



**UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELÉCTRICOS DE**  
**POTENCIA**  
**PROPUESTA TECNOLÓGICA**

**TEMA:**

**“CONTROL Y MONITOREO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA MEDIANTE UN  
SISTEMA SCADA PARA EL CULTIVO DE MORA EN EL SECTOR DE  
YANAHURCO”**

Propuesta Tecnológica presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en  
Sistema Eléctrico de Potencia

**AUTORES:**

Andagana Paredes Luis Adrián

Taco Muñoz Anderson Daniel

**TUTOR:**

Ing. Rommel Eusebio Suárez Vinueza. MSc

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Marzo - 2021**



## DECLARACIÓN DE AUDITORIA

Nosotros **ANDAGANA PAREDES LUIS ADRIÁN** y **TACO MUÑOZ ANDERSON DANIEL**, declaramos ser autores de la presente propuesta tecnológica: “**CONTROL Y MONITOREO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA SCADA PARA EL CULTIVO DE MORA EN EL SECTOR DE YANAHURCO**”, siendo el **ING. ROMMEL EUSEBIO SUAREZ VINUEZA. MSc**, 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

.....

**Andagana Paredes Luis Adrián**

**C.I: 020251201-8**

.....

**Taco Muñoz Anderson Daniel**

**C.I: 172246356-7**



## AVAL DEL TUTOR DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

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

**“CONTROL Y MONITOREO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA SCADA PARA EL CULTIVO DE MORA EN EL SECTOR DE YANAHURCO”** de los señores **ANDAGANA PAREDES LUIS ADRIAN** y **TACO MUÑOZ ANDERSON DANIEL** de la carrera de **INGENIERÍA ELÉCTRICA EN SISTEMAS ELECTRICOS DE POTENCIA**, 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, 09 de Marzo del 2021

Atentamente

.....  
Ing. Rommel Eusebio Suárez Vinueza. MSc.

CC: 180416535-3



## 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, los postulantes: **ANDAGANA PAREDES LUIS ADRIAN** y **TACO MUÑOZ ANDERSON DANIEL** con el título de Proyecto de titulación: **“CONTROL Y MONITOREO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA SCADA PARA EL CULTIVO DE MORA EN EL SECTOR DE YANAHURCO”** 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, 09 de Marzo del 2021

Para constancia firman:

---

**Lector 1 (Presidente)**

**Nombre:** Ph.D Secundino Marrero Ramírez

**CC:** 175710750-7

---

**Lector 2**

**Nombre:** Ing. Jessica Castillo Fiallo MSc.

**CC:** 060459021-6

---

**Lector 3**

**Nombre:** Ing. Ángel León Segovia MSc.

**CC:** 050204135-3



## AGRADECIMIENTO

Agradecemos al Creador por bendecirnos la vida, por guiarnos a lo largo de nuestra existencia, ser el apoyo y fortaleza en aquellos momentos de dificultad y de debilidad. Gracias a nuestros padres, por ser los principales promotores de nuestros sueños, por confiar y creer en nuestras expectativas, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado. Agradecemos a nuestros docentes de la Universidad Técnica de Cotopaxi, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de nuestra profesión, de manera especial, al master Rommel Suárez tutor de nuestra propuesta tecnológica quien ha guiado con su paciencia como docente.



## **DEDICATORIA**

El presente trabajo investigativo lo dedicamos principalmente al Creador, por ser el inspirador y darnos fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A nuestros padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes hemos logrado llegar hasta aquí y convertirnos en lo que somos. Ha sido el orgullo y el privilegio de ser sus hijos, son los mejores padres. A nuestros hermanos (as) por estar siempre presentes, acompañándonos y por el apoyo moral, que nos brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas. A todas las personas que nos han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que nos abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## ÍNDICE GENERAL

1	INFORMACIÓN GENERAL .....	1
2	DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	3
2.1	TÍTULO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA .....	3
2.2	TIPO DE PROPUESTA ALCANCE .....	3
2.3	ÁREA DEL CONOCIMIENTO .....	3
2.4	SINOPSIS DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	3
2.5	OBJETO DE ESTUDIOS Y CAMPO DE ACCIÓN.....	4
2.5.1	Objeto de Estudio .....	4
2.5.2	Campo de Acción .....	4
2.6	JUSTIFICACIÓN.....	4
2.7	BENEFICIARIOS .....	5
2.8	SITUACIÓN PROBLÉMICA Y PROBLEMA .....	5
2.8.1	Situación Problemática.....	5
2.8.2	Problema.....	6
2.9	HIPÓTESIS.....	6
2.10	OBJETIVOS.....	6
2.10.1	Objetivo General.....	6
2.10.2	Objetivos Específicos .....	6
2.11	DESCRIPCIÓN DE LAS ACTIVIDADES Y TAREAS PROPUESTAS CON LOS OBJETIVOS ESTABLECIDOS.....	7
3	MARCO TEÓRICO .....	9
3.1	ANTECEDENTES .....	9
3.2	MARCO CONTEXTUAL.....	10
3.2.1	Mora de castilla. ....	10
3.2.1.1	Aspectos generales de la mora.....	10
3.2.1.2	Clasificación botánica.....	12
3.2.2	Morfología .....	12
3.2.2.1	Raíz.....	12
3.2.2.2	Tallo.....	13
3.2.2.3	Hojas.....	13
3.2.2.4	Flores .....	13

3.2.2.5	Fruto .....	14
3.2.3	Variedades de la mora .....	15
3.2.3.1	Mora de castilla (Rubusglaucus) .....	15
3.2.3.2	Mora variedad Brazos (Rubus sp.) .....	15
3.2.3.3	Mora negra (Rubus bogotensis).....	15
3.2.3.4	Mora de páramo o de gato (Rubus giganteus).....	15
3.2.3.5	Mora pequeña (Rubus megalococus) .....	15
3.2.3.6	Mora grande (Rubus nubigenus) .....	15
3.2.4	Necesidades para el cultivo de mora .....	16
3.2.4.1	Suelo .....	16
3.2.4.2	Condiciones climáticas para el cultivo de mora .....	16
3.2.4.3	Preparación del terreno .....	17
3.2.4.4	Trazado del huerto .....	17
3.2.4.5	Ahoyado .....	17
3.2.4.6	Densidad de la plantación.....	18
3.2.4.7	Entutorado .....	18
3.2.4.8	Riego.....	19
3.3	SISTEMAS DE RIEGO .....	20
3.3.1	Definición y objetivos del riego .....	20
3.3.2	Sistemas y métodos de riego. ....	20
3.3.3	Sistemas de riego para cultivo .....	20
3.3.4	Métodos de riego fundamentales.....	21
3.3.4.1	Riego por aspersión. ....	21
3.3.4.2	Riego por goteo .....	22
3.4	SISTEMAS DE CONTROL.....	24
3.4.1	Sistema de control de temperatura.....	24
3.4.2	Elementos de un sistema de control .....	25
3.4.2.1	Variable a controlar o salida.....	25
3.4.2.2	Entrada.....	25
3.4.2.3	Perturbación.....	25
3.4.2.4	Planta .....	25
3.4.2.5	Sistema .....	26
3.4.2.6	Entrada de mando .....	26
3.4.2.7	Señal de referencia.....	26





3.4.2.8	Señal de error.....	26
3.4.2.9	Señal activa.....	26
3.4.2.10	Unidad de control .....	26
3.4.2.11	Unidad de realimentación.....	26
3.4.2.12	Transductor.....	26
3.4.3	Tipos de señal electrónicas .....	27
3.4.3.1	Señal Analógica.....	27
3.4.3.2	Señal digital .....	27
3.5	PRINCIPALES EQUIPOS Y MATERIALES UTILIZADOS EN LOS SISTEMAS DE RIEGO... 28	
3.5.1	Bombas de agua centrifugas.....	28
3.5.1.1	Tipos de bombas centrifugas.....	28
3.5.2	Válvulas de control.....	29
3.5.3	Válvula selenoide.....	29
3.5.4	Pantalla táctil.....	29
3.5.5	Contactador.....	30
3.5.6	Relé Térmico.....	30
4	METODOLOGÍA.....	31
4.1	VARIABLES.....	31
4.1.1	Variables independientes:.....	31
4.1.2	Variables dependientes:.....	31
4.2	TIPOS DE INVESTIGACIÓN .....	31
4.2.1	Investigación Bibliográfica .....	31
4.2.2	Investigación experimental.....	32
4.3	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN.....	32
4.3.1	Método Científico.....	32
4.3.2	Método deductivo .....	32
4.4	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS .....	33
4.4.1	Técnicas:.....	33
4.4.1.1	Observación.....	33
4.4.1.2	Investigación bibliográfica .....	33
4.4.2	Instrumentos .....	33
4.4.2.1	Software y programación.....	33
5	DESARROLLO DE LA PROPUESTA .....	33



5.1	REQUERIMIENTOS .....	34
5.1.1	Control climático .....	34
5.1.2	Humedad.....	34
5.1.3	Temperatura.....	34
5.2	MATERIALES Y EQUIPOS .....	35
5.2.1	Sistema de riego .....	35
5.2.1.1	Criterios para la selección.....	35
5.2.1.2	Filtros de agua .....	36
5.2.1.3	Electroválvulas .....	37
5.2.1.4	Mangueras .....	37
5.2.1.5	Accesorios .....	38
5.2.1.6	Goteros .....	38
5.2.2	Sistema de control y monitoreo .....	39
5.2.2.1	Tablero de control.....	39
5.2.2.2	PLC S7-1200 .....	39
5.2.2.3	Módulo de comunicación RS 485 .....	40
5.2.2.4	Simatic IOT 2040 .....	41
5.2.2.5	Sentron Pac 3120 .....	42
5.2.2.6	KTP 600.....	43
5.2.2.7	Sensores .....	44
5.2.2.8	Fuente de voltaje 24 VDC .....	45
5.2.2.9	Guardamotor.....	46
5.2.2.10	Contactador .....	48
5.2.2.11	Materiales varios.....	48
5.2.3	Programación del sistema de control en el software TIA PORTAL.....	54
5.2.3.1	Diagrama de bloques .....	54
5.2.3.2	Tía portal .....	55
5.2.3.3	Programación.....	55
6	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS .....	60
6.1	HUMEDAD .....	60
6.2	TEMPERATURA .....	60
6.3	VOLTAJE.....	61
6.4	CORRIENTE.....	62



7	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS .....	63
7.1	PRESUPUESTO .....	63
7.1.1	Análisis costo-beneficio .....	63
7.1.2	Gastos indirectos .....	65
7.1.3	Gastos totales .....	65
7.2	ANÁLISIS DE IMPACTOS .....	66
7.2.1	Impacto tecnológico .....	66
7.2.2	Impacto ambiental .....	66
8	CRONOGRAMA .....	67
9	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	68
9.1	CONCLUSIONES .....	68
9.2	RECOMENDACIONES .....	68
10	BIBLIOGRAFÍA .....	69
11	ANEXOS .....	74



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1.	Área del conocimiento del proyecto.....	3
Tabla 2.2.	Beneficiarios directos e indirectos.....	5
Tabla 2.3.	Actividades y tareas propuestas.....	7
Tabla 3.1.	Clasificación botánica.....	12
Tabla 3.2.	Exigencias climáticas del cultivo .....	16
Tabla 3.3.	Distancias de siembra recomendadas para la mora .....	18
Tabla 5.1.	Dimensionamiento de la bomba .....	36
Tabla 5.2.	Guardamotores .....	47
Tabla 5.3.	Contactores .....	48
Tabla 5.4.	Conductores awg .....	50
Tabla 7.1.	Inversión del tablero de control.....	63
Tabla 7.2.	Gastos indirectos .....	65
Tabla 7.3.	Gastos totales.....	65
Tabla 8.1.	Cronograma de actividades para el desarrollo de la propuesta tecnológica.	

