/8/2020	11:40:45	73,56	40,13	31,39	73,17
52	4/8/2020	12:00:45	67,05	47,29	24,47	76,25
53	4/8/2020	12:20:45	60,19	51,16	32,24	79,55
54	4/8/2020	12:40:45	54,41	55,35	37,21	83,09
55	4/8/2020	13:00:45	49,27	59,31	41,33	85,46
56	4/8/2020	13:20:45	45,15	62,23	45,14	89,10

57	4/8/2020	13:40:45	41,36	66,30	50,48	83,35
58	4/8/2020	14:00:45	38,18	70,41	55,29	77,23
59	4/8/2020	14:20:45	34,23	74,21	59,43	69,52
60	4/8/2020	14:40:45	30,42	78,08	65,33	62,34
61	4/8/2020	15:00:45	24,59	81,27	70,45	58,29
62	4/8/2020	15:20:45	31,23	85,52	75,13	52,31
63	4/8/2020	15:40:45	37,45	90,25	78,36	48,08
64	4/8/2020	16:00:45	41,32	84,32	82,23	43,37
65	4/8/2020	16:20:45	46,37	77,44	85,02	38,18
66	4/8/2020	16:40:45	52,26	70,37	90,01	34,33
67	4/8/2020	17:00:45	58,16	63,29	87,15	30,41
68	4/8/2020	17:20:45	63,08	56,47	83,46	25,00
69	4/8/2020	17:40:45	70,49	47,35	78,23	28,45
70	4/8/2020	18:00:45	75,43	39,23	72,18	34,12
71	4/8/2020	18:20:45	81,54	32,39	67,52	40,53
72	4/8/2020	18:40:45	84,03	28,58	61,34	46,32
73	5/8/2020	7:00:45	20,71	50,39	90,35	35,44
74	5/8/2020	7:20:45	24,41	48,35	88,15	30,47
75	5/8/2020	7:40:45	30,15	46,49	85,50	27,41
76	5/8/2020	8:00:45	35,34	44,42	82,31	25,00
77	5/8/2020	8:20:45	40,55	42,10	79,48	29,50
78	5/8/2020	8:40:45	46,07	40,15	74,33	34,56
79	5/8/2020	9:00:45	51,34	39,03	69,11	39,45
80	5/8/2020	9:20:45	57,56	38,19	65,24	43,37
81	5/8/2020	9:40:45	66,09	36,45	62,37	46,25
82	5/8/2020	10:00:45	81,05	33,10	57,44	49,16
83	5/8/2020	10:20:45	85,10	30,04	51,53	54,34
84	5/8/2020	10:40:45	90,33	28,21	45,14	59,41
85	5/8/2020	11:00:45	84,15	24,33	41,39	63,55

86	5/8/2020	11:20:45	79,45	32,52	36,42	68,58
87	5/8/2020	11:40:45	72,53	39,08	30,20	72,05
88	5/8/2020	12:00:45	66,01	46,52	23,58	75,35
89	5/8/2020	12:20:45	59,12	50,08	31,10	78,40
90	5/8/2020	12:40:45	53,36	54,49	36,53	82,26
91	5/8/2020	13:00:45	48,23	58,30	40,26	85,56
92	5/8/2020	13:20:45	44,18	61,13	44,05	90,16
93	5/8/2020	13:40:45	40,39	65,26	49,57	84,45
94	5/8/2020	14:00:45	37,15	69,37	54,33	78,12
95	5/8/2020	14:20:45	33,46	73,10	58,39	69,49
96	5/8/2020	14:40:45	29,38	77,16	64,43	61,21
97	5/8/2020	15:00:45	23,57	80,32	69,51	57,35
98	5/8/2020	15:20:45	30,12	85,41	74,08	51,53
99	5/8/2020	15:40:45	36,37	89,58	77,22	47,15
100	5/8/2020	16:00:45	40,45	83,27	81,10	42,48
101	5/8/2020	16:20:45	45,29	77,32	85,29	37,26
102	5/8/2020	16:40:45	51,19	69,46	89,47	33,41
103	5/8/2020	17:00:45	58,25	62,15	82,30	29,38
104	5/8/2020	17:20:45	65,17	55,05	76,20	24,20
105	5/8/2020	17:40:45	72,42	46,54	69,10	29,44
106	5/8/2020	18:00:45	79,33	38,49	61,04	35,04
107	5/8/2020	18:20:45	85,48	31,23	54,37	41,34
108	5/8/2020	18:40:45	90,18	24,48	45,26	50,57
109	6/8/2020	7:00:45	22,33	53,41	88,24	38,51
110	6/8/2020	7:20:45	26,44	50,28	87,05	33,18
111	6/8/2020	7:40:45	31,18	47,19	86,40	28,32
112	6/8/2020	8:00:45	37,36	45,32	83,21	24,47
113	6/8/2020	8:20:45	42,58	43,26	80,52	30,43
114	6/8/2020	8:40:45	47,09	41,39	75,28	35,04

115	6/8/2020	9:00:45	52,35	40,12	70,19	40,35
116	6/8/2020	9:20:45	58,57	39,25	66,33	44,26
117	6/8/2020	9:40:45	67,10	37,33	63,45	47,32
118	6/8/2020	10:00:45	82,07	34,22	58,36	50,08
119	6/8/2020	10:20:45	85,14	31,18	52,15	55,42
120	6/8/2020	10:40:45	90,24	29,34	46,22	60,53
121	6/8/2020	11:00:45	87,22	24,45	42,31	64,45
122	6/8/2020	11:20:45	81,37	32,49	37,06	69,33
123	6/8/2020	11:40:45	73,56	40,13	31,39	73,17
124	6/8/2020	12:00:45	67,05	47,29	24,47	76,25
125	6/8/2020	12:20:45	60,19	51,16	32,24	79,55
126	6/8/2020	12:40:45	54,41	55,35	37,21	83,09
127	6/8/2020	13:00:45	49,27	59,31	41,33	85,46
128	6/8/2020	13:20:45	45,15	62,23	45,14	89,10
129	6/8/2020	13:40:45	41,36	66,30	50,48	83,35
130	6/8/2020	14:00:45	38,18	70,41	55,29	77,23
131	6/8/2020	14:20:45	34,23	74,21	59,43	69,52
132	6/8/2020	14:40:45	30,42	78,08	65,33	62,34
133	6/8/2020	15:00:45	24,59	81,27	70,45	58,29
134	6/8/2020	15:20:45	31,23	85,52	75,13	52,31
135	6/8/2020	15:40:45	37,45	90,25	78,36	48,08
136	6/8/2020	16:00:45	41,32	84,32	82,23	43,37
137	6/8/2020	16:20:45	46,37	77,44	85,02	38,18
138	6/8/2020	16:40:45	52,26	70,37	90,01	34,33
139	6/8/2020	17:00:45	58,16	63,29	87,15	30,41
140	6/8/2020	17:20:45	63,08	56,47	83,46	25,00
141	6/8/2020	17:40:45	70,49	47,35	78,23	28,45
142	6/8/2020	18:00:45	75,43	39,23	72,18	34,12
143	6/8/2020	18:20:45	81,54	32,39	67,52	40,53

144	6/8/2020	18:40:45	84,03	28,58	61,34	46,32
145	7/8/2020	7:00:45	20,71	50,39	90,35	35,44
146	7/8/2020	7:20:45	24,41	48,35	88,15	30,47
147	7/8/2020	7:40:45	30,15	46,49	85,50	27,41
148	7/8/2020	8:00:45	35,34	44,42	82,31	25,00
149	7/8/2020	8:20:45	40,55	42,10	79,48	29,50
150	7/8/2020	8:40:45	46,07	40,15	74,33	34,56
151	7/8/2020	9:00:45	51,34	39,03	69,11	39,45
152	7/8/2020	9:20:45	57,56	38,19	65,24	43,37
153	7/8/2020	9:40:45	66,09	36,45	62,37	46,25
154	7/8/2020	10:00:45	81,05	33,10	57,44	49,16
155	7/8/2020	10:20:45	85,10	30,04	51,53	54,34
156	7/8/2020	10:40:45	90,33	28,21	45,14	59,41
157	7/8/2020	11:00:45	84,15	24,33	41,39	63,55
158	7/8/2020	11:20:45	79,45	32,52	36,42	68,58
159	7/8/2020	11:40:45	72,53	39,08	30,20	72,05
160	7/8/2020	12:00:45	66,01	46,52	23,58	75,35
161	7/8/2020	12:20:45	59,12	50,08	31,10	78,40
162	7/8/2020	12:40:45	53,36	54,49	36,53	82,26
163	7/8/2020	13:00:45	48,23	58,30	40,26	85,56
164	7/8/2020	13:20:45	44,18	61,13	44,05	90,16
165	7/8/2020	13:40:45	40,39	65,26	49,57	84,45
166	7/8/2020	14:00:45	37,15	69,37	54,33	78,12
167	7/8/2020	14:20:45	33,46	73,10	58,39	69,49
168	7/8/2020	14:40:45	29,38	77,16	64,43	61,21
169	7/8/2020	15:00:45	23,57	80,32	69,51	57,35
170	7/8/2020	15:20:45	30,12	85,41	74,08	51,53
171	7/8/2020	15:40:45	36,37	89,58	77,22	47,15
172	7/8/2020	16:00:45	40,45	83,27	81,10	42,48

173	7/8/2020	16:20:45	45,29	77,32	85,29	37,26
174	7/8/2020	16:40:45	51,19	69,46	89,47	33,41
175	7/8/2020	17:00:45	58,25	62,15	82,30	29,38
176	7/8/2020	17:20:45	65,17	55,05	76,20	24,20
177	7/8/2020	17:40:45	72,42	46,54	69,10	29,44
178	7/8/2020	18:00:45	79,33	38,49	61,04	35,04
179	7/8/2020	18:20:45	85,48	31,23	54,37	41,34
180	7/8/2020	18:40:45	90,18	24,48	45,26	50,57
181	8/8/2020	7:00:45	22,33	53,41	88,24	38,51
182	8/8/2020	7:20:45	26,44	50,28	87,05	33,18
183	8/8/2020	7:40:45	31,18	47,19	86,40	28,32
184	8/8/2020	8:00:45	37,36	45,32	83,21	24,47
185	8/8/2020	8:20:45	42,58	43,26	80,52	30,43
186	8/8/2020	8:40:45	47,09	41,39	75,28	35,04
187	8/8/2020	9:00:45	52,35	40,12	70,19	40,35
188	8/8/2020	9:20:45	58,57	39,25	66,33	44,26
189	8/8/2020	9:40:45	67,10	37,33	63,45	47,32
190	8/8/2020	10:00:45	82,07	34,22	58,36	50,08
191	8/8/2020	10:20:45	85,14	31,18	52,15	55,42
192	8/8/2020	10:40:45	90,24	29,34	46,22	60,53
193	8/8/2020	11:00:45	87,22	24,45	42,31	64,45
194	8/8/2020	11:20:45	81,37	32,49	37,06	69,33
195	8/8/2020	11:40:45	73,56	40,13	31,39	73,17
196	8/8/2020	12:00:45	67,05	47,29	24,47	76,25
197	8/8/2020	12:20:45	60,19	51,16	32,24	79,55
198	8/8/2020	12:40:45	54,41	55,35	37,21	83,09
199	8/8/2020	13:00:45	49,27	59,31	41,33	85,46
200	8/8/2020	13:20:45	45,15	62,23	45,14	89,10
201	8/8/2020	13:40:45	41,36	66,30	50,48	83,35

202	8/8/2020	14:00:45	38,18	70,41	55,29	77,23
203	8/8/2020	14:20:45	34,23	74,21	59,43	69,52
204	8/8/2020	14:40:45	30,42	78,08	65,33	62,34
205	8/8/2020	15:00:45	24,59	81,27	70,45	58,29
206	8/8/2020	15:20:45	31,23	85,52	75,13	52,31
207	8/8/2020	15:40:45	37,45	90,25	78,36	48,08
208	8/8/2020	16:00:45	41,32	84,32	82,23	43,37
209	8/8/2020	16:20:45	46,37	77,44	85,02	38,18
210	8/8/2020	16:40:45	52,26	70,37	90,01	34,33
211	8/8/2020	17:00:45	58,16	63,29	87,15	30,41
212	8/8/2020	17:20:45	63,08	56,47	83,46	25,00
213	8/8/2020	17:40:45	70,49	47,35	78,23	28,45
214	8/8/2020	18:00:45	75,43	39,23	72,18	34,12
215	8/8/2020	18:20:45	81,54	32,39	67,52	40,53
216	8/8/2020	18:40:45	84,03	28,58	61,34	46,32
217	9/8/2020	7:00:45	20,71	50,39	90,35	35,44
218	9/8/2020	7:20:45	24,41	48,35	88,15	30,47
219	9/8/2020	7:40:45	30,15	46,49	85,50	27,41
220	9/8/2020	8:00:45	35,34	44,42	82,31	25,00
221	9/8/2020	8:20:45	40,55	42,10	79,48	29,50
222	9/8/2020	8:40:45	46,07	40,15	74,33	34,56
223	9/8/2020	9:00:45	51,34	39,03	69,11	39,45
224	9/8/2020	9:20:45	57,56	38,19	65,24	43,37
225	9/8/2020	9:40:45	66,09	36,45	62,37	46,25
226	9/8/2020	10:00:45	81,05	33,10	57,44	49,16
227	9/8/2020	10:20:45	85,10	30,04	51,53	54,34
228	9/8/2020	10:40:45	90,33	28,21	45,14	59,41
229	9/8/2020	11:00:45	84,15	24,33	41,39	63,55
230	9/8/2020	11:20:45	79,45	32,52	36,42	68,58

231	9/8/2020	11:40:45	72,53	39,08	30,20	72,05
232	9/8/2020	12:00:45	66,01	46,52	23,58	75,35
233	9/8/2020	12:20:45	59,12	50,08	31,10	78,40
234	9/8/2020	12:40:45	53,36	54,49	36,53	82,26
235	9/8/2020	13:00:45	48,23	58,30	40,26	85,56
236	9/8/2020	13:20:45	44,18	61,13	44,05	90,16
237	9/8/2020	13:40:45	40,39	65,26	49,57	84,45
238	9/8/2020	14:00:45	37,15	69,37	54,33	78,12
239	9/8/2020	14:20:45	33,46	73,10	58,39	69,49
240	9/8/2020	14:40:45	29,38	77,16	64,43	61,21
241	9/8/2020	15:00:45	23,57	80,32	69,51	57,35
242	9/8/2020	15:20:45	30,12	85,41	74,08	51,53
243	9/8/2020	15:40:45	36,37	89,58	77,22	47,15
244	9/8/2020	16:00:45	40,45	83,27	81,10	42,48
245	9/8/2020	16:20:45	45,29	77,32	85,29	37,26
246	9/8/2020	16:40:45	51,19	69,46	89,47	33,41
247	9/8/2020	17:00:45	58,25	62,15	82,30	29,38
248	9/8/2020	17:20:45	65,17	55,05	76,20	24,20
249	9/8/2020	17:40:45	72,42	46,54	69,10	29,44
250	9/8/2020	18:00:45	79,33	38,49	61,04	35,04
251	9/8/2020	18:20:45	85,48	31,23	54,37	41,34
252	9/8/2020	18:40:45	90,18	24,48	45,26	50,57
253	10/8/2020	7:00:45	22,33	53,41	88,24	38,51
254	10/8/2020	7:20:45	26,44	50,28	87,05	33,18
255	10/8/2020	7:40:45	31,18	47,19	86,40	28,32
256	10/8/2020	8:00:45	37,36	45,32	83,21	24,47
257	10/8/2020	8:20:45	42,58	43,26	80,52	30,43
258	10/8/2020	8:40:45	47,09	41,39	75,28	35,04
259	10/8/2020	9:00:45	52,35	40,12	70,19	40,35

260	10/8/2020	9:20:45	58,57	39,25	66,33	44,26
261	10/8/2020	9:40:45	67,10	37,33	63,45	47,32
262	10/8/2020	10:00:45	82,07	34,22	58,36	50,08
263	10/8/2020	10:20:45	85,14	31,18	52,15	55,42
264	10/8/2020	10:40:45	90,24	29,34	46,22	60,53
265	10/8/2020	11:00:45	87,22	24,45	42,31	64,45
266	10/8/2020	11:20:45	81,37	32,49	37,06	69,33
267	10/8/2020	11:40:45	73,56	40,13	31,39	73,17
268	10/8/2020	12:00:45	67,05	47,29	24,47	76,25
269	10/8/2020	12:20:45	60,19	51,16	32,24	79,55
270	10/8/2020	12:40:45	54,41	55,35	37,21	83,09
271	10/8/2020	13:00:45	49,27	59,31	41,33	85,46
272	10/8/2020	13:20:45	45,15	62,23	45,14	89,10
273	10/8/2020	13:40:45	41,36	66,30	50,48	83,35
274	10/8/2020	14:00:45	38,18	70,41	55,29	77,23
275	10/8/2020	14:20:45	34,23	74,21	59,43	69,52
276	10/8/2020	14:40:45	30,42	78,08	65,33	62,34
277	10/8/2020	15:00:45	24,59	81,27	70,45	58,29
278	10/8/2020	15:20:45	31,23	85,52	75,13	52,31
279	10/8/2020	15:40:45	37,45	90,25	78,36	48,08
280	10/8/2020	16:00:45	41,32	84,32	82,23	43,37
281	10/8/2020	16:20:45	46,37	77,44	85,02	38,18
282	10/8/2020	16:40:45	52,26	70,37	90,01	34,33
283	10/8/2020	17:00:45	58,16	63,29	87,15	30,41
284	10/8/2020	17:20:45	63,08	56,47	83,46	25,00
285	10/8/2020	17:40:45	70,49	47,35	78,23	28,45
286	10/8/2020	18:00:45	75,43	39,23	72,18	34,12
287	10/8/2020	18:20:45	81,54	32,39	67,52	40,53
288	10/8/2020	18:40:45	84,03	28,58	61,34	46,32

289	11/8/2020	7:00:45	20,71	50,39	90,35	35,44
290	11/8/2020	7:20:45	24,41	48,35	88,15	30,47
291	11/8/2020	7:40:45	30,15	46,49	85,50	27,41
292	11/8/2020	8:00:45	35,34	44,42	82,31	25,00
293	11/8/2020	8:20:45	40,55	42,10	79,48	29,50
294	11/8/2020	8:40:45	46,07	40,15	74,33	34,56
295	11/8/2020	9:00:45	51,34	39,03	69,11	39,45
296	11/8/2020	9:20:45	57,56	38,19	65,24	43,37
297	11/8/2020	9:40:45	66,09	36,45	62,37	46,25
298	11/8/2020	10:00:45	81,05	33,10	57,44	49,16
299	11/8/2020	10:20:45	85,10	30,04	51,53	54,34
300	11/8/2020	10:40:45	90,33	28,21	45,14	59,41
301	11/8/2020	11:00:45	84,15	24,33	41,39	63,55
302	11/8/2020	11:20:45	79,45	32,52	36,42	68,58
303	11/8/2020	11:40:45	72,53	39,08	30,20	72,05
304	11/8/2020	12:00:45	66,01	46,52	23,58	75,35
305	11/8/2020	12:20:45	59,12	50,08	31,10	78,40
306	11/8/2020	12:40:45	53,36	54,49	36,53	82,26
307	11/8/2020	13:00:45	48,23	58,30	40,26	85,56
308	11/8/2020	13:20:45	44,18	61,13	44,05	90,16
309	11/8/2020	13:40:45	40,39	65,26	49,57	84,45
310	11/8/2020	14:00:45	37,15	69,37	54,33	78,12
311	11/8/2020	14:20:45	33,46	73,10	58,39	69,49
312	11/8/2020	14:40:45	29,38	77,16	64,43	61,21
313	11/8/2020	15:00:45	23,57	80,32	69,51	57,35
314	11/8/2020	15:20:45	30,12	85,41	74,08	51,53
315	11/8/2020	15:40:45	36,37	89,58	77,22	47,15
316	11/8/2020	16:00:45	40,45	83,27	81,10	42,48
317	11/8/2020	16:20:45	45,29	77,32	85,29	37,26

318	11/8/2020	16:40:45	51,19	69,46	89,47	33,41
319	11/8/2020	17:00:45	58,25	62,15	82,30	29,38
320	11/8/2020	17:20:45	65,17	55,05	76,20	24,20
321	11/8/2020	17:40:45	72,42	46,54	69,10	29,44
322	11/8/2020	18:00:45	79,33	38,49	61,04	35,04
323	11/8/2020	18:20:45	85,48	31,23	54,37	41,34
324	11/8/2020	18:40:45	90,18	24,48	45,26	50,57
325	12/8/2020	7:00:45	22,33	53,41	88,24	38,51
326	12/8/2020	7:20:45	26,44	50,28	87,05	33,18
327	12/8/2020	7:40:45	31,18	47,19	86,40	28,32
328	12/8/2020	8:00:45	37,36	45,32	83,21	24,47
329	12/8/2020	8:20:45	42,58	43,26	80,52	30,43
330	12/8/2020	8:40:45	47,09	41,39	75,28	35,04
331	12/8/2020	9:00:45	52,35	40,12	70,19	40,35
332	12/8/2020	9:20:45	58,57	39,25	66,33	44,26
333	12/8/2020	9:40:45	67,10	37,33	63,45	47,32
334	12/8/2020	10:00:45	82,07	34,22	58,36	50,08
335	12/8/2020	10:20:45	85,14	31,18	52,15	55,42
336	12/8/2020	10:40:45	90,24	29,34	46,22	60,53
337	12/8/2020	11:00:45	87,22	24,45	42,31	64,45
338	12/8/2020	11:20:45	81,37	32,49	37,06	69,33
339	12/8/2020	11:40:45	73,56	40,13	31,39	73,17
340	12/8/2020	12:00:45	67,05	47,29	24,47	76,25
341	12/8/2020	12:20:45	60,19	51,16	32,24	79,55
342	12/8/2020	12:40:45	54,41	55,35	37,21	83,09
343	12/8/2020	13:00:45	49,27	59,31	41,33	85,46
344	12/8/2020	13:20:45	45,15	62,23	45,14	89,10
345	12/8/2020	13:40:45	41,36	66,30	50,48	83,35
346	12/8/2020	14:00:45	38,18	70,41	55,29	77,23

347	12/8/2020	14:20:45	34,23	74,21	59,43	69,52
348	12/8/2020	14:40:45	30,42	78,08	65,33	62,34
349	12/8/2020	15:00:45	24,59	81,27	70,45	58,29
350	12/8/2020	15:20:45	31,23	85,52	75,13	52,31
351	12/8/2020	15:40:45	37,45	90,25	78,36	48,08
352	12/8/2020	16:00:45	41,32	84,32	82,23	43,37
353	12/8/2020	16:20:45	46,37	77,44	85,02	38,18
354	12/8/2020	16:40:45	52,26	70,37	90,01	34,33
355	12/8/2020	17:00:45	58,16	63,29	87,15	30,41
356	12/8/2020	17:20:45	63,08	56,47	83,46	25,00
357	12/8/2020	17:40:45	70,49	47,35	78,23	28,45
358	12/8/2020	18:00:45	75,43	39,23	72,18	34,12
359	12/8/2020	18:20:45	81,54	32,39	67,52	40,53
360	12/8/2020	18:40:45	84,03	28,58	61,34	46,32
361	13/8/2020	7:00:45	20,71	50,39	90,35	35,44
362	13/8/2020	7:20:45	24,41	48,35	88,15	30,47
363	13/8/2020	7:40:45	30,15	46,49	85,50	27,41
364	13/8/2020	8:00:45	35,34	44,42	82,31	25,00
365	13/8/2020	8:20:45	40,55	42,10	79,48	29,50
366	13/8/2020	8:40:45	46,07	40,15	74,33	34,56
367	13/8/2020	9:00:45	51,34	39,03	69,11	39,45
368	13/8/2020	9:20:45	57,56	38,19	65,24	43,37
369	13/8/2020	9:40:45	66,09	36,45	62,37	46,25
370	13/8/2020	10:00:45	81,05	33,10	57,44	49,16
371	13/8/2020	10:20:45	85,10	30,04	51,53	54,34
372	13/8/2020	10:40:45	90,33	28,21	45,14	59,41
373	13/8/2020	11:00:45	84,15	24,33	41,39	63,55
374	13/8/2020	11:20:45	79,45	32,52	36,42	68,58
375	13/8/2020	11:40:45	72,53	39,08	30,20	72,05