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.	Planta de mora de castilla .....	11
Figura 3.2.	Distribución aproximada en centro y sud américa .....	11
Figura 3.3.	Tallo de la mora.....	13
Figura 3.4.	Flor de mora polinizada.....	14
Figura 3.5.	Frutos de mora maduros .....	14
Figura 3.6.	Entutorado en cultivo de mora.....	18
Figura 3.7.	Clasificación de los sistemas de riego .....	21
Figura 3.8.	Sistema de riego por aspersión .....	21
Figura 3.9.	Riego por goteo .....	22
Figura 3.10.	Elementos de un sistema de control. ....	25
Figura 3.11.	Diagrama de un sistema de control básico del sistema de riego .....	27
Figura 3.12.	Partes de una válvula selenoide.....	29
Figura 3.13.	Pantalla ktp600. ....	30
Figura 5.1.	Bomba n° 2 .....	35
Figura 5.2.	Bomba n° 1 .....	36
Figura 5.3.	Filtro de agua para el riego .....	37
Figura 5.4.	Electroválvula de 1 ½ plg .....	37
Figura 5.5.	Manguera de 1 ½ plg .....	38
Figura 5.6.	Accesorios y codos .....	38
Figura 5.7.	Goteros de agua .....	38
Figura 5.8.	Caja metálica .....	39
Figura 5.9.	Plc s7-1200. ....	40
Figura 5.10.	Modulo rs485.....	41
Figura 5.11.	Simatic iot 2040.....	42
Figura 5.12.	Sentron pac 3120 .....	43



Figura 5.13.	Ktp 600 .....	44
Figura 5.14.	Sensor de humedad y temperatura.....	44
Figura 5.15.	Sensor de nivel de agua .....	45
Figura 5.16.	Fuente de voltaje de 24 v.....	45
Figura 5.17.	Canaleta ranurada gris .....	48
Figura 5.18.	Riel din .....	49
Figura 5.19.	Punteras para conductores .....	49
Figura 5.20.	Borneras.....	51
Figura 5.21.	Espiral.....	51
Figura 5.22.	Luces piloto .....	52
Figura 5.23.	Pulsadores de marcha-paro.....	52
Figura 5.24.	Paro de emergencia.....	53
Figura 5.25.	Control manual o automático .....	53
Figura 5.26.	Diagrama de bloques del sistema .....	54
Figura 5.27.	Software tia portal .....	55
Figura 5.28.	Adquisición de datos de humedad y temperatura.....	55
Figura 5.29.	Control manual del hmi .....	56
Figura 5.30.	Control manual desde el tablero de la bomba 1 y 2.....	56
Figura 5.31.	Control automático del sistema de riego .....	57
Figura 5.32.	Set-point de la humedad .....	57
Figura 5.33.	Comunicación entre el módulo rs485 y el sentron pac.....	58
Figura 5.34.	Paro de emergencia.....	58
Figura 5.35.	Programación en node-red.....	59
Figura 5.36.	Variación de la humedad en la plataforma ubidots .....	59
Figura 6.1.	Grafica de la variación de la humedad .....	60
Figura 6.2.	Grafica de la variación de la temperatura.....	60



Figura 6.3.	Variación del voltaje en la línea 1 .....	61
Figura 6.4.	Variación del voltaje en la línea 2 .....	61
Figura 6.5.	Variación de la corriente en la línea 1 .....	62
Figura 6.6.	Variación de la corriente en la línea 1 .....	62

## ÍNDICE DE FIGURAS DE ANEXOS

Figura I.1. Tabla de características del plc s7-1200 .....	74
Figura II.1. Características del módulo de comunicación rs485 siemens.....	75
Figura III.1. Características del sentron pac 3120 siemens.....	75
Figura IV.1. Características del iot 2040 siemens.....	76
Figura V.1. Características de la pantalla ktp 600 siemens .....	76
Figura VI.1. Características del sensor de temperatura y humedad .....	77
Figura VII.1. Adquisición de datos de la humedad y la temperatura .....	78
Figura VIII.1. Control manual desde el hmi .....	78
Figura IX.1. Control manual desde el tablero de la bomba 1.....	79
Figura X.1. Control manual desde el tablero de la bomba 2.....	79
Figura XI.1. Control automático desde el hmi .....	80
Figura XII.1. Control automático del nivel de agua .....	80
Figura XIII.1. Comunicación entre el módulo rs485 y sentron pac 3120.....	80
Figura XIV.1. Adquisición de datos del iot 2040 .....	81
Figura XV.1. Paro de emergencia del sistema.....	81
Figura XVI.1. Diagramas de conexión del tablero de control .....	82
Figura XVII.1. Datos de la humedad, temperatura y voltaje enviados al servidor web ubidots	83
Figura XVIII.1. Grafica de la variación de la humedad .....	83
Figura XIX.1. Grafica de la variación de la temperatura .....	84
Figura XX.1. Grafica de la variación del voltaje .....	84
Figura XXI.1. Interfaz principal del sistema de control.....	84
Figura XXII.1. Tablero de control finalizado.....	85
Figura XXIII.1. Manual de usuario .....	8





## UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

### FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

# TÍTULO: “CONTROL Y MONITOREO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA SCADA PARA EL CULTIVO DE MORA EN EL SECTOR DE YANAHURCO”

#### **Autores:**

Andagana Paredes Luis Adrián

Taco Muñoz Anderson Daniel

### **RESUMEN**

En la presente investigación se realizó un levantamiento y caracterización del terreno ubicado en la parroquia Yanahurco en el sector los Tres Juanes, la propiedad dispone de equipos e implementos los cuales fueron verificados para conocer su utilidad y funcionamiento para la propuesta tecnológica. Se planteó como objetivo la automatización de un sistema de riego por goteo, que es operado por medio de una pantalla Siemens KTP 600. La automatización del sistema de riego tiene como razón primordial controlar la variable de humedad, monitorear la temperatura del terreno y nivel de agua de los reservorios por medio de ordenes emitidas por un controlador lógico programable (PLC), las ordenes permiten manipular automáticamente la apertura y cierre de las electroválvulas que están ubicadas en el terreno. Los equipos se activan cuando el sensor detecta que la humedad es mayor a 70% y menor al 90%, intervalo que está establecido en la programación del sistema; por otro lado, la temperatura es únicamente monitoreada para visualizar las condiciones climáticas. El funcionamiento del sistema de riego activa las bombas de agua que generan un consumo de energía cuyas magnitudes eléctricas son visualizadas en un medidor Sentron Pac 3120. Los dispositivos y elementos instalados en el sistema de riego proporcionan información la cual es almacenada en una base de datos mediante una pasarela inteligente IOT 2040. Todos los equipos y elementos instalados en el sistema de riego permiten al usuario controlar y monitorear el cultivo de mora mejorando la producción, recurso hídrico y el consumo eléctrico.

**Palabras claves:** automatización, variables, magnitudes, consumo, control, monitoreo.



## TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

### FACULTY OF ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES

**TITLE: “CONTROL AND MONITORING OF HUMIDITY AND TEMPERATURE THROUGH A SCADA SYSTEM FOR THE CULTIVATION OF BLACKBERRY IN THE YANAHURCO SECTOR”**

#### **Authors:**

Andagana Paredes Luis Adrian

Taco Muñoz Anderson Daniel

#### **ABSTRACT**

In this research, a land survey and characterization was carried out terrain located in Yanahurco parish at Tres Juanes place, the property has equipment and implements which were verified to know their usefulness and operation for the technological proposal. Set aut how objective to automate a drip irrigation system was the objective, which is operated by a Siemens KTP 600 screen. The primary reason for the automation of the irrigation system is to control the humidity variable, monitor the soil temperature and water level, reservoir water by orders issued by a programmable logic controller (PLC), the orders allow to automatically manipulate the opening and closing of the solenoid valves that are located on the ground. The equipment is activated when the sensor detects that the humidity is greater than 70% and less than 90%, an interval that is established in the system programming; on the other hand, the temperature is only monitored to visualize the climatic conditions. The irrigation system operation activates the water pumps that generate energy consumption whose electrical magnitudes are displayed on a Sentron Pac 3120 meter. The devices and elements installed in the irrigation system provide information which is stored in a database through an intelligent IOT 2040 gateway. All the equipment and elements installed in the irrigation system allow the user to control and monitor blackberry cultivation, improving production, water resources and electricity consumption.

**Keywords:** automation, variables, magnitudes, consumption, control, monitoring.



## ***AVAL DE TRADUCCIÓN***

En calidad de Docente 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, **ANDAGANA PAREDES LUIS ADRIAN** y **TACO MUÑOS ANDERSON DANIEL**, cuyo título versa: “**CONTROL Y MONITOREO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA SCADA PARA EL CULTIVO DE MORA EN EL SECTOR DE YANAHURCO**”, 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, marzo de 2021

Atentamente,

**MSc. Lidia Rebeca Yugla L.**  
**DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS**  
**050265234-0**

180302793 Firmado  
5 VICTOR digitalmente por  
HUGO 1803027935  
ROMERO VICTOR HUGO  
GARCIA ROMERO GARCIA  
Fecha: 2021-03-05  
12:36:10 -05'00'



## 1 INFORMACIÓN GENERAL

### Propuesto por:

Andagana Paredes Luis Adrián.

Taco Muñoz Anderson Daniel

### Tema Aprobado:

“CONTROL Y MONITOREO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA MEDIANTE UN SISTEMA SCADA PARA EL CULTIVO DE MORA EN EL SECTOR DE YANAHURCO”

### Carrera:

Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia

### Director del Proyecto de Titulación:

Ing. Rommel Eusebio Suárez Vinueza. MSc

### Equipo de Trabajo:

- **Tutor:** Ing. Rommel Eusebio Suárez Vinueza. MSc
- **Autores:** Andagana Paredes Luis Adrián  
Taco Muñoz Anderson Daniel

### Lugar de Ejecución:

Los tres Juanes

**Región:** Sierra centro

**Provincia:** Tungurahua

**Cantón:** Mocha

**Parroquia:** Yanahurco

### Tiempo de Duración del Proyecto:

Periodo académico Noviembre 2020 – Marzo 2021



**Fecha de Inicio:**

Noviembre del 2020

**Fecha de Entrega:**

Marzo del 2021

**Línea de Investigación:**

- **Línea 5:** Energías alternativas y renovables, eficiencia energética y protección ambiental

**Sub Líneas de Investigación de la Carrera:**

- **Sub línea 2:** Control y optimización en el uso de la energía del sector industrial, comercial y residencial

**Tipo de Propuesta Tecnológica:**

Se presenta un terreno cuyas características son: de ancho 25 metros y de largo 100 metros formando un área de 2500 metros cuadrados, con un suelo húmedo el cual presenta malezas que interrumpen el crecimiento y desarrollo de los cultivos entre ellos se evidencia frutos como: claudias, manzanas y la mora siendo la fruta más importante en la propiedad.

En los terrenos aledaños al área en cuestión se observa que la mayoría de los cultivos presentan sistemas de riego de tipo manual y artesanal los cuales demandan esfuerzo físico para los agricultores ya que por falta de conocimiento en sistemas automatizados no pueden explotar sus cultivos al cien por ciento para optimizar sus recursos. Por lo tanto, se ve la necesidad de automatizar el sistema de riego mediante una propuesta tecnológica vinculando procesos de control industrial, electrónica, sistemas de control, consumos de energía, los cuales permiten mejorar al propietario las condiciones de funcionamiento en su sistema de riego.

En la presente investigación se ha determinado la implementación de sensores de humedad, temperatura y nivel, ya que estos dispositivos permiten la representación de las variables digitales y analógicas; cuyo funcionamiento permite el monitoreo del área de terreno en caso de utilizar una red IP. También se utilizará dispositivos como: PLC, Sentron Pac, IOT; los cuales permiten al propietario visualizar los consumos de las magnitudes eléctricas como: voltaje, corriente, potencia y a su vez transferir datos e información hacia el propietario.

## 2 DISEÑO INVESTIGATIVO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

### 2.1 Título de la propuesta tecnológica

“Control y monitoreo de la humedad y temperatura mediante un sistema Scada para el cultivo de mora en el sector de Yanahurco”

### 2.2 Tipo de propuesta alcance

#### a) Multipropósito

La presente investigación tiene un alcance multipropósito ya que beneficiara al sector agrícola mejorando las condiciones del cultivo, que actualmente carece de equipos automatizados; con este sistema se pretende optimizar los recursos energéticos ya que presenta un indicador de magnitudes eléctricas, las cuales señalan el consumo de energía que a su vez serán reflejados en valores económicos con el fin de tener un sistema factible.

### 2.3 Área del conocimiento

Tabla 2.1. Área del conocimiento del proyecto.

Campo amplio	Campo específico	Campo detallado
07 Ingeniería industria y Construcción	071 Ingeniería y profesiones a fines	0711 Ingeniería y procesos químicos 0713 Electricidad y energía 0714 Electrónica y automatización

Fuente: UNESCO, (2017)

### 2.4 Sinopsis de la propuesta tecnológica

La propuesta tecnológica está enfocada en la optimización del recurso hídrico en base al consumo de energía eléctrica para mantener las variables digitales y analógicas en régimen estable con el fin de mejorar la producción de mora.

Es así que se propone implementar un sistema de control y monitoreo basado en sensores de humedad, temperatura y nivel los cuales indicaran las condiciones del terreno y en base a estos datos se tendrá un actuador cuya función es accionar el sistema de riego para tener en

condiciones óptimas el cultivo. Así también posee un Sentron Pac, el cual permite visualizar y medir las magnitudes eléctricas como: voltaje, potencia y corriente para que el propietario tenga un registro de los consumos. Para complementar el sistema el propietario tendrá acceso a un monitoreo por medio de datos transferidos por el IOT los cuales podrán ser visualizados desde cualquier equipo electrónico con acceso a una red de internet.

Por lo tanto, esta propuesta tecnológica beneficiará al agricultor ya que tendrá acceso a la información generada por el sistema y a su vez podrá controlar y monitorear los dispositivos de control.

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

### **2.5.1 Objeto de Estudio**

Monitoreo de variables analógicas y digitales e indicadores de consumo de energía eléctrica como: voltaje, corriente y potencia.

### **2.5.2 Campo de Acción**

Automatización y control en sistemas de riego.

## **2.6 Justificación**

En esta investigación se ha identificado un problema el cual está relacionado con la falta y uso de equipos tecnológicos para la aplicación y dosificación de agua en diferentes cultivos, para aquello es necesario realizar un estudio, el cual permita obtener un sistema que sea económicamente y técnicamente factible para que pueda ser incorporada en diferentes cultivos; en este tema se ha determinado un cultivo de mora.

Para esto se desarrollará algoritmos de programación y base de datos los cuales permitirán monitorear y controlar dicho sistema. También es necesario la utilización de sensores los cuales permiten que el sistema de control reaccione ante cualquier variación de humedad y monitorear la temperatura; de la misma manera se empleara un PLC el cual automatiza el proceso de riego con esto se controla la aplicación eficiente del recurso hídrico en el cultivo. Para complementar se empleará un IOT y Sentron Pac dispositivos que permiten monitorear e informar al agricultor los parámetros eléctricos como: voltaje corriente y potencia.

La investigación es necesaria porque se ha visto que los agricultores del sector utilizan sistemas de riego manuales haciendo del recurso hídrico un despilfarro que a su vez pueden terminar afectando al cultivo, dicho esto se ve la necesidad de implementar un sistema de riego automatizado para utilizar el recurso hídrico de manera eficiente.

## 2.7 Beneficiarios

**Tabla 2.2.** Beneficiarios directos e indirectos.

<b>Beneficiarios Directos</b>	<b>Beneficiarios Indirectos</b>
Propietarios del terreno.  10 personas.	Pobladores del sector de los 3 Juanes  100 personas.

**Fuente:** Autores.

## 2.8 Situación problemática y problema

### 2.8.1 Situación Problemática

En el Ecuador la mayoría de los cultivos cuentan con sistemas de riego por lo que el principal problema radica en el desperdicio del agua que se genera al realizar el riego de cultivos de manera manual, debido a que el sector agrícola es el principal partícipe del uso del agua que por lo general tienen un uso ineficiente de ella, desperdiciando este recurso natural limitado.

En el sector agrícola el uso del agua de regadío es de vital importancia para los cultivos, aunque en la provincia de Tungurahua, los pequeños agricultores tienen plantaciones de distintos tipos de cultivos que son operados de manera manual, lo que produce un desperdicio del agua de riego situación que se desmejora en verano debido a las sequías y a la presencia de heladas, de igual manera al realizar el manejo del riego de esta forma, le resta tiempo al agricultor ya que no puede realizar la fertilización y control de plagas del cultivo.

El principal problema en el cultivo de mora es el control de humedad y monitoreo de temperatura, para lograr esto es necesario el riego para proporcionar agua en la cantidad justa y en el momento oportuno para mantener estas variables dentro de los rangos permisibles. Como ya se ha observado, en la localidad de Yanahurco los agricultores operan manualmente sus sistemas de riego para sus cultivos, pero éstos no son eficientes, ya que se corre el riesgo de proveer un pobre suministro de agua, o por el contrario de inundar los cultivos, lo cual creará



excesiva humedad. Debido a que no se tiene un control automático de la humedad y monitoreo de temperatura de los cultivos, los dispositivos instalados funcionan mucho más tiempo, lo que ocasiona desgaste en los equipos y un consumo excesivo de energía eléctrica.

## **2.8.2 Problema**

La usencia de un sistema de riego automatizado en el cultivo de mora en el sector de Yanahurco, ocasiona una baja producción del producto debido a las condiciones del terreno, por lo tanto se ve en la necesidad de monitorear la temperatura debido a que el productor no tiene un registro de los climas extremos como las heladas que provocan perdidas del producto; por otro lado la ausencia de un control de humedad ocasiona una escases o exceso del recurso hídrico ya que no se distribuye la cantidad adecuada que necesitan las plantas de mora.

## **2.9 Hipótesis**

El desarrollo de un sistema de control de humedad y monitoreo de temperatura permitirá el uso eficiente del recurso hídrico y de la energía eléctrica del cultivo de mora, en el sector de Yanahurco.

## **2.10 Objetivos**

### **2.10.1 Objetivo General**

Determinar el control y monitoreo de la humedad y temperatura que permita registrar y visualizar los diferentes parámetros eléctricos a través de un sistema Scada en un cultivo de mora.

### **2.10.2 Objetivos Específicos**

- Revisar información bibliográfica sobre sistemas de control, monitoreo en sistemas de riego para diferentes cultivos en la región sierra centro.
- Determinar las diferentes variables que se utilizaran como medio de control y definir el consumo de energía eléctrica en este tipo de sistemas.
- Implementar un sistema de control y monitoreo a través del uso de variables de control para su posterior evaluación de operación.

- Determinar la factibilidad del sistema mediante un análisis técnico-económico en función de las variables de consumo de energía eléctrica.