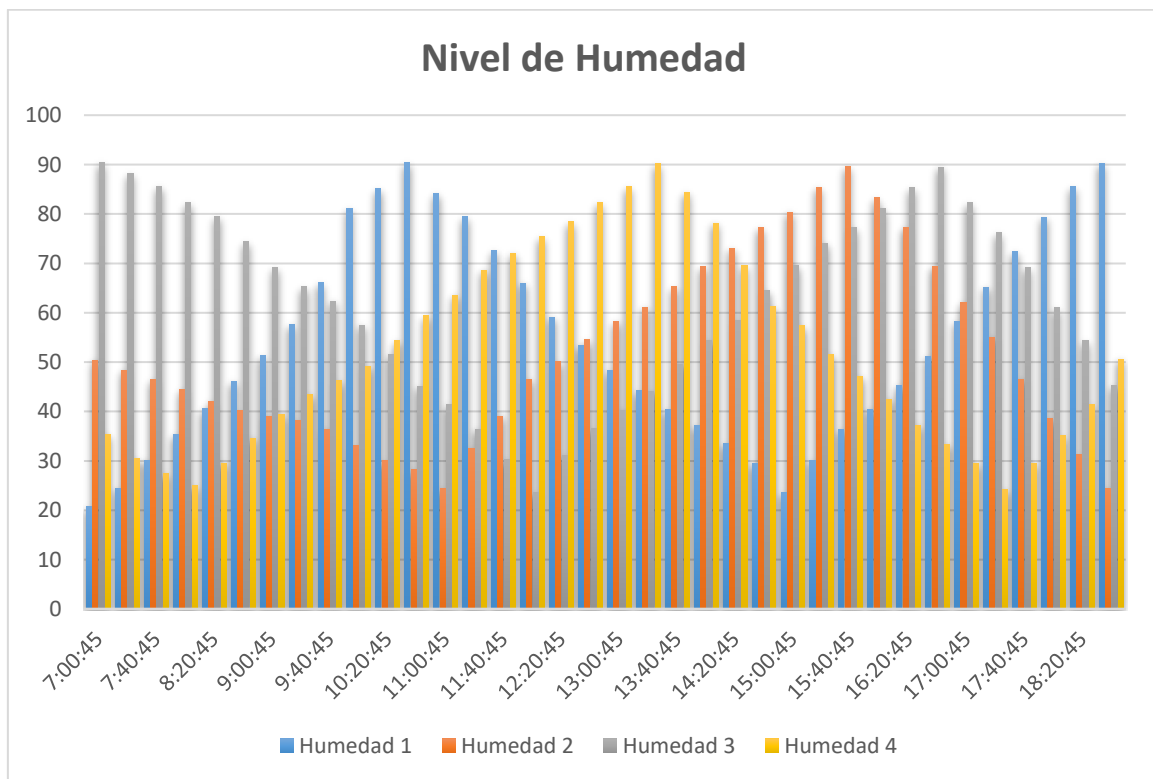
376	13/8/2020	12:00:45	66,01	46,52	23,58	75,35
377	13/8/2020	12:20:45	59,12	50,08	31,10	78,40
378	13/8/2020	12:40:45	53,36	54,49	36,53	82,26
379	13/8/2020	13:00:45	48,23	58,30	40,26	85,56
380	13/8/2020	13:20:45	44,18	61,13	44,05	90,16
381	13/8/2020	13:40:45	40,39	65,26	49,57	84,45
382	13/8/2020	14:00:45	37,15	69,37	54,33	78,12
383	13/8/2020	14:20:45	33,46	73,10	58,39	69,49
384	13/8/2020	14:40:45	29,38	77,16	64,43	61,21
385	13/8/2020	15:00:45	23,57	80,32	69,51	57,35
386	13/8/2020	15:20:45	30,12	85,41	74,08	51,53
387	13/8/2020	15:40:45	36,37	89,58	77,22	47,15
388	13/8/2020	16:00:45	40,45	83,27	81,10	42,48
389	13/8/2020	16:20:45	45,29	77,32	85,29	37,26
390	13/8/2020	16:40:45	51,19	69,46	89,47	33,41
391	13/8/2020	17:00:45	58,25	62,15	82,30	29,38
392	13/8/2020	17:20:45	65,17	55,05	76,20	24,20
393	13/8/2020	17:40:45	72,42	46,54	69,10	29,44
394	13/8/2020	18:00:45	79,33	38,49	61,04	35,04
395	13/8/2020	18:20:45	85,48	31,23	54,37	41,34
396	13/8/2020	18:40:45	90,18	24,48	45,26	50,57
397	14/8/2020	7:00:45	22,33	53,41	88,24	38,51
398	14/8/2020	7:20:45	26,44	50,28	87,05	33,18
399	14/8/2020	7:40:45	31,18	47,19	86,40	28,32
400	14/8/2020	8:00:45	37,36	45,32	83,21	24,47
401	14/8/2020	8:20:45	42,58	43,26	80,52	30,43
402	14/8/2020	8:40:45	47,09	41,39	75,28	35,04
403	14/8/2020	9:00:45	52,35	40,12	70,19	40,35
404	14/8/2020	9:20:45	58,57	39,25	66,33	44,26

405	14/8/2020	9:40:45	67,10	37,33	63,45	47,32
406	14/8/2020	10:00:45	82,07	34,22	58,36	50,08
407	14/8/2020	10:20:45	85,14	31,18	52,15	55,42
408	14/8/2020	10:40:45	90,24	29,34	46,22	60,53
409	14/8/2020	11:00:45	87,22	24,45	42,31	64,45
410	14/8/2020	11:20:45	81,37	32,49	37,06	69,33
411	14/8/2020	11:40:45	73,56	40,13	31,39	73,17
412	14/8/2020	12:00:45	67,05	47,29	24,47	76,25
413	14/8/2020	12:20:45	60,19	51,16	32,24	79,55
414	14/8/2020	12:40:45	54,41	55,35	37,21	83,09
415	14/8/2020	13:00:45	49,27	59,31	41,33	85,46
416	14/8/2020	13:20:45	45,15	62,23	45,14	89,10
417	14/8/2020	13:40:45	41,36	66,30	50,48	83,35
418	14/8/2020	14:00:45	38,18	70,41	55,29	77,23
419	14/8/2020	14:20:45	34,23	74,21	59,43	69,52
420	14/8/2020	14:40:45	30,42	78,08	65,33	62,34
421	14/8/2020	15:00:45	24,59	81,27	70,45	58,29
422	14/8/2020	15:20:45	31,23	85,52	75,13	52,31
423	14/8/2020	15:40:45	37,45	90,25	78,36	48,08
424	14/8/2020	16:00:45	41,32	84,32	82,23	43,37
425	14/8/2020	16:20:45	46,37	77,44	85,02	38,18
426	14/8/2020	16:40:45	52,26	70,37	90,01	34,33
427	14/8/2020	17:00:45	58,16	63,29	87,15	30,41
428	14/8/2020	17:20:45	63,08	56,47	83,46	25,00
429	14/8/2020	17:40:45	70,49	47,35	78,23	28,45
430	14/8/2020	18:00:45	75,43	39,23	72,18	34,12
431	14/8/2020	18:20:45	81,54	32,39	67,52	40,53
432	14/8/2020	18:40:45	84,03	28,58	61,34	46,32
433	15/8/2020	7:00:45	20,71	50,39	90,35	35,44

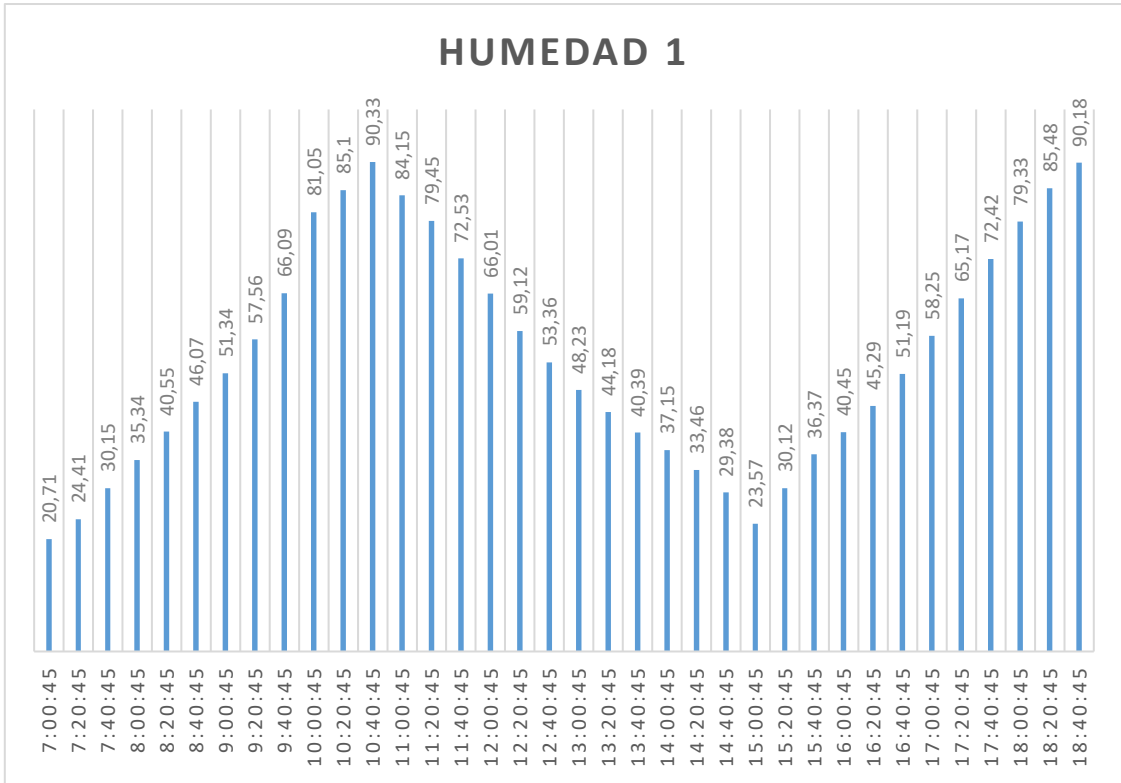
434	15/8/2020	7:20:45	24,41	48,35	88,15	30,47
435	15/8/2020	7:40:45	30,15	46,49	85,50	27,41
436	15/8/2020	8:00:45	35,34	44,42	82,31	25,00
437	15/8/2020	8:20:45	40,55	42,10	79,48	29,50
438	15/8/2020	8:40:45	46,07	40,15	74,33	34,56
439	15/8/2020	9:00:45	51,34	39,03	69,11	39,45
440	15/8/2020	9:20:45	57,56	38,19	65,24	43,37
441	15/8/2020	9:40:45	66,09	36,45	62,37	46,25
442	15/8/2020	10:00:45	81,05	33,10	57,44	49,16
443	15/8/2020	10:20:45	85,10	30,04	51,53	54,34
444	15/8/2020	10:40:45	90,33	28,21	45,14	59,41
445	15/8/2020	11:00:45	84,15	24,33	41,39	63,55
446	15/8/2020	11:20:45	79,45	32,52	36,42	68,58
447	15/8/2020	11:40:45	72,53	39,08	30,20	72,05
448	15/8/2020	12:00:45	66,01	46,52	23,58	75,35
449	15/8/2020	12:20:45	59,12	50,08	31,10	78,40
450	15/8/2020	12:40:45	53,36	54,49	36,53	82,26
451	15/8/2020	13:00:45	48,23	58,30	40,26	85,56
452	15/8/2020	13:20:45	44,18	61,13	44,05	90,16
453	15/8/2020	13:40:45	40,39	65,26	49,57	84,45
454	15/8/2020	14:00:45	37,15	69,37	54,33	78,12
455	15/8/2020	14:20:45	33,46	73,10	58,39	69,49
456	15/8/2020	14:40:45	29,38	77,16	64,43	61,21
457	15/8/2020	15:00:45	23,57	80,32	69,51	57,35
458	15/8/2020	15:20:45	30,12	85,41	74,08	51,53
459	15/8/2020	15:40:45	36,37	89,58	77,22	47,15
460	15/8/2020	16:00:45	40,45	83,27	81,10	42,48
461	15/8/2020	16:20:45	45,29	77,32	85,29	37,26
462	15/8/2020	16:40:45	51,19	69,46	89,47	33,41

463	15/8/2020	17:00:45	58,25	62,15	82,30	29,38
464	15/8/2020	17:20:45	65,17	55,05	76,20	24,20
465	15/8/2020	17:40:45	72,42	46,54	69,10	29,44
466	15/8/2020	18:00:45	79,33	38,49	61,04	35,04
467	15/8/2020	18:20:45	85,48	31,23	54,37	41,34
468	15/8/2020	18:40:45	90,18	24,48	45,26	50,57
469	16/8/2020	7:00:45	22,33	53,41	88,24	38,51
470	16/8/2020	7:20:45	26,44	50,28	87,05	33,18
471	16/8/2020	7:40:45	31,18	47,19	86,40	28,32
472	16/8/2020	8:00:45	37,36	45,32	83,21	24,47
473	16/8/2020	8:20:45	42,58	43,26	80,52	30,43
474	16/8/2020	8:40:45	47,09	41,39	75,28	35,04
475	16/8/2020	9:00:45	52,35	40,12	70,19	40,35
476	16/8/2020	9:20:45	58,57	39,25	66,33	44,26
477	16/8/2020	9:40:45	67,10	37,33	63,45	47,32
478	16/8/2020	10:00:45	82,07	34,22	58,36	50,08
479	16/8/2020	10:20:45	85,14	31,18	52,15	55,42
480	16/8/2020	10:40:45	90,24	29,34	46,22	60,53
481	16/8/2020	11:00:45	87,22	24,45	42,31	64,45
482	16/8/2020	11:20:45	81,37	32,49	37,06	69,33
483	16/8/2020	11:40:45	73,56	40,13	31,39	73,17
484	16/8/2020	12:00:45	67,05	47,29	24,47	76,25
485	16/8/2020	12:20:45	60,19	51,16	32,24	79,55
486	16/8/2020	12:40:45	54,41	55,35	37,21	83,09
487	16/8/2020	13:00:45	49,27	59,31	41,33	85,46
488	16/8/2020	13:20:45	45,15	62,23	45,14	89,10
489	16/8/2020	13:40:45	41,36	66,30	50,48	83,35
490	16/8/2020	14:00:45	38,18	70,41	55,29	77,23
491	16/8/2020	14:20:45	34,23	74,21	59,43	69,52