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

**Tabla 2.3.** Actividades y tareas propuestas.

Objetivos	Actividades	Resultado de las Actividades	Técnicas e Instrumentos
<p><b>Revisar información bibliográfica sobre sistemas de control, monitoreo en sistemas de riego para diferentes cultivos en la región sierra centro.</b></p>	<p>Revisión de información bibliográfica, papers, tesis, foros, etc. referente al control, monitoreo en sistemas de riego.</p> <p>Identificación de las partes de un sistema de control.</p> <p>Consulta de información para cultivos de mora identificando la temperatura y humedad adecuada para su producción.</p>	<p>La información permitirá realizar una redacción técnica científica para elaborar un marco teórico, verificado por el uso de referencias bibliográficas.</p>	<p>Revisión de información mediante el uso de internet en el cual se ubicarán libros, artículos, foros y todo implemento que haya sido sometido a investigación.</p>
<p><b>Determinar las diferentes variables que se utilizarán como medio de control y definir el consumo de energía</b></p>	<p>Verificación de las variables de control y actuadores que se pueden utilizar en sistemas de riego para cultivos.</p>	<p>Con la información obtenida se puede seleccionar los actuadores para controlar las variables</p>	<p>Utilización de computadora, mediante el uso de internet para conocer el</p>

<p><b>eléctrica en este tipo de sistemas.</b></p>	<p>Caracterización de las variables analógicas y digitales del sistema de control.</p> <p>Identificación de las magnitudes de consumo eléctrico que se visualizaran en el tablero de control.</p>	<p>que se tiene en el sistema de control.</p>	<p>funcionamiento de los actuadores.</p>
<p><b>Implementar un sistema de control y monitoreo a través del uso de variables de control para su posterior evaluación de operación.</b></p>	<p>Cálculo de protecciones y los materiales con el fin de estructurar de manera correcta el tablero de control y monitoreo.</p> <p>Determinación del sistema hidráulico.</p> <p>Pruebas de funcionamiento a través de los medios de comunicación.</p>	<p>Se representará por medio de un plano eléctrico el diseño del sistema de riego.</p> <p>Se desarrollará el algoritmo de programación implementado en el software.</p>	<p>Uso de software para la programación del sistema de riego.</p>
<p><b>Determinar la factibilidad del</b></p>	<p>Determinación de los niveles de consumos de energía eléctrica.</p>	<p>Identificación de la factibilidad del sistema.</p>	<p>Mediante una exposición se da a conocer la utilización y</p>

<p><b>sistema mediante un análisis técnico-económico en función de las variables de consumo de energía eléctrica.</b></p>	<p>Desarrollo de un flujo económico para ver los niveles de inversión versus producción.</p> <p>En base a un análisis económico de la inversión se conocerá la factibilidad del sistema de riego.</p>		<p>factibilidad del sistema de control y monitoreo.</p>
---	---	--	---

Fuente: Autores

### 3 MARCO TEÓRICO

#### 3.1 Antecedentes

La escasez y el mal uso del agua, plantean una creciente y seria amenaza para el medioambiente, la salud y la supervivencia de la especie humana [1].

El sistema de riego automático, está desarrollado para aplicarse en huertos verticales. Sin embargo, se podría aplicar la solución a cualquier tipo de cultivo, donde la extensión de terreno, no sea muy grande [2].

El control y la automatización resultan cada vez más importantes en el campo de la industria, así como en el campo de la ingeniería, el identificar una necesidad y crear soluciones basadas en sistema permiten crear oportunidades de desarrollo [3].

Al no llevar un control correcto del agua, esto puede resultar costoso, daña cultivos e incluso dañar la calidad del suelo, por lo cual es necesario contar con sistemas de riego, que integren la tecnología moderna [4].

Las instalaciones agrícolas, principalmente del arco Mediterráneo español, Europa y Países Sudamericanos, han sufrido en los últimos tiempos una expansión y modernización considerables. Esta modernización ha venido fundamentalmente de la mano de la automatización agrícola [5].

La electrónica, se encuentra apoyando todos los campos del conocimiento, y de una manera especial al agro. Nuevos avances, han permitido optimizar el aprovechamiento de los recursos naturales, logrando aumentar, la producción agrícola [6].

En el área de la agronomía, la automatización cumple un rol muy importante debido a que optimiza los procesos incrementando la productividad y mejora la calidad de los productos, esto ayuda a satisfacer las exigencias del mercado [7].

Es así que la inversión para la aplicación de sistemas de riego automatizados depende de la aplicación del sistema y la extensión del terreno. A esto se añade la plataforma que se desee utilizar para la automatización.

Es claro, que se presentan inconvenientes, cuando los cultivos son abandonados por periodos prolongados de tiempo, en ocasiones las plantas mueren, por la incidencia del sol y por falta de humedad en sus raíces, además el excesivo consumo de agua al momento del riego produce una incorrecta oxigenación de la planta [8].

Dadas estas circunstancias se plantea la necesidad de automatizar los procesos de riego para optimizar los recursos hídricos y disminuir los riesgos que se presentan en los cultivos.

Según el informe sobre el desarrollo de los recursos hídricos en el mundo proporcionado por la Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación, se observa que un aproximado del 70% del agua es utilizada para el riego, basado en estas cifras, se hace esencial hacer un uso eficiente de agua mediante riegos tecnificados [9].

## **3.2 Marco contextual**

### **3.2.1 Mora de castilla.**

#### **3.2.1.1 Aspectos generales de la mora.**

La mora es una planta de origen silvestre, en todo el mundo existen alrededor de 400 especies que pertenecen al género de moras y frambuesas (*Rubus*), siendo la mayoría de ellas originarias de las regiones templadas y frías de América del Norte y Euro Asia, a pesar de que muchas especies están en estado silvestre en Centro América, no se puede aseverar que son nativas de esta región, lo más seguro es que fueron introducidas y que no han sido completamente domesticadas. En la Figura 3.1 se presenta la mora de Castilla [10].



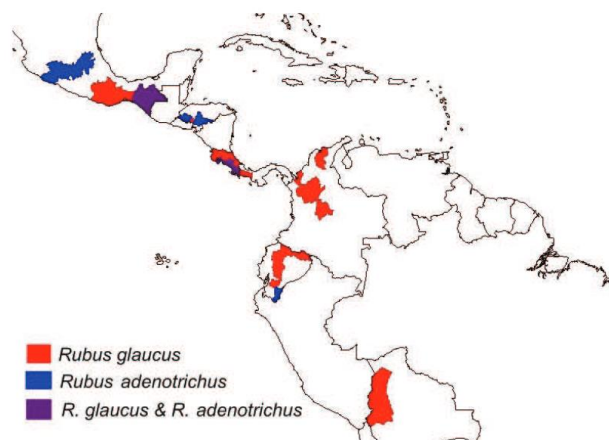
**Figura 3.1.** Planta de mora de castilla

**Fuente:** [11]

De acuerdo con W.O. Focke, botánico alemán que estudió la sistemática de la mora (blackberries), la mayoría de las especies son nativas de las zonas templadas del hemisferio norte. De las especies europeas y americanas, se cree que la mayoría fueron separadas por los movimientos glaciares durante la edad de hielo [12].

Se han encontrado, en estado silvestre, plantas del género *Rubus* sp., especialmente de mora de Castilla en los andes ecuatorianos donde crece en forma individual, dispersa o formando grupos con otras variedades, además, en 1921, ya se encontraron pequeñas plantaciones de esta mora cultivadas en Ibarra, Otavalo, Quito y Ambato [13].

La mora fue descubierta por Hartw y descrita por Benth, es originaria de las zonas altas tropicales de América principalmente en Colombia, Ecuador, Panamá, Guatemala, Honduras, México y Salvador, como se puede apreciar en la Figura 3.2 [14].



**Figura 3.2.** Distribución aproximada en Centro y Sud América

**Fuente:** [15]

Las zonas óptimas para el cultivo de mora en el Ecuador se encuentran en los valles del Callejón Interandino, principalmente en la provincia de Tungurahua y Pichincha, sin embargo, ha cobrado importancia la producción en provincias como Carchi e Imbabura. La planta de mora comienza fructificar a los 8 meses después del trasplante dependiendo del manejo y cuidado de la plantación, la planta presenta un período de 10 o más años de producción, la misma que aumenta a medida que crece y avanza en edad el cultivo [16].

### 3.2.1.2 Clasificación botánica

La clasificación es:

**Tabla 3.1.** Clasificación botánica.

<b>Reino</b>	Vegetal
<b>División</b>	Antofita
<b>Clase</b>	Dicotiledónea
<b>Subclase</b>	Arquiclamídea
<b>Orden</b>	Rosales
<b>Familia</b>	Rosácea
<b>Género</b>	Rubus
<b>Especie</b>	Glaucus
<b>Nombre científico</b>	Rubus glaucus Benth
<b>Nombre vulgar</b>	Mora

**Fuente:** [17].

### 3.2.2 Morfología

La mora pertenece al género Rubus, muy cercana al orden de los rosales, es una planta perenne, arbustiva, semi erecta y con tallos rastreros o semi erguidos que forman macollas. Las inflorescencias se presentan en racimos terminales que poseen de 15 a 22 flores, aunque, en ocasiones, se ubican en las axilas de las hojas [18].

#### 3.2.2.1 Raíz

Las raíces son racimosas, filiformes, nudosas y poco profundas, se distribuyen en los primeros 30 cm del suelo y tienen disposición horizontal, formada por un rizoma secundario, la longitud varía entre 0,5 a 1,2 m. La raíz se forma a partir del cuello cicatrizal, en las estacas y acodos, y,

además, esta permite la propagación al presentar yemas vegetativas capaces de activarse produciendo nuevos brotes [18].

### 3.2.2.2 Tallo

Los tallos están cubiertos por espinas curvas, son de longitud variable entre 3 y 4 m y hasta 2 m de alto, miden de 1,5 a 2,5 cm de diámetro, pueden ramificarse y emiten constantemente brotes en la base. El color del tallo varía del cenizo al rojo, algunos están cubiertos de un polvillo azul blanquecino y otros de un color verde y café oscuro, cuando están maduros son leñosos [18].



**Figura 3.3.** Tallo de la mora.

**Fuente:** [19]

### 3.2.2.3 Hojas

Las hojas son alternas trifoliadas, ovoides de bordes aserrados, color verde por encima (haz) y blanquecino por debajo (envés). Miden de 5 a 7 cm de largo y poseen espinas en la parte inferior [18].

### 3.2.2.4 Flores

Las flores son compuestas y actinomorfas, típicamente períginas, son blancas de 2,0 a 2,5 cm de diámetro y se disponen en racimos en las puntas de las ramas o, a veces, en toda la rama, poseen 5 sépalos permanentes y 5 pétalos. Poseen muchos estambres y carpelos libres unidos al receptáculo, cada carpelo está compuesto de 1 ovario, 2 óvulos y 1 pistilo largo. Las ramas florecen en racimos terminales [18].





**Figura 3.4.** Flor de mora polinizada

**Fuente:** [19]

### 3.2.2.5 Fruto

El fruto es compuesto y agregado, está formado por 70 a 100 drupas que se adhieren al receptáculo y, dentro de cada drupa, hay una semilla y cada fruto posee de 100 a 120 semillas. Los frutos son de forma esférica a elipsoidal, pueden ser de tamaño grande, mediano o pequeño; maduran de manera dispareja porque la floración no es homogénea. Miden de 1,5 a 2,5 cm de largo y de 1,5 a 2,0 cm de diámetro. Cuando maduran, tienen un color que va de rojo a púrpura o rojo oscuro. La producción de frutos es continua, aunque se presentan épocas de mayor producción en intervalos de 5 a 6 meses. En la Figura 3.5 se presenta la forma que caracteriza a la mora de Castilla [18].