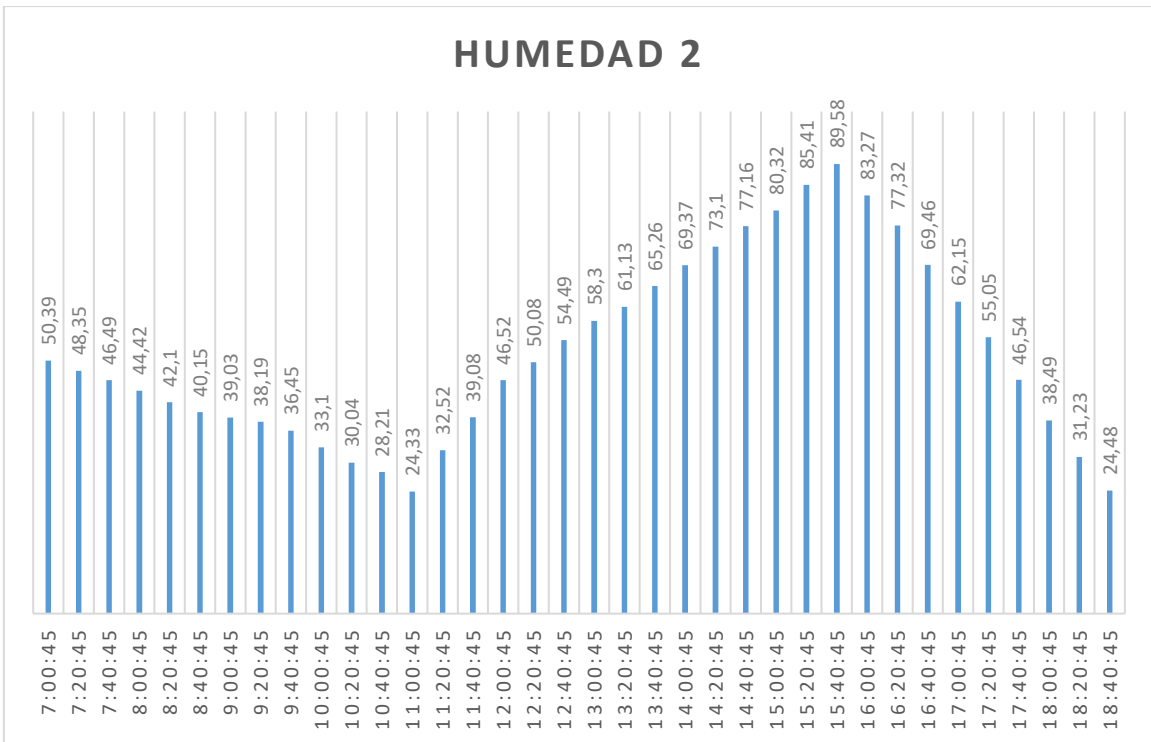
492	16/8/2020	14:40:45	30,42	78,08	65,33	62,34
493	16/8/2020	15:00:45	24,59	81,27	70,45	58,29
494	16/8/2020	15:20:45	31,23	85,52	75,13	52,31
495	16/8/2020	15:40:45	37,45	90,25	78,36	48,08
496	16/8/2020	16:00:45	41,32	84,32	82,23	43,37
497	16/8/2020	16:20:45	46,37	77,44	85,02	38,18
498	16/8/2020	16:40:45	52,26	70,37	90,01	34,33
499	16/8/2020	17:00:45	58,16	63,29	87,15	30,41
500	16/8/2020	17:20:45	63,08	56,47	83,46	25,00
501	16/8/2020	17:40:45	70,49	47,35	78,23	28,45
502	16/8/2020	18:00:45	75,43	39,23	72,18	34,12
503	16/8/2020	18:20:45	81,54	32,39	67,52	40,53
504	16/8/2020	18:40:45	84,03	28,58	61,34	46,32



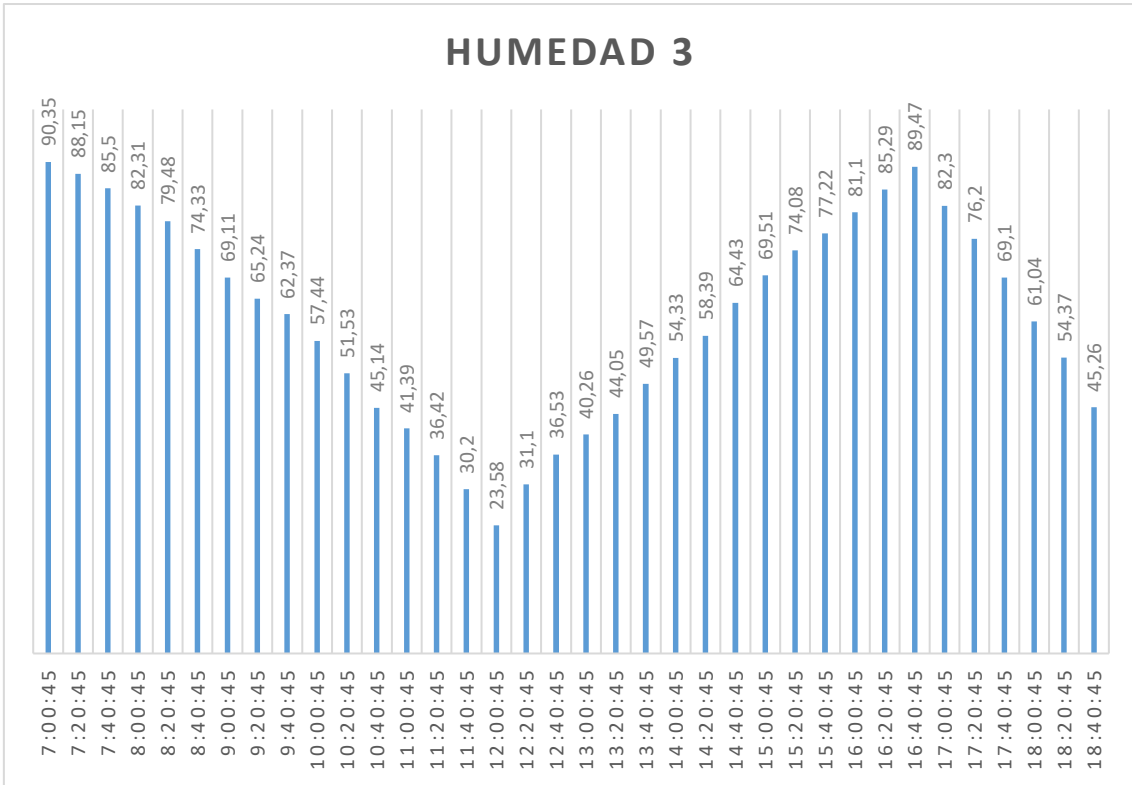
**Anexo III.3** Curva de humedad en las 4 secciones.



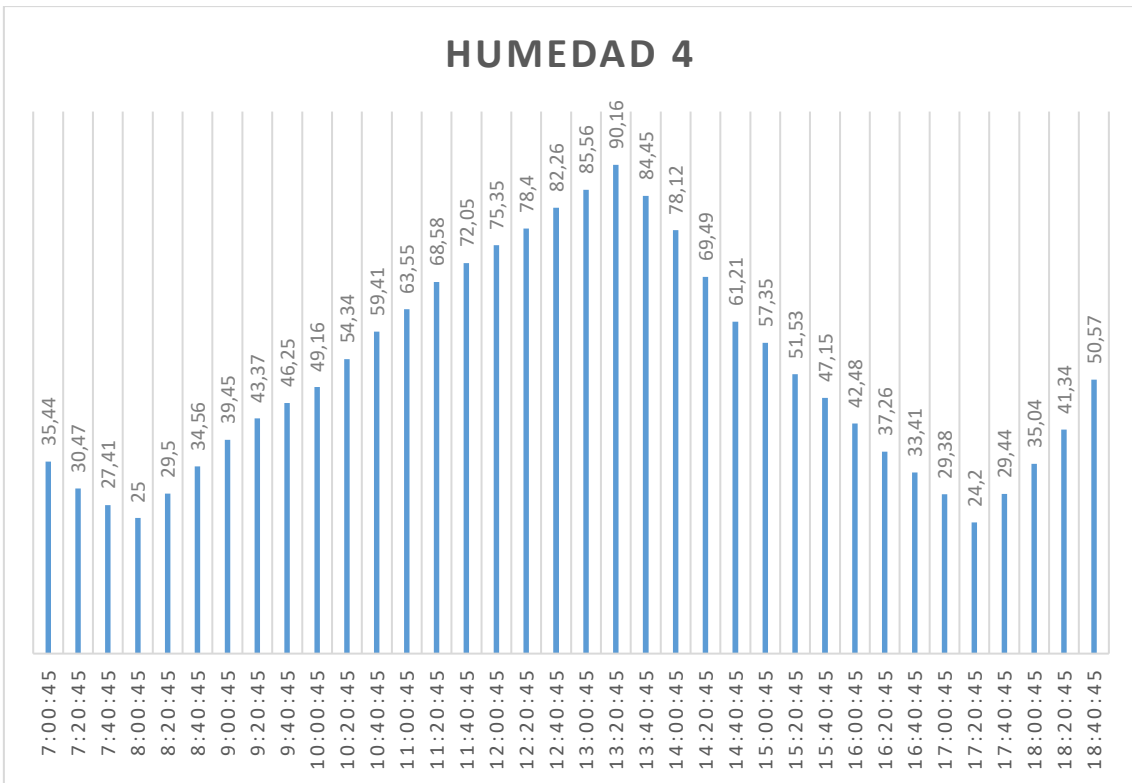
**Anexo III.4** Curva de humedad en la sección 1.



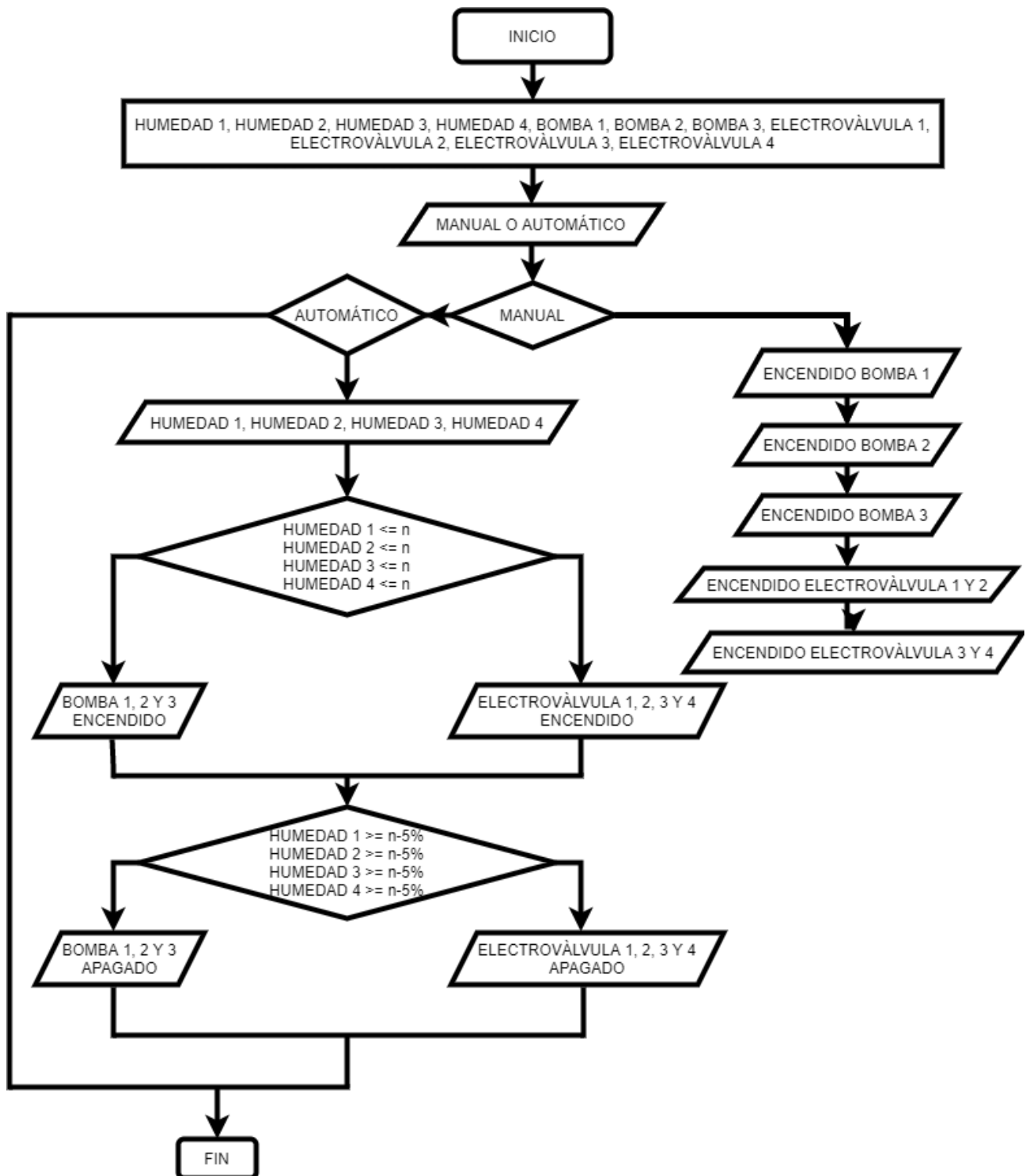
**Anexo III.5** Curva de humedad en la sección 2.



**Anexo III.6** Curva de humedad en la sección 3.



**Anexo III.7** Curva de humedad en la sección 4.



Anexo III.8 Diagrama de Bloques.

**Anexo III.9** Tabla de variables de humedad

N°	Fecha	Tiempo	Humedad 1	Humedad 2	Humedad 3	Humedad 4
1	31/8/2020	7:00:45	28,35	37,16	46,15	59,08
2	31/8/2020	7:20:45	33,41	33,28	45,06	58,13
3	31/8/2020	7:40:45	38,26	29,39	44,30	56,54
4	31/8/2020	8:00:45	42,35	34,45	42,51	54,07
5	31/8/2020	8:20:45	48,43	37,31	41,26	52,34
6	31/8/2020	8:40:45	55,12	41,12	39,48	49,46
7	31/8/2020	9:00:45	58,28	46,08	38,14	47,12
8	31/8/2020	9:20:45	56,45	50,45	36,45	45,31
9	31/8/2020	9:40:45	54,11	55,00	35,41	42,25
10	31/8/2020	10:00:45	52,24	59,16	33,22	39,22
11	31/8/2020	10:20:45	50,18	57,14	31,43	36,39
12	31/8/2020	10:40:45	48,41	54,24	29,14	33,53
13	31/8/2020	11:00:45	46,22	49,35	34,28	30,00
14	31/8/2020	11:20:45	44,35	44,56	37,39	34,41
15	31/8/2020	11:40:45	42,49	41,13	41,31	38,42
16	31/8/2020	12:00:45	39,10	38,47	45,13	42,47
17	31/8/2020	12:20:45	37,24	35,04	49,25	47,53
18	31/8/2020	12:40:45	34,44	32,51	52,46	51,32
19	31/8/2020	13:00:45	32,17	29,35	55,17	55,45
20	31/8/2020	13:20:45	29,29	33,18	59,03	59,16
21	31/8/2020	13:40:45	31,52	37,29	58,24	57,38
22	31/8/2020	14:00:45	33,08	40,46	57,35	56,24
23	31/8/2020	14:20:45	36,58	45,15	55,27	54,46
24	31/8/2020	14:40:45	39,43	49,08	54,32	52,32
25	31/8/2020	15:00:45	42,23	55,41	53,14	50,44

26	31/8/2020	15:20:45	45,05	58,59	51,05	47,31
27	31/8/2020	15:40:45	48,47	57,49	49,33	44,29
28	31/8/2020	16:00:45	51,33	55,21	46,13	41,06
29	31/8/2020	16:20:45	55,04	54,37	42,36	38,39
30	31/8/2020	16:40:45	59,25	52,45	39,52	34,53
31	31/8/2020	17:00:45	58,12	50,09	36,47	29,38
32	31/8/2020	17:20:45	56,54	48,18	32,45	35,33
33	31/8/2020	17:40:45	52,39	46,58	29,10	40,55
34	31/8/2020	18:00:45	48,23	45,27	31,04	46,15
35	31/8/2020	18:20:45	46,55	43,36	32,37	51,27
36	31/8/2020	18:40:45	43,23	41,52	34,26	55,29
37	1/9/2020	7:00:45	30,25	39,08	48,22	59,48
38	1/9/2020	7:20:45	35,18	38,28	47,14	58,24
39	1/9/2020	7:40:45	40,33	35,39	46,41	57,07
40	1/9/2020	8:00:45	44,24	30,00	44,34	56,15
41	1/9/2020	8:20:45	49,39	34,02	42,26	53,29
42	1/9/2020	8:40:45	55,45	39,18	40,48	50,38
43	1/9/2020	9:00:45	58,02	45,33	38,14	48,22
44	1/9/2020	9:20:45	57,31	50,49	37,23	46,23
45	1/9/2020	9:40:45	56,23	55,44	36,12	43,35
46	1/9/2020	10:00:45	53,37	59,30	34,43	40,52
47	1/9/2020	10:20:45	51,29	50,21	32,51	37,26
48	1/9/2020	10:40:45	49,52	48,15	29,05	34,48
49	1/9/2020	11:00:45	47,30	46,44	35,45	30,00
50	1/9/2020	11:20:45	45,28	44,37	38,41	35,32
51	1/9/2020	11:40:45	43,55	42,04	42,28	39,54
52	1/9/2020	12:00:45	40,26	39,53	46,29	43,14
53	1/9/2020	12:20:45	38,45	36,12	50,32	48,05
54	1/9/2020	12:40:45	35,54	33,49	53,37	52,29

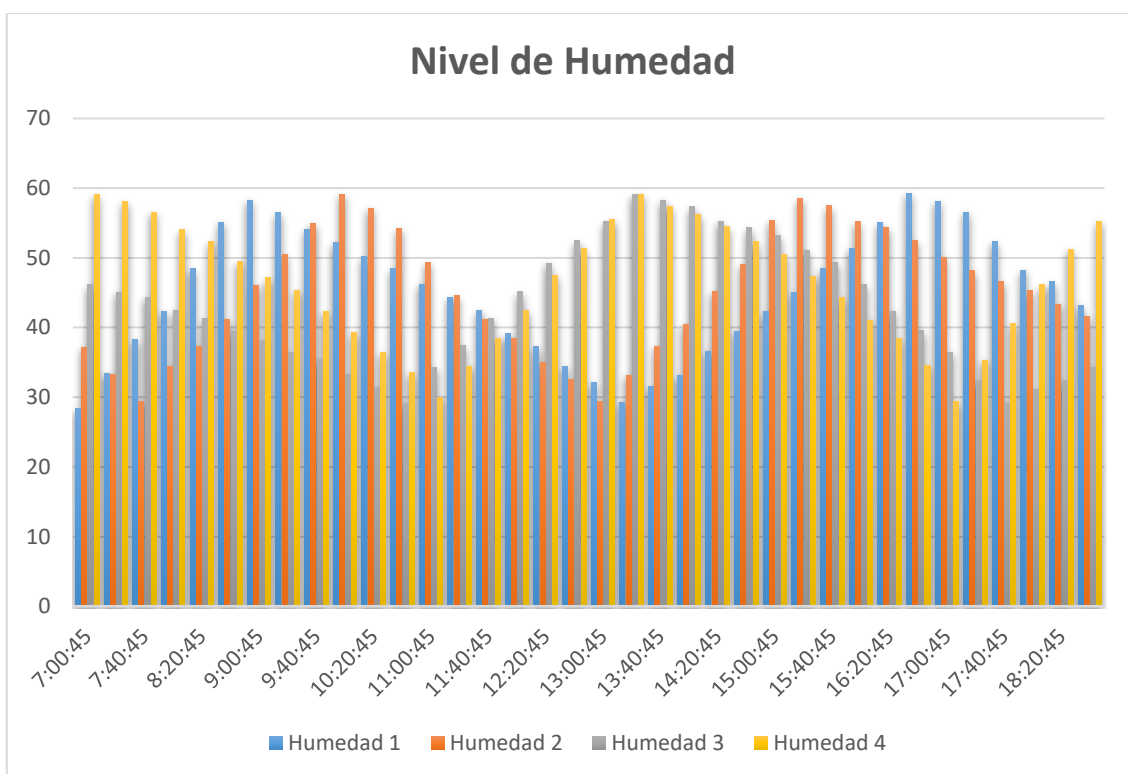
55	1/9/2020	13:00:45	33,07	30,00	55,15	55,31
56	1/9/2020	13:20:45	30,00	34,23	59,15	59,25
57	1/9/2020	13:40:45	32,47	38,47	57,18	58,22
58	1/9/2020	14:00:45	34,16	41,55	56,45	57,33
59	1/9/2020	14:20:45	37,45	46,07	55,04	55,37
60	1/9/2020	14:40:45	40,36	50,39	54,45	53,43
61	1/9/2020	15:00:45	43,15	55,19	53,23	51,12
62	1/9/2020	15:20:45	45,53	59,25	52,35	48,02
63	1/9/2020	15:40:45	47,35	57,35	50,21	45,00
64	1/9/2020	16:00:45	51,22	56,12	47,09	42,19
65	1/9/2020	16:20:45	55,31	55,28	43,42	39,23
66	1/9/2020	16:40:45	59,24	53,32	40,33	35,45
67	1/9/2020	17:00:45	57,29	51,19	37,25	30,00
68	1/9/2020	17:20:45	55,41	49,25	33,18	33,25
69	1/9/2020	17:40:45	53,06	47,36	30,00	38,41
70	1/9/2020	18:00:45	50,34	46,03	33,54	42,05
71	1/9/2020	18:20:45	47,23	44,29	37,23	48,32
72	1/9/2020	18:40:45	41,55	38,47	42,03	52,18
73	2/9/2020	7:00:45	28,35	37,16	46,15	59,08
74	2/9/2020	7:20:45	33,41	33,28	45,06	58,13
75	2/9/2020	7:40:45	38,26	29,39	44,30	56,54
76	2/9/2020	8:00:45	42,35	34,45	42,51	54,07
77	2/9/2020	8:20:45	48,43	37,31	41,26	52,34
78	2/9/2020	8:40:45	55,12	41,12	39,48	49,46
79	2/9/2020	9:00:45	58,28	46,08	38,14	47,12
80	2/9/2020	9:20:45	56,45	50,45	36,45	45,31
81	2/9/2020	9:40:45	54,11	55,00	35,41	42,25
82	2/9/2020	10:00:45	52,24	59,16	33,22	39,22
83	2/9/2020	10:20:45	50,18	57,14	31,43	36,39

84	2/9/2020	10:40:45	48,41	54,24	29,14	33,53
85	2/9/2020	11:00:45	46,22	49,35	34,28	30,00
86	2/9/2020	11:20:45	44,35	44,56	37,39	34,41
87	2/9/2020	11:40:45	42,49	41,13	41,31	38,42
88	2/9/2020	12:00:45	39,10	38,47	45,13	42,47
89	2/9/2020	12:20:45	37,24	35,04	49,25	47,53
90	2/9/2020	12:40:45	34,44	32,51	52,46	51,32
91	2/9/2020	13:00:45	32,17	29,35	55,17	55,45
92	2/9/2020	13:20:45	29,29	33,18	59,03	59,16
93	2/9/2020	13:40:45	31,52	37,29	58,24	57,38
94	2/9/2020	14:00:45	33,08	40,46	57,35	56,24
95	2/9/2020	14:20:45	36,58	45,15	55,27	54,46
96	2/9/2020	14:40:45	39,43	49,08	54,32	52,32
97	2/9/2020	15:00:45	42,23	55,41	53,14	50,44
98	2/9/2020	15:20:45	45,05	58,59	51,05	47,31
99	2/9/2020	15:40:45	48,47	57,49	49,33	44,29
100	2/9/2020	16:00:45	51,33	55,21	46,13	41,06
101	2/9/2020	16:20:45	55,04	54,37	42,36	38,39
102	2/9/2020	16:40:45	59,25	52,45	39,52	34,53
103	2/9/2020	17:00:45	58,12	50,09	36,47	29,38
104	2/9/2020	17:20:45	56,54	48,18	32,45	35,33
105	2/9/2020	17:40:45	52,39	46,58	29,10	40,55
106	2/9/2020	18:00:45	48,23	45,27	31,04	46,15
107	2/9/2020	18:20:45	46,55	43,36	32,37	51,27
108	2/9/2020	18:40:45	43,23	41,52	34,26	55,29
109	3/9/2020	7:00:45	28,35	37,16	46,15	59,08
110	3/9/2020	7:20:45	33,41	33,28	45,06	58,13
111	3/9/2020	7:40:45	38,26	29,39	44,30	56,54
112	3/9/2020	8:00:45	42,35	34,45	42,51	54,07