**Figura 3.5.** Frutos de mora maduros

**Fuente:** [19]

### 3.2.3 Variedades de la mora

Farinango describe a dos variedades como las principales de la siguiente manera:

#### 3.2.3.1 Mora de castilla (*Rubusglaucus*)

Descubierta por Hartw y descrita por Benth, es una planta oriunda de la región Andina de Ecuador y de otros países de América intertropical. La mora de castilla conocida como mora negra, o mora andina, es la de mayor importancia comercial y la más cultivada en Ecuador, en regiones comprendidas entre los 1200 a 3000 m.s.n.m. [20].

#### 3.2.3.2 Mora variedad Brazos (*Rubus sp.*)

Fue desarrollada en 1959 por genetistas de Texas es lamás productiva y más adaptable, esta variedad demora ha crecido en el suroeste de los Estados Unidos, la variedad brazos es el resultado de un cruce de híbridos de alta calidad como dewberries y raspberries. Esta variedad se ha adaptado en Ecuador y es apropiada para la exportación debido a su rusticidad y alta productividad, además esta variedad es la de mayor demanda en el mercado internacional [20].

Otras variedades de interés para los productores:

#### 3.2.3.3 Mora negra (*Rubus bogotensis*)

Esta variedad es ideal para altitudes que van desde 1700 a 3200 m.s.n.m. cuyos frutos son racimos muy apretados y con poco jugo [21].

#### 3.2.3.4 Mora de páramo o de gato (*Rubus giganteus*)

El receptáculo interno que posee los frutos es hueco y de granos grandes aproximadamente de 7 cm, generalmente se cultiva en altitudes de 2600 a 3400m.s.n.m. [21].

#### 3.2.3.5 Mora pequeña (*Rubus megalococus*)

Variedad rústica cuyos frutos se caracterizan por ser pequeños. Se cultiva hasta los 2700 m.s.n.m. [21].

#### 3.2.3.6 Mora grande (*Rubus nubigenus*)

Esta variedad posee frutos grandes y se cultiva desde los 2600 a 3100 m.s.n.m. [21].

### 3.2.4 Necesidades para el cultivo de mora

#### 3.2.4.1 Suelo

La mora se desarrolla mejor en suelos franco arcillosos, de modo que permita una adecuada reserva de agua y el exceso sea evacuado fácilmente, con alto contenido de materia orgánica ricos en fósforo y potasio, deben presentar buen drenaje tanto interno como externo, ya que es una planta altamente susceptible al encharcamiento. Prefiere suelos con pH de 5,2 a 6,7 siendo 5,7 el óptimo [14].

#### 3.2.4.2 Condiciones climáticas para el cultivo de mora

Aunque la mora se adapta a un amplio rango de altitudes desde los 1200 a los 3500 m.s.n.m., los mejores resultados del cultivo se obtienen entre los 1800 y 2400 m.s.n.m. después de los 2400 m corren el riesgo de heladas que ocasionan quemazón en el tallo, exigiendo podas a nivel del suelo. Las temperaturas deben fluctuar de 12-16°C, humedades ambientales altas favorecen la incidencia de enfermedades, alterando el nivel de producción [22]

Las exigencias del cultivo de la mora en cuanto al clima son:

**Tabla 3.2.** Exigencias climáticas del cultivo

<b>Altitud</b>	La óptima para el desarrollo va desde los 1800 a 2400m.s.n.m. en alturas mayores a esta existe el riesgo que se presenten heladas con frecuencia y menores traen problemas fitosanitarios.
<b>Temperatura y humedad relativa</b>	Se desarrolla en temperaturas entre 8 y 22 °C, pero la óptima está entre los 12 y 14 °C. y una humedad ambiental entre los 70 y 90%.
<b>Vientos</b>	Requiere zonas libres de vientos fuertes.
<b>Luminosidad</b>	Las óptimas varían de 3 a 4 horas por día
<b>Precipitación</b>	Las lluvias no deben sobrepasar los 1200 y 2500 mm anuales.

Fuente: [23]

### 3.2.4.3 Preparación del terreno

Todo tipo de arado produce disturbios en el equilibrio del suelo el arado, las rejas, el cultivo pueden dar como resultado pérdidas de materia orgánica a través de la oxidación. Las condiciones de humedad durante la labranza son muy importantes para el mantenimiento de un buen arado, esta herramienta es utilizada en las granjas y jardines para crear un ambiente apropiado que permita el desarrollo del cultivo, se requiere de un buen manejo y la incorporación de abonos verdes y desechos orgánicos al suelo.

Para una labor apropiada de labranza debe promover el movimiento libre del aire y del agua a través del suelo y facilitar el proceso biológico dentro del mismo. Un sistema apropiado de labranza debe incorporar residuos de cultivos y otras materias orgánicas en la capa superior del suelo, las prácticas de labranza que destruyen a las lombrices de la tierra y a los miembros de las colonias de microorganismos, o los que destrozan los agregados del suelo o destruyen sus estructuras capilares, son menos deseables, lo que se desea es incentivar la labranza que minimiza el uso de herbicidas tóxicos, los sistemas de permacultura son alternativas de labranza. Los tipos de implementos para la labor de labranza de los suelos deberán determinarse según las necesidades del agricultor [24]

### 3.2.4.4 Trazado del huerto

Realizar el trazado del huerto primeramente delimitando la superficie del terreno a cultivar y la cantidad de plantas disponibles siempre y cuando se tome en cuenta el sentido en que corre el agua de riego, la dirección del viento, acceso al terreno, etc. En terrenos inclinados se recomienda plantas siguiendo las curvas de nivel para evitar los efectos erosivos [25]

### 3.2.4.5 Ahoyado

Debido a que la mora posee raíces profundas y su desarrollo es prolongado se debe realizar los hoyos de 0,40 x 0,40 x 0,40 m, incorporando materia orgánica en el fondo del hoyo.

Verificando que la plántula se encuentre recta y en buen estado, la distancia entre hoyos va de 3m entre plantas y 3 m entre hileras [25].

### 3.2.4.6 Densidad de la plantación

Las plantaciones de mora que al disminuir su plantación de siembra aumenta la productividad del área, una de las distancias más recomendadas, tanto por su productividad como manejo está entre 2 m entre plantas y 2 m entre hileras lo que da un total de 2500 plantas por hectárea [26].

**Tabla 3.3.** Distancias de siembra recomendadas para la mora

<b>Distancias recomendadas para el cultivo demora</b>		
<b>Distancias entre hileras (m)</b>	<b>Distancia entre plantas (m)</b>	<b>Densidad (plantas/ha)</b>
2,50	2,50	1.600
2,00	2,00	2.500
2,50	1,50	2.666

**Fuente:** [26].

### 3.2.4.7 Entutorado

La planta de la mora es de crecimiento rastrero, por lo que resulta fundamental el entutorado. De este modo, se facilita la aireación y el manejo del cultivo. En dicho cultivo se utilizan distintos tipos de entutorado: [19].

- **Espaldera sencilla en línea**

Este entutorado consiste en la colocación de una serie de posters de 2,5m de alto a cada lado de la hilera manteniendo las plantas en el centro. La distancia entre posters suele ser de 2m aproximadamente. Una vez situados, se procede a la colocación del alambre. El primer alambre se sitúa a 60cm de altura respecto del suelo y el resto a 40cm de distancia entre ellos. Normalmente, se disponen cuatro filas de alambre para facilitar la recolección, ya que de este modo se impide que las ramas cuelguen. [19].



**Figura 3.6.** Entutorado en cultivo de mora

**Fuente:** [19]

- **Espaldera doble en línea o en “T”:**

Consiste en colocar una serie de posters en forma de “T”. Cada poster está compuesto por un eje vertical de 2m de altura y uno transversal de 0,8m. La distancia entre ellos suele ser de 2m. En cada extremo del poster horizontal, va sujeta una hilera de alambre galvanizado de forma que la planta queda situada entre ambas hileras [19].

- **Espaldera en doble “T”**

En este sistema, cada poster vertical de 2m de altura presenta dos ejes transversales. El eje inferior suele ser de 0,5m y el superior de 0,8m. En los extremos de los posters horizontales se sujeta una hilera de alambre galvanizado [19].

- **Espaldera en cuadro o cajón:**

Este sistema se utiliza para entutorar una sola planta. Consiste en la colocación de 3-4 posters en posición horizontal formando un triángulo o rectángulo, de forma que la planta queda en el centro de dichas figuras [19].

### 3.2.4.8 Riego

La mora requiere para su crecimiento óptimo y producción aproximadamente 3 cm de agua por semana. Es rentable regar la mora en todo tipo de suelo y durante casi todo el año. El aumento en rendimiento resulta de un mayor tamaño de la fruta, así como un mayor número y mayor diámetro de las cañas. El tiempo crítico para regar es durante la floración y el crecimiento de la fruta.

El método más recomendado es sistema de goteo ya que presenta las siguientes ventajas:

- Representa un considerable ahorro en mano de obra para el productor.
- Se adapta a cualquier condición topográfica de terrenos.
- Se aprovecha al máximo el recurso agua
- No hay contacto del agua de riego de una planta con otra.
- Es importante tener presente que si alguna planta es atacada por bacterias, hongos, nemátodos, otros, en el cuello y raíces de una planta, no se debe permitir que el agua de riego vaya a otras plantas porque distribuye la enfermedad [27]

### 3.3 Sistemas de riego

#### 3.3.1 Definición y objetivos del riego

En términos generales, éste consiste en la aplicación artificial del agua al terreno para que las plantas (cultivos) puedan satisfacer la demanda de humedad necesaria para su desarrollo.

Los objetivos del riego son:

1. Proporcionar la humedad necesaria para que los cultivos se desarrollen.
2. Proporcionar nutrientes en disolución.
3. Asegurar las cosechas contra sequías de corta duración.
4. Refrigerar el suelo y la atmósfera para mejorar el medio ambiente de la planta.
5. Disolver las sales contenidas en el suelo.
6. Reducir el contenido de sales de un suelo existiendo un adecuado drenaje.

#### 3.3.2 Sistemas y métodos de riego.

Cuando se habla del riego en general, se dice que el problema principal por plantearse es el Cuánto, Cuándo y Cómo regar.

El Cuánto plantea el problema de la cantidad de agua que hay que aplicar a un suelo en el que se va establecer o se tiene establecido algún cultivo.

El Cuándo plantea el problema de la oportunidad con que se debe aplicar esa cantidad de agua.