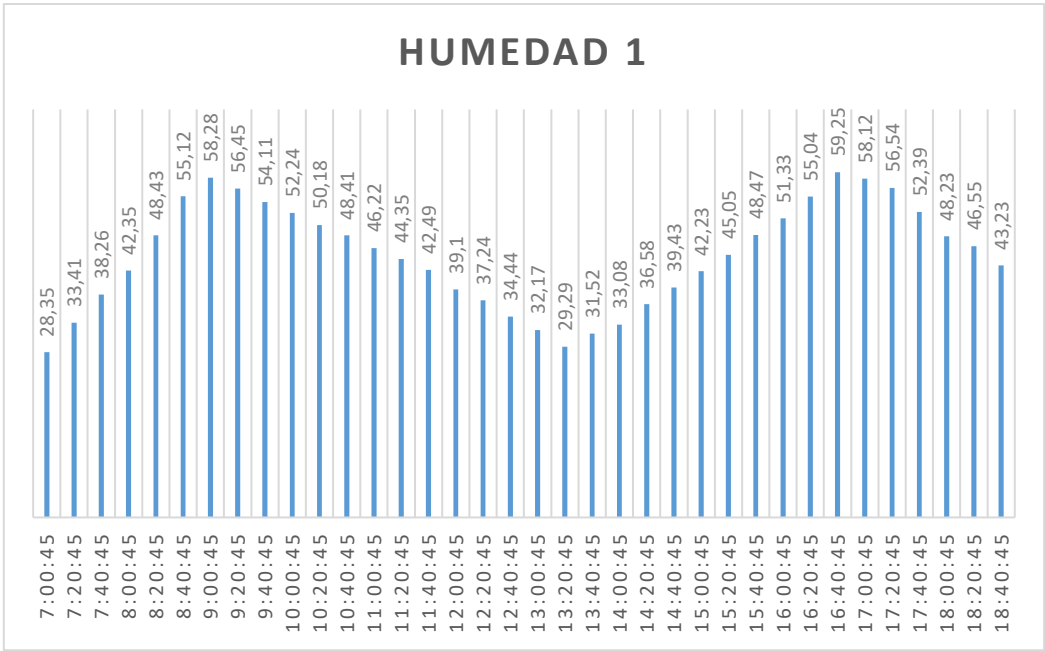
113	3/9/2020	8:20:45	48,43	37,31	41,26	52,34
114	3/9/2020	8:40:45	55,12	41,12	39,48	49,46
115	3/9/2020	9:00:45	58,28	46,08	38,14	47,12
116	3/9/2020	9:20:45	56,45	50,45	36,45	45,31
117	3/9/2020	9:40:45	54,11	55,00	35,41	42,25
118	3/9/2020	10:00:45	52,24	59,16	33,22	39,22
119	3/9/2020	10:20:45	50,18	57,14	31,43	36,39
120	3/9/2020	10:40:45	48,41	54,24	29,14	33,53
121	3/9/2020	11:00:45	46,22	49,35	34,28	30,00
122	3/9/2020	11:20:45	44,35	44,56	37,39	34,41
123	3/9/2020	11:40:45	42,49	41,13	41,31	38,42
124	3/9/2020	12:00:45	39,10	38,47	45,13	42,47
125	3/9/2020	12:20:45	37,24	35,04	49,25	47,53
126	3/9/2020	12:40:45	34,44	32,51	52,46	51,32
127	3/9/2020	13:00:45	32,17	29,35	55,17	55,45
128	3/9/2020	13:20:45	29,29	33,18	59,03	59,16
129	3/9/2020	13:40:45	31,52	37,29	58,24	57,38
130	3/9/2020	14:00:45	33,08	40,46	57,35	56,24
131	3/9/2020	14:20:45	36,58	45,15	55,27	54,46
132	3/9/2020	14:40:45	39,43	49,08	54,32	52,32
133	3/9/2020	15:00:45	42,23	55,41	53,14	50,44
134	3/9/2020	15:20:45	45,05	58,59	51,05	47,31
135	3/9/2020	15:40:45	48,47	57,49	49,33	44,29
136	3/9/2020	16:00:45	51,33	55,21	46,13	41,06
137	3/9/2020	16:20:45	55,04	54,37	42,36	38,39
138	3/9/2020	16:40:45	59,25	52,45	39,52	34,53
139	3/9/2020	17:00:45	58,12	50,09	36,47	29,38
140	3/9/2020	17:20:45	56,54	48,18	32,45	35,33
141	3/9/2020	17:40:45	52,39	46,58	29,10	40,55

142	3/9/2020	18:00:45	48,23	45,27	31,04	46,15
143	3/9/2020	18:20:45	46,55	43,36	32,37	51,27
144	3/9/2020	18:40:45	43,23	41,52	34,26	55,29
145	4/9/2020	7:00:45	30,25	39,08	48,22	59,48
146	4/9/2020	7:20:45	35,18	38,28	47,14	58,24
147	4/9/2020	7:40:45	40,33	35,39	46,41	57,07
148	4/9/2020	8:00:45	44,24	30,00	44,34	56,15
149	4/9/2020	8:20:45	49,39	34,02	42,26	53,29
150	4/9/2020	8:40:45	55,45	39,18	40,48	50,38
151	4/9/2020	9:00:45	58,02	45,33	38,14	48,22
152	4/9/2020	9:20:45	57,31	50,49	37,23	46,23
153	4/9/2020	9:40:45	56,23	55,44	36,12	43,35
154	4/9/2020	10:00:45	53,37	59,30	34,43	40,52
155	4/9/2020	10:20:45	51,29	50,21	32,51	37,26
156	4/9/2020	10:40:45	49,52	48,15	29,05	34,48
157	4/9/2020	11:00:45	47,30	46,44	35,45	30,00
158	4/9/2020	11:20:45	45,28	44,37	38,41	35,32
159	4/9/2020	11:40:45	43,55	42,04	42,28	39,54
160	4/9/2020	12:00:45	40,26	39,53	46,29	43,14
161	4/9/2020	12:20:45	38,45	36,12	50,32	48,05
162	4/9/2020	12:40:45	35,54	33,49	53,37	52,29
163	4/9/2020	13:00:45	33,07	30,00	55,15	55,31
164	4/9/2020	13:20:45	30,00	34,23	59,15	59,25
165	4/9/2020	13:40:45	32,47	38,47	57,18	58,22
166	4/9/2020	14:00:45	34,16	41,55	56,45	57,33
167	4/9/2020	14:20:45	37,45	46,07	55,04	55,37
168	4/9/2020	14:40:45	40,36	50,39	54,45	53,43
169	4/9/2020	15:00:45	43,15	55,19	53,23	51,12
170	4/9/2020	15:20:45	45,53	59,25	52,35	48,02

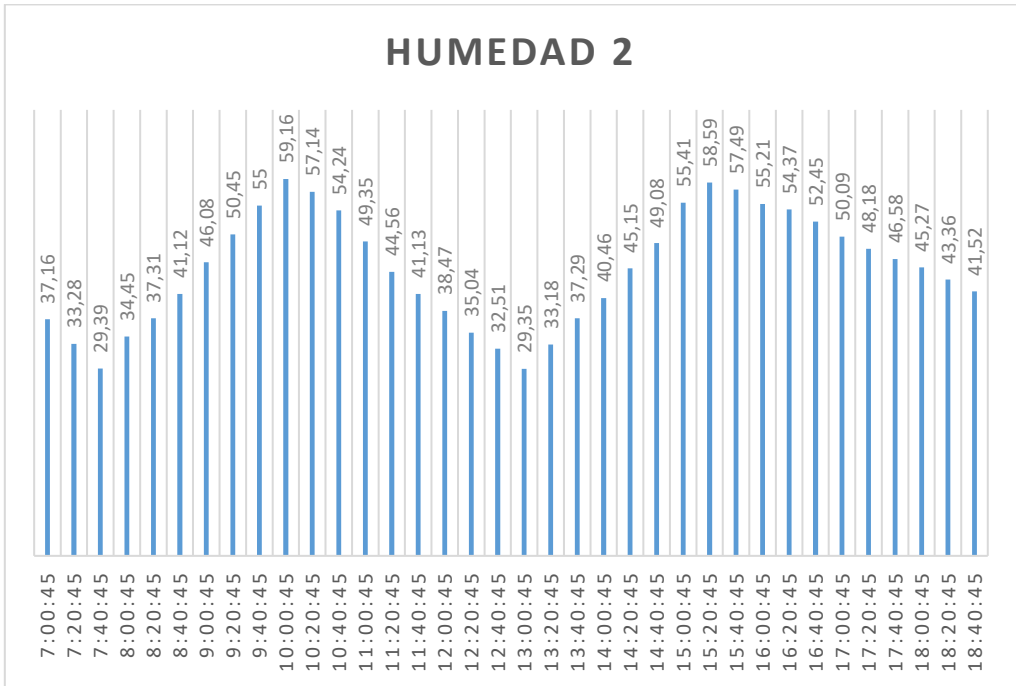
171	4/9/2020	15:40:45	47,35	57,35	50,21	45,00
172	4/9/2020	16:00:45	51,22	56,12	47,09	42,19
173	4/9/2020	16:20:45	55,31	55,28	43,42	39,23
174	4/9/2020	16:40:45	59,24	53,32	40,33	35,45
175	4/9/2020	17:00:45	57,29	51,19	37,25	30,00
176	4/9/2020	17:20:45	55,41	49,25	33,18	33,25
177	4/9/2020	17:40:45	53,06	47,36	30,00	38,41
178	4/9/2020	18:00:45	50,34	46,03	33,54	42,05
179	4/9/2020	18:20:45	47,23	44,29	37,23	48,32
180	4/9/2020	18:40:45	41,55	38,47	42,03	52,18



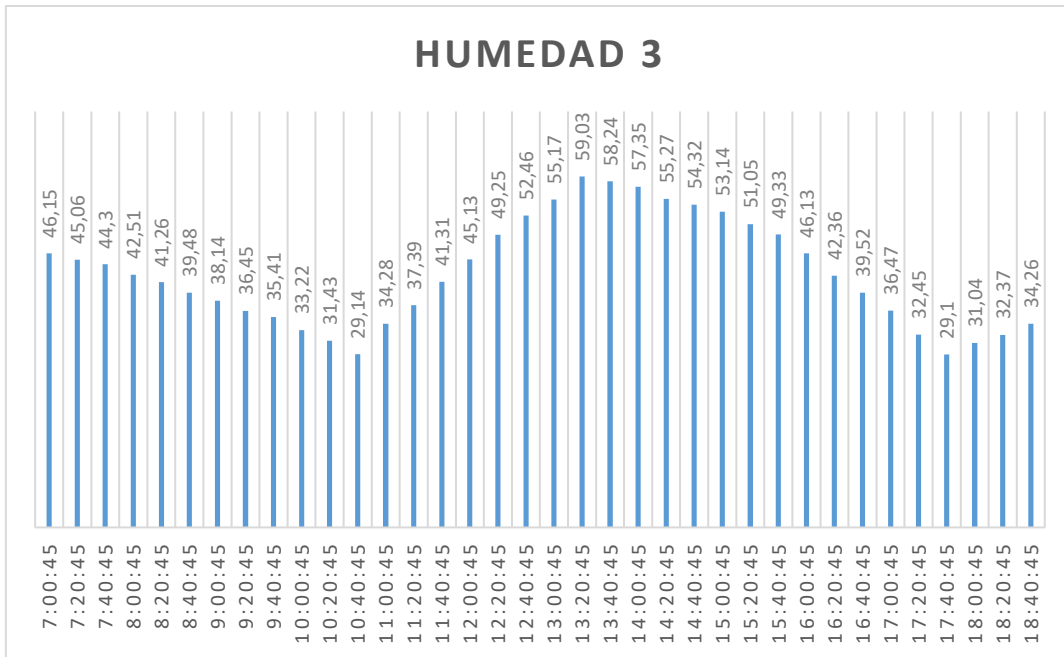
**Anexo III.10** Curvas de humedad.



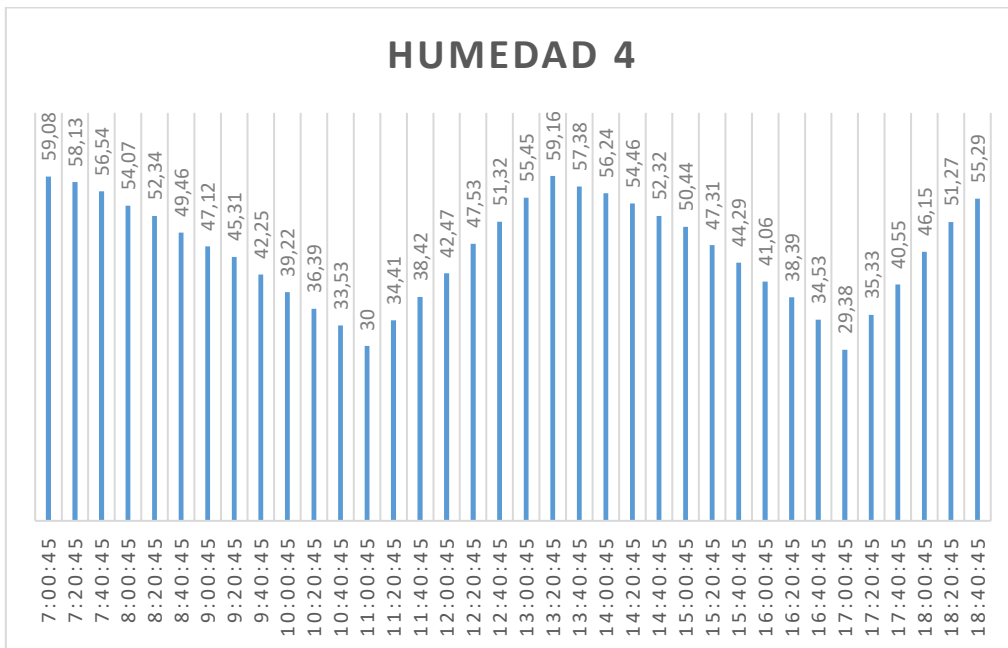
**Anexo III.11** Curvas de humedad individual.



**Anexo III.12** Curvas de humedad individual.



Anexo III.13 Curvas de humedad individual.



Anexo III.14 Curvas de humedad individual.

# **MANUAL PARA EL USUARIO**

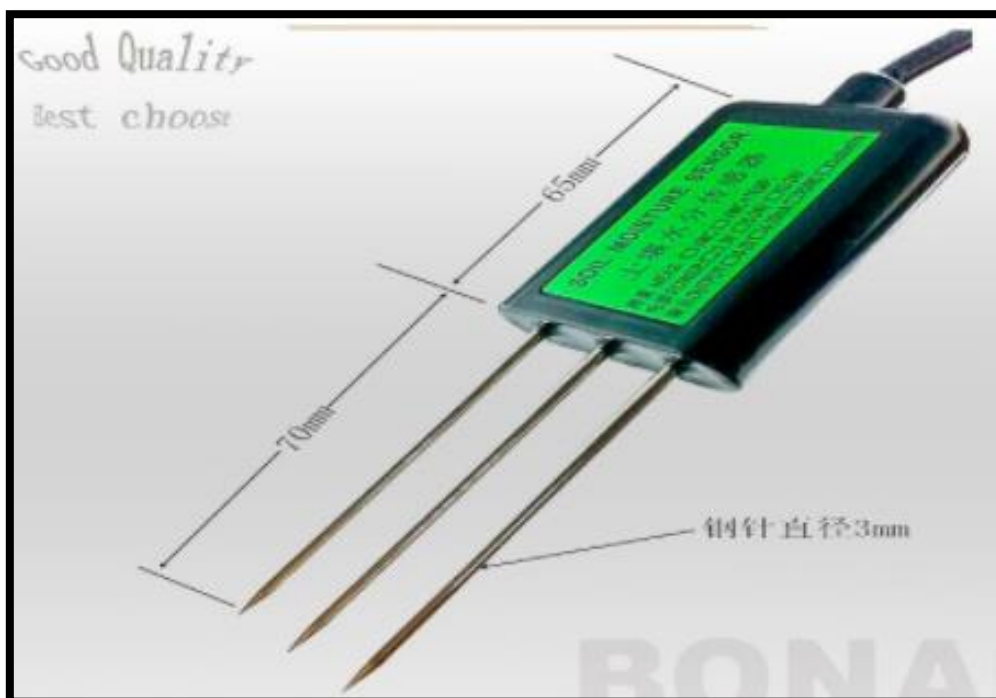


# MANUAL DEL SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO Y CONTROL DE HUMEDAD



**AUTORES:**  
➤ SIZA EDWIN  
➤ TOAPANTA  
SILVO

# SENSOR DE HUMEDAD RS485



<b>Parámetros Técnicos</b>			
Señal de salida	Voltaje de salida 0-2V ( La impedancia de salida de aproximadamente 0 euros )	Salida actual 4-20mA Resistencia de carga <500ohm>	RS485 Interface Protocolo Modbus
Voltaje de suministro	3.6-30 V CC / CC	12-30 V CC / CC	3.6-30 V CC / CC
Poder estático	6 mA a 24 V CC CC	50 mA a 24 V CC CC (Dos canales de salida actuales son 20mA)	6 mA a 24 V CC CC
Rango de humedad del suelo	Rango : 0-50% , 0-100% Resolución : 0-50% ( 0.03% ) , 50-100% ( 1% ) Precisión : 0-50% ( 2% ) , 50-100% ( 3% )		
Conductividad eléctrica Distancia	Rango : 0-5000us / cm , 10000us / cm , 20000us / cm Resolución : 0-10000us / cm ( 10us / cm ) , 100000-20000us / cm ( 50us / cm ) Precisión: 0-10000us / cm ( ± 3% ) ; 10000-20000us / cm ( ± 5% )		
Compensación de temperatura de conductividad	Sensor de compensación de temperatura incorporado , Rango de compensación 0-50 °C		
Rango de medición de temperatura	rango : -40 ~ 80 °C , resolución : 0.1 °C , precisión : ± 0.5 °C		
El principio de medición	Método FDR de humedad del suelo, conductividad del suelo Método de puente AC, suelo insert situ o sumergido en caldo, o agua y fertilizante integradores solución de nutrientes para evaluar directamente.		
clase de protección	IP68 La inmersión en agua se puede usar por mucho		
Entorno operativo	-40 ~ 85 °C		
Material de la sonda	Corrosión especial del electrodo		
Material de sellado	Resina epoxi ignífuga negra		
Montaje	Todo enterrado o sondas insertadas todos los medios medidos		
La longitud de cable predeterminada	2 M, puede ser personalizable		
Conexión	Terminal frío precargado		
tamaño	45 * 15 * 145 mm		
Longitud del electrodo	70 mm		

# SISTEMA AUTOMATIZADO DE RIEGO Y CONTROL DE HUMEDAD



## PANTALLA PRINCIPAL HMI

Al ingresar al programa aparecerá el menú principal del sistema, en donde tendremos las siguientes opciones.

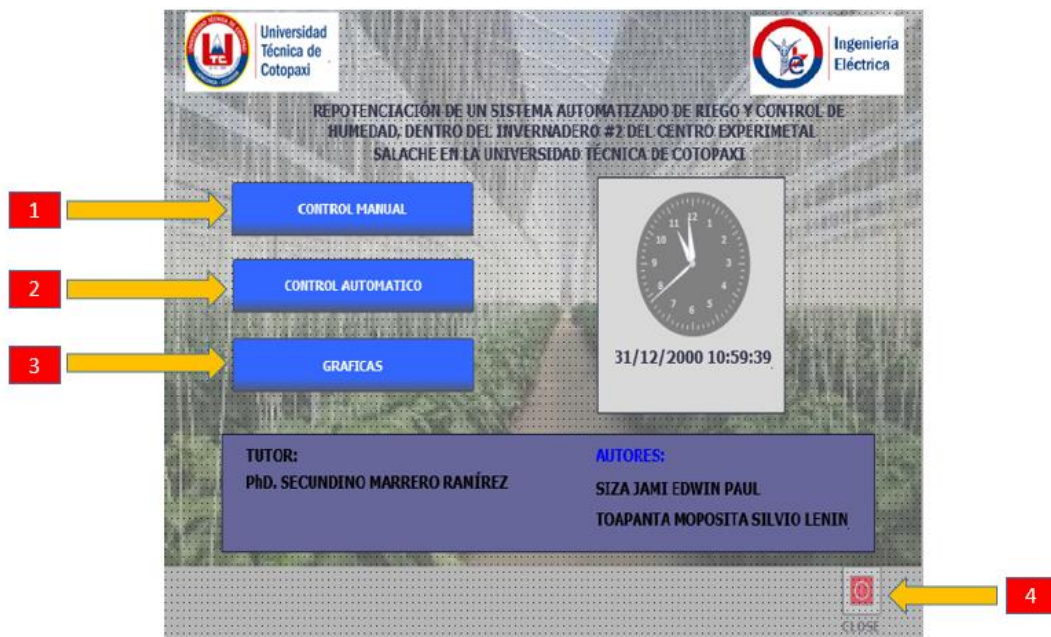


Imagen 1: Pantalla Principal HMI.

1. Botón para ingresar al modo de control manual del sistema.
2. Botón para ingresar al modo de control automático del sistema.
3. Botón para ingresar a la pantalla de gráficos, de la variación de humedad.
4. Botón para cerrar el programa.

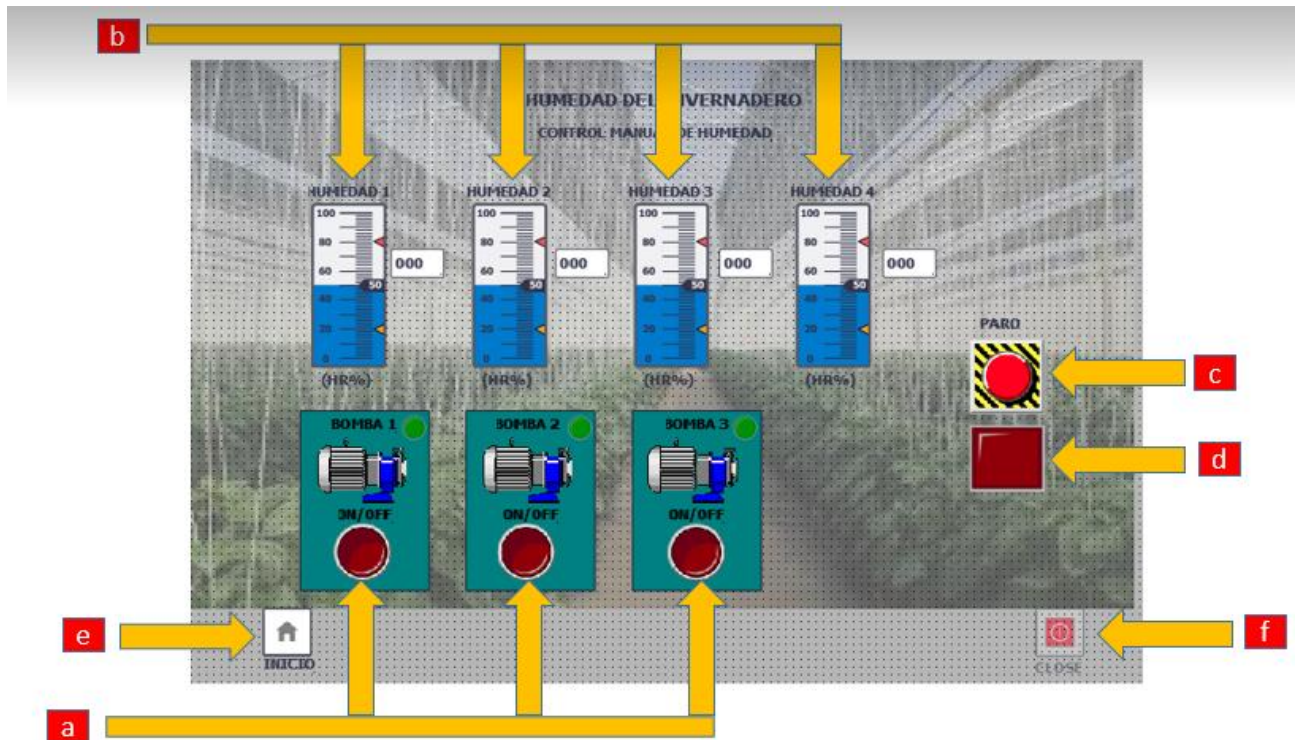
## A. CONTROL MANUAL

Seleccionamos la opción 1



**Imagen 2:** Pantalla Principal HMI seleccionando 1 CONTROL MANUAL

Al ingresar al modo de **CONTROL MANUAL** de humedad, tenemos las siguientes opciones.



**Imagen 3:** Pantalla de Control Manual

- a. Botones para encender y apagar las bombas de agua.
- b. Indicadores de humedad, en los que se puede visualizar el nivel de humedad en cada una de las secciones del invernadero.
- c. Botón de paro de emergencia, para detener todo el sistema.
- d. Indicador led, del estado de paro de emergencia. (encendido/apagado)
- e. Botón para regresar al menú principal del sistema.
- f. Botón para cerrar el programa.