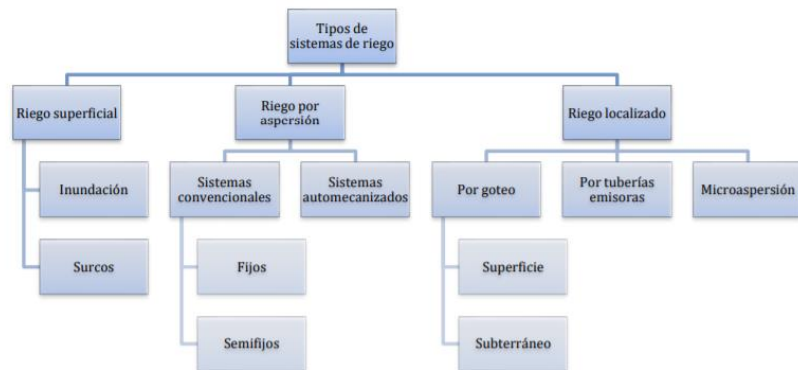
El Cómo plantea el problema de la forma en que esa cantidad de agua deba aplicarse al suelo en la oportunidad que definió el Cuándo.

Todo esto con el fin de hacer un aprovechamiento integral del agua para que sea aplicada en oportunidad y con la mayor eficiencia posible, obteniendo el máximo de los rendimientos en la producción [28]

#### 3.3.3 Sistemas de riego para cultivo

Un eficiente sistema de riego es el que abastece la cantidad necesaria de agua oportunamente, manteniendo las condiciones del suelo viables para el crecimiento de los cultivos. El suelo debe estar humedecido hasta la profundidad que solicita el tipo de cultivo, no obstante, tienen momentos en los que su situación se puede volver crítica si no se subsana la necesidad de agua, lo que se evidencia en la no germinación y también en el no desarrollo por sequía. Debido a la

importancia de la irrigación en el proceso de producción, es necesaria la contextualización de los diferentes tipos de riego utilizado para los cultivos [29].



**Figura 3.7.** Clasificación de los sistemas de riego

**Fuente:** [30]

### 3.3.4 Métodos de riego fundamentales.

Los métodos de riego pueden ser considerados como la forma en que el riego es aplicado al suelo para el desarrollo de los cultivos. Estos pueden ser: [28]

- a) b) Riego por aspersión
- b) c) Riego por goteo

#### 3.3.4.1 Riego por aspersión.

De manera general el riego por aspersión consiste en utilizar irrigación en forma de lluvia o llovizna a los cultivos, este sistema puede alcanzar a un área grande y con gran densidad por lo que actualmente es el más utilizado.



**Figura 3.8.** Sistema de riego por aspersión

**Fuente:** [31]



### ❖ Ventajas del riego por aspersión.

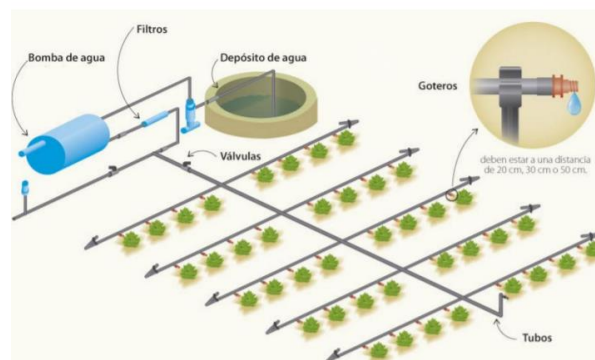
Debido a que es la imitación de la lluvia, este sistema aparte de favorecer con la irrigación para los cultivos, este a su vez aporta la humedad ambiental al entorno, creando un contexto de confort para el progreso y desarrollo de las plantas. Este sistema al suponer la caída directa de la lluvia en las plantas, están limpias las hojas de polvos o suciedades. Reserva mano de obra e inversión de recursos, en comparación con la irrigación manejable, se consigue la irrigación a zonas desiguales con facilidad [29].

### ❖ Desventajas del riego por aspersión.

En el aspecto de ahorro de recursos de energía, el riego por goteo promueve mayor ahorro, lo que se ve evidenciado económicamente. Este sistema se ve afectado en zonas que el viento aparezca con fuerza, haciendo que la tarea de regar los cultivos equitativamente se obstaculice [29].

#### 3.3.4.2 Riego por goteo

Este sistema de riego es un método utilizado en las zonas áridas que permite la optimización del agua, distribuyéndola de forma controlada; esta distribución se suministra a través de tuberías y mangueras de presión tratando de aprovechar al máximo las pendientes del terreno. Si el terreno no posee una pendiente beneficiosa para el diseño se utiliza un sistema de bombeo que transporte el agua a las zonas de las raíces de las plantas regando en zonas localizadas. Este sistema se utiliza generalmente en cultivos delicados, logrando que el agua se infiltre en las raíces de las plantas irrigando directamente la zona de influencia de las raíces a través de un sistema de tuberías y emisores o goteros [32]



**Figura 3.9.** Riego por goteo

**Fuente:** [33]

### ❖ Características del riego por goteo

La principal característica del riego por goteo es que es un sistema económico, esto debido a que el manejo del agua es controlado ya que es para un grupo de cultivos específicos y no para la cobertura total del terreno. La forma de aplicación del riego es de forma directa al cultivo, el agua se infiltra en el terreno, no se riega todo el suelo, sino solo la parte que administra el gotero, es decir humedece el sistema radicular de la planta. Otra de las características importantes del sistema es que utiliza caudales a baja presión, por lo cual las zonas agrícolas pueden obtener sus fuentes de agua, de zonas subterráneas y del agua lluvia. Debido a que la presión en los goteros es baja, el diámetro de las tuberías que se debe instalar también es menor, comparado al de otros sistemas de riego. También ya que se es un sistema controlado se puede aplicar la cantidad de agua según las necesidades de cada cultivo y con esto evitar que exista una evaporación excesiva. Con respecto al fertilizante, se puede inyectar la dosificación directamente a las tuberías o en el sistema de bombeo. La utilización de abonos tradicionales es prácticamente ineficaz en este sistema de riego, por lo cual se utiliza abono líquido o pesticidas en el agua de riego [32].

### ❖ Ventajas del riego por goteo.

- El agua que circula superficialmente se ahorra en su cantidad usada.
- Además de no requerir el uso de energía y fuerza que se emplearía en un sistema adicional que bombee el agua.
- Bajos requerimientos de uso de energía y de potencia en el sistema de bombeo.
- Automatización completa de nuestro sistema de riego, con el programador podemos inspeccionar en todo momento el riego que queremos proporcionar en nuestro huerto. Disposición exacta del agua en el terreno en el que necesita la planta.
- Verdaderamente ponemos el agua sobre la raíz de la planta para que ella la distribuya.

### ❖ Desventajas del riego por goteo.

En comparación con otros sistemas de riego, puede ser más costoso en la instalación. Pero, si se tiene la posibilidad de colocar riego por goteo en el huerto es una buena opción. Ya que puede que el coste naciente sea más caro, pero a la larga económicamente y ecológicamente será más eficaz [29].

### ❖ Elementos principales del sistema de riego por goteo

Los principales elementos con los que cuenta este sistema de riego son los siguientes:

- **Bomba de agua:** es la que se encarga de transportar el agua por toda la cinta de riego mediante presión. La bomba de agua para el diseño dependerá del número de plantas en el cultivo.
- **Sistema de inyección de químicos:** también es conocido como equipo de fertirrigación ya que permite aplicar fertilizantes al mismo tiempo con el agua.
- **Emisores o goteros:** son los dispositivos insertados en las tuberías encargados de verter agua al suelo.
- **Válvulas:** son las encargadas de la regulación y control del flujo de agua y cumplen diferentes funciones dependiendo su uso. En el sistema de riego por cultivo se tiene válvula de pie, retención, seguridad o alivio de presiones, descarga o drenaje.
- **Red de tuberías:** las tuberías mayormente utilizadas son tuberías de PVC y plástico de polietileno que cuentan con diámetros que van desde 12 mm hasta 90 mm. también poseen características como presión mínima de ruptura y presión máxima de trabajo [32].

### 3.4 Sistemas de control

Para entender en que consiste un sistema de control debemos saber que es sistema y control, el primero se refiere a elementos que trabajan en conjunto de manera sistemática, funcionando entre sí para alcanzar un objetivo. Mientras que el segundo es el dispositivo o mecanismo que nos garantiza alcanzar el cumplimiento del objetivo.

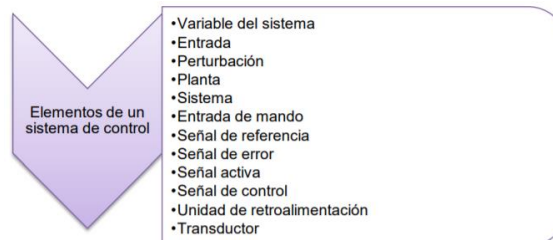
Un sistema de control es aquel sistema constituido por un conjunto de elementos conectados de forma que permiten regular o gobernar otro sistema, denominado planta o proceso. Estos sistemas ayudan a dirigir el funcionamiento de cualquier sistema o máquina con la mejor eficiencia y eficacia posible mediante dispositivos o elementos físicos, siendo también capaces de controlar sus movimientos por si mismos sin la necesidad de la intervención de factores externos, se conoce como sistema de control [34]

#### 3.4.1 Sistema de control de temperatura

Los controladores de temperatura, se usan en una variedad de industrias, son el inicio y herramientas importantes para el control de temperatura para obtener los resultados deseados

en las industrias. Los controladores de temperatura Analógico/Digital, ofrecen un rápido ajuste y proporcionan una gestión de temperatura precisa [35]

### 3.4.2 Elementos de un sistema de control



**Figura 3.10.** Elementos de un sistema de control.

**Fuente:** [36]

#### 3.4.2.1 Variable a controlar o salida

Es la señal de salida o el proceso que deseamos que se realice mediante valores que son determinados por los datos de entrada. En la figura 3.10 se describe que la salida o variable a controlar sería el agua para realizar el riego de plantas [36].

#### 3.4.2.2 Entrada

Se refiere a la condición que se ingresa mediante un controlador, para generar una respuesta de salida.

#### 3.4.2.3 Perturbación

Son las señales no deseadas que tienden a afectar de manera negativa el funcionamiento del sistema o valor del mismo, estas perturbaciones pueden ser internas (si se genera dentro del sistema) o externas (fuera del sistema, puede ser una entrada) [36].

#### 3.4.2.4 Planta

Es todo componente que se encuentra dentro del sistema de control, cuyo objetivo es efectuar una operación en particular.

#### **3.4.2.5 Sistema**

Conjunto de dispositivos o componentes que en combinación actúan y realizan un objetivo determinado. Los sistemas de control reciben la información facilitada por los sensores y, tras ser procesada, se utiliza para controlar sus actuadores [36].