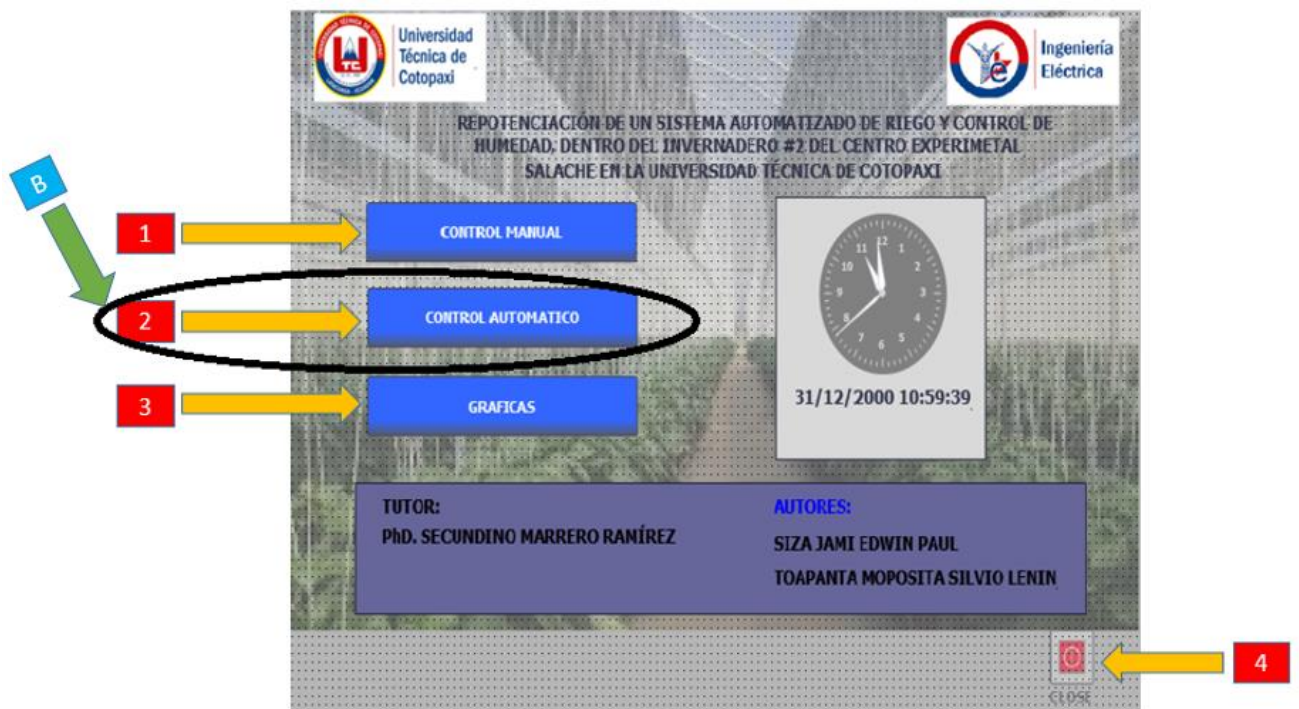
### EJECUCIÓN DEL SISTEMA

- Para poner en marcha las bombas del sistema, seleccionamos los botones del apartado (a).
- Cuando el color de los botones (a) se enciendan, significa que la bomba se encuentra en funcionamiento.
- Para detener las bombas volvemos a seleccionar los botones del apartado (a).
- Cuando el color de los botones (a) se apaguen, significa que la bomba a detenido su funcionamiento.
- Para detener el sistema por completo en caso de emergencia, seleccionamos el botón (c).

- Cuando se encienda el indicador **(d)**, significa que todo el sistema está en paro de emergencia (en este modo, ningún botón volverá a responder).
- Para desactivar el paro de emergencia, seleccionamos el botón **(c)**.
- Cuando se apague el indicador **(d)**, significa que todo el sistema ha salido del paro de emergencia (en este modo, tenemos el control de todos los mandos).

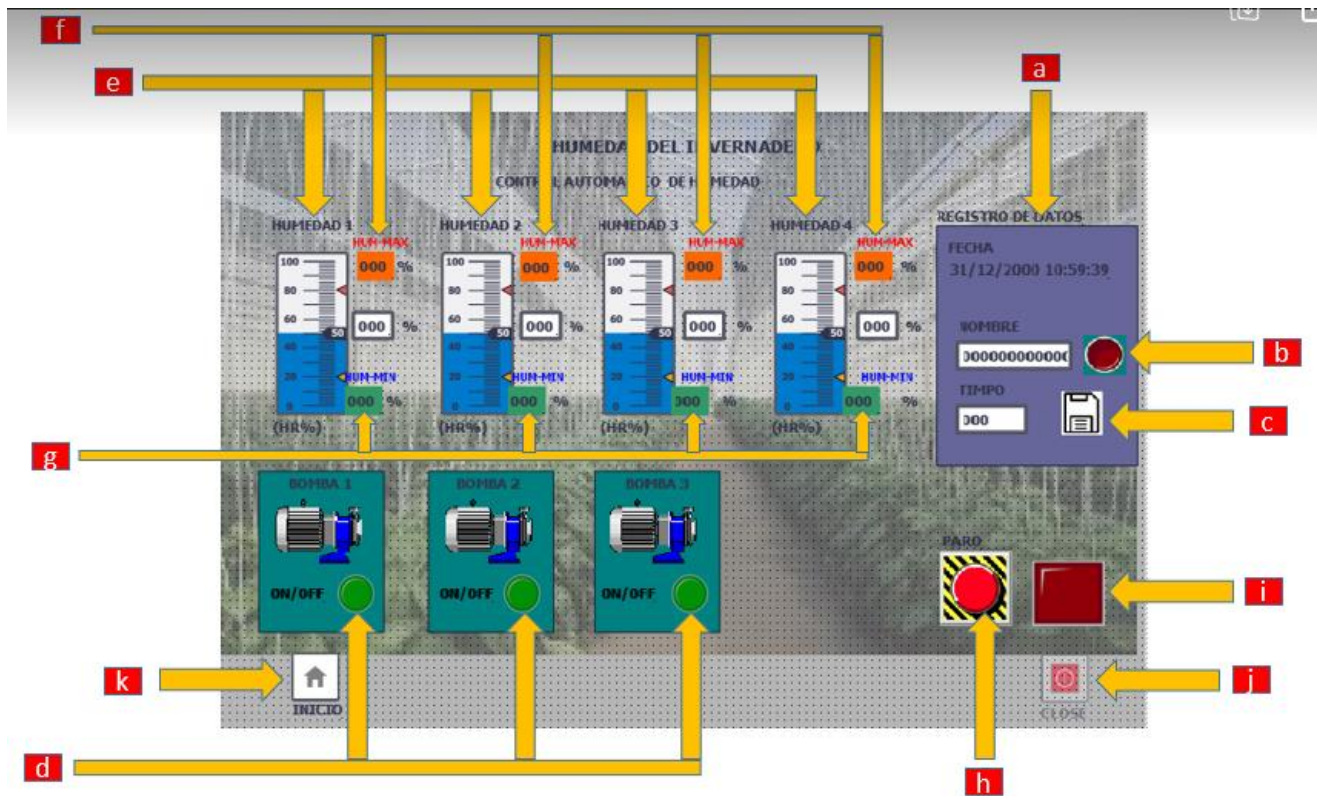
## 2 CONTROL AUTOMATICO

Seleccionamos la opción 2.



**Imagen 4:** Pantalla Principal Hmi seleccionando 2 CONTROL AUTOMATICO

Al ingresar al modo de **CONTROL AUTOMATICO** de humedad, tenemos las siguientes opciones.



**Imagen 5:** Pantalla de Control Automático

- a. Apartado para configurar el registro de datos de humedad.
- b. Indicador led del inicio de registro de datos y funcionamiento del sistema.
- c. Botón para guardar las variables de humedad.
- d. Indicadores led, de encendido o apagado de las bombas.
- e. Medidores del rango de humedad en cada sección.
- f. Recuadro del porcentaje máximo de humedad permitido.
- g. Recuadro del porcentaje mínimo de humedad permitido.
- h. Botón de paro de emergencia, para detener todo el sistema.
- i. Indicador led, del estado de paro de emergencia. (encendido/apagado)
- j. Botón para cerrar el programa.
- k. Botón para regresar al menú principal del sistema.

## EJECUCIÓN DEL SISTEMA

Para iniciar el funcionamiento de control automático seguimos el siguiente orden:

- 1) En el apartado (a), ingresamos el nombre y el intervalo de tiempo para el registro de datos, damos clic en el botón (c) para guardar. (Una vez guardado, el control iniciara de forma automática).
- 2) En los medidores de humedad con los rangos máximos y mínimos permitidos (e), se puede visualizar el nivel de humedad en cada una de las secciones.
- 3) En estos recuadros (f) insertamos el valor de humedad máximo adecuado para el cultivo.
- 4) En estos recuadros (g) insertamos el valor de humedad mínimo permitido para el cultivo.
- 5) En los indicadores led (e), se puede observar el estado en el que se encuentra las bombas de agua encargados de abrir y cerrar el recurso hídrico.
- 6) Para detener el sistema seleccionamos el botón (h), ya sea en caso de emergencia o simplemente para detener todo el sistema.
- 7) Para detener el sistema seleccionamos el botón (h), ya sea en caso de emergencia o simplemente para detener todo el sistema.
- 8) El indicador led (i), nos muestra si el sistema se encuentra funcionando o no.

## 3 GRAFICAS DE LA HUMEDAD

Seleccionamos la opción 3



## Imagen 6: Pantalla Principal Hmi seleccionando 3 GRÁFICAS

Al ingresar a la opción de **GRAFICAS** de humedad, tenemos el siguiente recuadro.

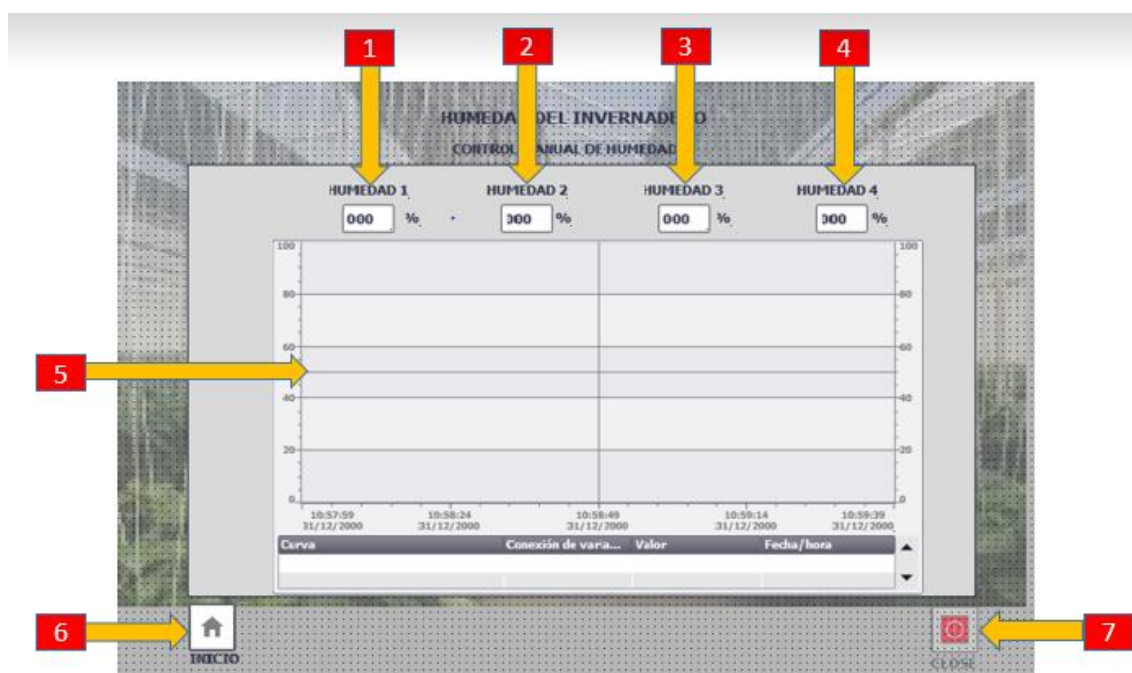


Imagen 7: Curvas de humedad

1. Indicador del grado de humedad en la sección 1.
2. Indicador del grado de humedad en la sección 2.
3. Indicador del grado de humedad en la sección 3.
4. Indicador del grado de humedad en la sección 3.
5. Área de graficado de las 4 curvas de humedad.
6. Botón para regresar al menú principal del sistema.
7. Botón para cerrar el programa.

En esta pantalla se puede observar las diferentes curvas de humedad con respecto al tiempo en cada una de las secciones del invernadero, Anexo III.1. **(En este menú no se puede realizar ninguna acción, ya que solo nos permite la visualización de las curvas.)**