#### **3.4.2.6 Entrada de mando**

Señal externa al sistema que condiciona su funcionamiento

#### **3.4.2.7 Señal de referencia**

Señal de entrada que utilizamos para calibrar el sistema

#### **3.4.2.8 Señal de error**

Señal obtenida en la salida del comparador entre la señal de referencia y la señal realimentada

#### **3.4.2.9 Señal activa**

Cuando la señal de error resultante del comparador está muy atenuada, necesario amplificarla para convertirla en una señal capaz de activar los distintos componentes del sistema.

#### **3.4.2.10 Unidad de control**

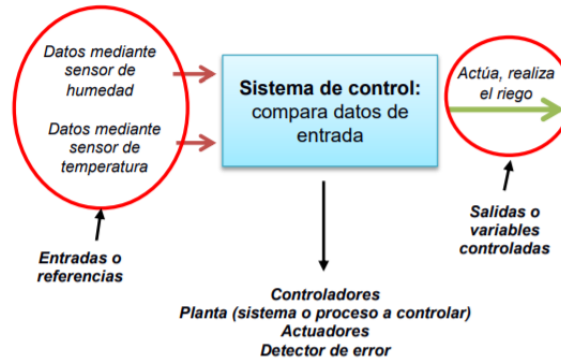
Controla la salida en función de una señal activa

#### **3.4.2.11 Unidad de realimentación**

Conjunto de dispositivos que, en presencia de alguna perturbación captan la variable controlada, la acondicionan y la llevan al comparador, para reducir la diferencia entre la salida de un sistema y una entrada de referencia, y lo realiza tomando en cuenta la diferencia [36].

#### **3.4.2.12 Transductor**

Elemento que transforma la magnitud física en otra interpretable por el sistema.



**Figura 3.11.** Diagrama de un sistema de control básico del sistema de riego

**Fuente:** [36]

### 3.4.3 Tipos de señal electrónicas

Son datos que pueden usarse para transmitir información, los emisores y receptores debe encontrar lenguajes en común para poder entenderse.

#### 3.4.3.1 Señal Analógica

Una señal analógica es aquella que varía de forma continua, toman un valor instantáneo diferente por cada fracción de tiempo. Son señales que, dentro de un margen, pueden tomar cualquier valor; entre dos valores cualesquiera siempre pueden tomar otro intermedio [37]

#### 3.4.3.2 Señal digital

Las señales digitales son cuantificadas; varían a intervalos entre los cuales no toman valores intermedios. Las señales digitales con que operan los sistemas electrónicos digitales son binarias, es decir, solo toman dos estados diferenciados nivel alto lógico alto y nivel lógico bajo, son representados por 1 y 0 respectivamente.

Una señal digital es una forma de onda discreta, más que continua. Transmite datos codificados en dos estados discretos: bits 1 y bits 0, los cuales se representan como el encendido y apagado de los pulsos eléctricos [36].

### 3.5 Principales equipos y materiales utilizados en los sistemas de riego

#### 3.5.1 Bombas de agua centrífugas.

Las Bombas centrífugas también llamadas rotodinámicas, son siempre rotativas y son un tipo de bomba hidráulica que transforma la energía mecánica de un impulsor. Una bomba centrífuga es una máquina que consiste de un conjunto de paletas rotatorias encerradas dentro de una caja o cárter, o una cubierta o coraza. Se denominan así porque la cota de presión que crean es ampliamente atribuible a la acción centrífuga. Las paletas imparten energía al fluido por la fuerza de esta misma acción. Es aquella máquina que incrementa la energía de velocidad del fluido mediante un elemento rotante, aprovechando la acción de la fuerza centrífuga, y transformándola a energía potencial a consecuencia del cambio de sección transversal por donde circula el fluido en la parte estática, la cual tiene forma de voluta y/o difusor [38]

Las bombas centrífugas sirven para el transporte de líquidos que contengan sólidos en suspensión, pero poco viscosos. Su caudal es constante y elevado, tienen bajo mantenimiento. Este tipo de bombas presentan un rendimiento elevado para un intervalo pequeño de caudal pero su rendimiento es bajo cuando transportan líquidos viscosos. [38]

##### 3.5.1.1 Tipos de bombas centrífugas.

###### ❖ Bomba centrífuga de flujo radial.

Las bombas centrífugas de flujo radial se utilizan para cargas altas y caudales pequeños, sus impulsores son por lo general angostos. El movimiento del fluido se inicia en un plano paralelo al eje de giro del impulsor de la bomba y termina en un plano perpendicular a éste. [38]

###### ❖ Bombas centrífugas de flujo axial.

Estas bombas se utilizan para cargas pequeñas y grandes caudales, tienen impulsores tipo propela, de flujo completamente axial. La corriente líquida se verifica en superficies cilíndricas alrededor del eje de rotación. La energía se cede al líquido por la impulsión ejercida por los álabes sobre el mismo [38]

### ❖ Bombas centrifugas diagonales.

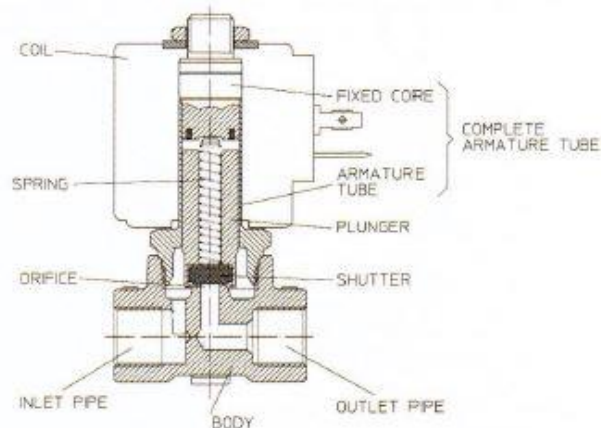
Estas bombas se utilizan para cargas y caudales intermedios. La corriente líquida se verifica radial y axialmente, denominándose también de flujo mixto. La energía se cede al líquido mediante la acción de la fuerza centrífuga y la impulsión ejercida por los álabes sobre el mismo. [38]

### 3.5.2 Válvulas de control.

En el control automático de los procesos industriales, la válvula de control juega un papel muy importante en el bucle de regulación. Realiza la función de variar el caudal de fluido de control, comportándose como un orificio de área continuamente variable. Dentro del bucle de control tiene tanta importancia como el elemento primario, el transmisor y el controlador. [39]

### 3.5.3 Válvula selenoide.

Hay muchas variedades de válvulas, las cuales trabajan con el mismo principio básico pero se pueden agrupar de acuerdo a su aplicación, construcción o forma. Las más usadas son las de acción directa en la cual el sello del asiento se fija al núcleo del solenoide, en condición desenergizada, se cierra el orificio del asiento que opera cuando la válvula se energiza. [40]



**Figura 3.12.** Partes de una válvula selenoide.

**Fuente:** [40]

### 3.5.4 Pantalla táctil.

Una pantalla táctil es una pantalla que mediante un toque directo sobre su superficie permite la entrada de datos y órdenes al dispositivo, y a su vez muestra los resultados introducidos



previamente; actuando como periférico de entrada y salida de datos, así como emulador de datos interinos erróneos al no tocarse efectivamente. [41]



**Figura 3.13.** Pantalla KTP600.

**Fuente:** [41]

### 3.5.5 Contactor.

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de 25 potencia o en el circuito de mando, tan pronto se dé tensión a la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos), con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden. [39]

### 3.5.6 Relé Térmico.

Un relé es un interruptor accionado por un electroimán. Un electroimán está formado por una barra de hierro dulce, llamada núcleo, rodeada por una bobina de hilo de cobre. Al pasar una corriente eléctrica por la bobina el núcleo de hierro se magnetiza por efecto del campo magnético producido por la bobina, convirtiéndose en un imán tanto más potente cuanto mayor sea la intensidad de la corriente y el número de vueltas de la bobina. Al abrir de nuevo el interruptor y dejar de pasar corriente por la bobina, desaparece el campo magnético y el núcleo deja de ser un imán. [39]

## 4 METODOLOGÍA

### 4.1 Variables

#### 4.1.1 Variables independientes:

Control y monitoreo.

- Sensores
- Bombas
- Electroválvulas

#### 4.1.2 Variables dependientes:

Uso eficiente de la energía eléctrica.

- Humedad
- Temperatura
- Nivel de agua
- Energía

### 4.2 Tipos de investigación

#### 4.2.1 Investigación Bibliográfica

Según el autor Santa Paella y Feliberto Martins en su libro “Metodología de la Investigación Cuantitativa” define el diseño bibliográfico como la revisión sistemática, rigurosa y profunda del material documental de cualquier clase. Se procura el análisis de los fenómenos o el establecimiento de la relación entre dos o más variables. Cuando se opta por este tipo de estudio, el investigador utiliza documentos, los recolecta, selecciona, analiza y presenta resultados coherentes [42]

En el presente trabajo se utiliza este tipo de investigación por que se necesita recolectar información de fuentes bibliográficas con el fin de seleccionar lo más acorde e importante para presentar los resultados coherentes que requiere esta investigación.

## **4.2.2 Investigación experimental**

Esta investigación es ideada con el propósito de determinar la mayor confiabilidad posible en las relaciones de causa-efecto. Aquí, grupos experimentales se exponen a estímulos determinados para comparar los comportamientos resultantes con los de otros grupos llamados de control [43]

Se utiliza este tipo de investigación ya que se quiere estudiar el comportamiento energético de acuerdo al consumo de las bombas que se activaran en función de los sensores, obteniendo así una relación de causa-efecto.

## **4.3 Métodos de investigación**

### **4.3.1 Método Científico**

El Método Científico está constituido por un conjunto de pasos o etapas bien establecidas que posibilitan dirigir el proceso de investigación de forma óptima, de modo que permita alcanzar su propósito, el conocimiento científico, de la manera más eficiente [43].

Se utiliza este método con el fin de establecer una serie de pasos o etapas para obtener un conocimiento sistematizado para la construcción de este trabajo investigativo para llegar a la solución del problema planteado.

### **4.3.2 Método deductivo**

Este método de razonamiento consiste en tomar conclusiones generales, para obtener explicaciones particulares. El método se inicia con el análisis de los postulados, teoremas, leyes, principios, etcétera, de aplicación universal y de comprobada validez, para aplicarlos a soluciones o hechos particulares [44]

Se utiliza este método ya que los resultados científicos definidos ayudan a encaminar esta investigación de manera coherente para llegar a conclusiones particulares de esta investigación en relación al problema planteado.

## **4.4 Técnicas e instrumentos**

### **4.4.1 Técnicas:**

#### **4.4.1.1 Observación**

Es la técnica que consiste en observar atentamente el fenómeno, hecho, caso o actividad, tomar información y registrarla para su posterior análisis. La observación es la técnica mas antigua que se utiliza en evaluación psicológica; pero todavía se la emplea y proporciona garantías suficientes en el momento de la recolección de datos [43]

La técnica de observación se utiliza en este trabajo ya que se observó que el cultivo carece de un sistema de riego automatizado que ocasiona un desperdicio del recurso hídrico, con esto se recolecto información del terreno para caracterizarlo y desarrollar esta propuesta tecnológica.

#### **4.4.1.2 Investigación bibliográfica**

La investigación bibliográfica en una técnica cualitativa que se encarga de explorar todo aquello que se haya escrito acerca de un determinado tema o problema [43]

Se utiliza esta técnica ya que ayuda a sustentar de forma teórica el trabajo que se a realizado para evitar que la investigación sea una replica de algo que ya se a hecho.

### **4.4.2 Instrumentos**

#### **4.4.2.1 Software y programación**

El software utilizado para esta investigación es el Tia Portal V15 el cual el permite realizar la programación para la automatización del sistema de riego ya que presenta una interfaz muy practica y entendible en donde el usuario puede ejecutar el control tanto manual como automático del sistema de riego.

## **5 DESARROLLO DE LA PROPUESTA**

En la parroquia Yanahurco específicamente en el sector de los Tres Juanes se observan plantaciones de cultivos a cielo abierto que cuentan con sistemas de riego manuales lo que ocasiona una baja producción y un despilfarro del recurso hídrico. Por lo que los propietarios

del cultivo se ven en la necesidad de determinar las alternativas que contribuyan a tener un control óptimo del recurso hídrico a través de un sistema de riego automatizado.

Hay múltiples factores que perjudican el proceso de crecimiento y producción de las moras, pero los que predominan son la humedad y la temperatura del cultivo, ya que estas variables influyen de manera directa en la producción de la mora.

Mediante un análisis de las condiciones climáticas del sector, se puede determinar la necesidad de tener un sistema de control de humedad y monitoreo de temperatura que permita a los propietarios y agricultores del terreno mantener en las condiciones más óptimas su cultivo, ya que el sistema automatizado activara o desactivara las bombas de agua dependiendo los requerimientos que planteen los sensores de sistema.

A continuación, se detallarán los materiales y equipos que se utilizarán para desarrollar el sistema de control de humedad y monitoreo de temperatura los cuales permitirán cumplir con las necesidades y requerimientos del cultivo de mora.

## **5.1 Requerimientos**

### **5.1.1 Control climático**

En los cultivos de mora es muy importante tener los factores climáticos dentro de los valores requeridos para el cultivo, un control automático de la humedad y monitoreo temperatura activara las bombas de agua cuando el cultivo lo requiera, esto ayudara a tener un mejor manejo del recurso hídrico ya que una escases o exceso de agua ocasionara directamente daños severos en las plantas de mora.

### **5.1.2 Humedad**

Para tener una producción adecuada y óptima de la mora se debe tener una humedad ambiental entre el 70% y 90%.

### **5.1.3 Temperatura**

Las temperaturas en las que puede desarrollarse la mora se encuentran entre los 8 y 22 °C, pero la óptima está entre los 12 y 14 °C por lo que se tratara de mantener al cultivo dentro de estos valores.

## 5.2 Materiales y equipos

### 5.2.1 Sistema de riego

El sistema de riego automatizado para el cultivo de mora está compuesto por una serie de componentes electromecánicos como: bombas, electroválvulas, sensores de humedad y temperatura, goteros, mangueras y tuberías. A continuación, se detallará los diferentes elementos que se utilizan para el sistema de riego:

#### 5.2.1.1 Criterios para la selección

Este elemento se encarga de proporcionar la presión adecuada al agua para que pueda alcanzar todos los sectores de riego. También se afirma que esta presión puede conseguirse mediante bombeo (motor y bomba), o por acción de la gravedad, siempre y cuando la fuente de agua se ubique en una altura suficiente como para operar el sistema. Las fuentes de agua pueden incluir reservorios, ríos, canales, pozos, etc. [46]

Para nuestro sistema de riego se utilizarán 2 bombas: la primera bomba suministra el agua hacia el terreno dependiendo de la lectura del sensor de humedad.



**Figura 5.1.** Bomba N° 2

**Fuente:** Autores.

La segunda bomba es la encargada de proveer agua del tanque principal hacia un tanque de reserva siempre y cuando el sensor de nivel indique que el tanque este vacío.



**Figura 5.2.** Bomba N° 1

**Fuente:** Autores

A continuación, se presenta el dimensionamiento de la bomba a partir de una aplicación en línea para el sistema de riego.

**Tabla 5.1.** Dimensionamiento de la bomba

Diseño Hidráulico del Sistema							
Diseño	Descripción	Espaciado m	Caudal l/h	mca	Presión mca	Velocidad m/s	Longitud m
Cinta Goteo	T Tape 5/8 o 16mm q=1.02 L/h a 30cm 8mil	0.30	85.00	0.0198	5.6401	0.12	25
Tubería Terciaria	1 1/2 pul SDR 26 Di=44.6mm	1	3995.00	0.2446	5.8285	0.71	47
Tubería Secundaria							
Tubería Primaria	1 1/2 pul SDR 26 Di=44.6mm		3995.00	0.14	5.97	0.71	10
Filtro				2	7.97		
FeritiRiego				0	7.97		
Proyecto Q l/s	1.11						
Presión en la bomba PSI	11.32						
Intensidad del riego mm hora	3.40						
Area del Sector de Riego m <sup>2</sup>	0						
Cultivo de Citricos							
Descripción	Et mm	Lr mm	Horas Riego				
ETPo	6						
ETc Fase Inicial	2.40	1.33	0.39				
ETc Fase Media	6.60	3.67	1.08				
ETc Fase Final	5.40	3.00	0.88				

**Fuente:** [47]

### 5.2.1.2 Filtros de agua

Los filtros se utilizarán para separar materiales orgánicos del agua como: arena, algas y otras partículas gruesas. Los filtros estarán ubicados en los tanques de agua.



**Figura 5.3.** Filtro de agua para el riego

**Fuente:** Autores.

### 5.2.1.3 Electroválvulas

Este dispositivo permite controlar el flujo de agua que circula por la tubería del sistema de riego, se activaran dependiendo las lecturas de los sensores o también el usuario puede activar de manera manual. Estarán ubicadas en la salida de la bomba de agua.



**Figura 5.4.** Electroválvula de 1 ½ plg

**Fuente:** Autores

### 5.2.1.4 Mangueras

Sirve para la circulación y distribución del agua hacia el terreno, el diámetro de la manguera que se utiliza es de 1 ½ plg para la red principal y se ubicara a lo largo del cultivo de mora.





**Figura 5.5.** Manguera de 1 ½ plg

**Fuente:** Autores

### 5.2.1.5 Accesorios

Los accesorios se utilizan para unir y cambiar de dirección las mangueras del sistema de riego.



**Figura 5.6.** Accesorios y codos

**Fuente:** Autores

### 5.2.1.6 Goteros

Son los elementos de la parte final del sistema de riego. Estos aparatos estarán ubicados en cada planta de mora y permitirán el goteo de agua sobre las plantas.



**Figura 5.7.** Goteros de agua

**Fuente:** Autores.

## 5.2.2 Sistema de control y monitoreo

### 5.2.2.1 Tablero de control

Los tableros eléctricos son gabinetes en los que se concentran los dispositivos de conexión, control, maniobra, protección, medida, visualización y distribución, todos estos dispositivos permiten que una instalación eléctrica funcione adecuadamente.



**Figura 5.8.** Caja metálica

**Fuente:** Autores.

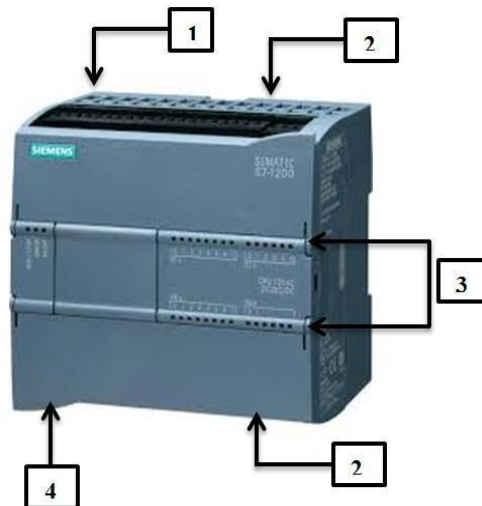
### 5.2.2.2 PLC S7-1200

En el módulo didáctico se ha empleado este controlador lógico programable por adaptarse fácilmente a tareas de automatización, las cuales exigen dependiendo del proceso, funciones simples o avanzadas, en programación. Además, ofrece soluciones de control para varios tipos de dispositivos empleados habitualmente en tareas y aplicaciones industriales.

El S7-1200, es un dispositivo poderoso puesto que su CPU posee un microprocesador, adicional una fuente de alimentación, circuitos de entradas y salidas, tanto análogas como digitales y un puerto PROFINET, con la cual se establece comunicación con otros dispositivos dentro de la red.

La CPU del autómatas maneja herramientas indispensables para el control de dispositivos y elementos dentro de una aplicación de automatización, ya que, al aplicar instrucciones de temporización, conteo, lógica booleana y funciones matemáticas dentro de la programación del usuario, posibilita la supervisión del estado de entradas, controla la activación de las salidas del sistema y ejecuta tareas de comunicación con otros dispositivos, se encuentra en [48].

La estructura básica del PLC S7-1200 consta de los siguientes elementos:



**Figura 5.9.** PLC S7-1200.

**Fuente:** [48]

- 1) Conector de alimentación.
- 2) Conectores de entrada y salida para cableado de usuario.
- 3) Leds de estado para entradas y salidas del PLC.
- 4) Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)
- 5) La CPU del PLC S7-1200 empleada es la 1212C AC/DC/RLY (6ES7 212-1BE40-0XB0)

### 5.2.2.3 Módulo de comunicación RS 485

Modbus RTU es un protocolo serie abierto (RS-232 o RS-485) basado en una arquitectura maestro/esclavo o cliente/servidor. El protocolo interconecta los equipos de campo, como son los sensores, los actuadores y los controladores y se usa ampliamente en la automatización de procesos y fabricación. El entorno de bus de campo es el grupo de nivel básico de redes digitales en la jerarquía de las redes de planta.

- **Características**

Los módulos de comunicación SITRANS F Modbus RTU cumplen el protocolo serie MODBUS. Entre otras cosas, esto implica un protocolo maestro-esclavo en el nivel 2 del modelo OSI. Un nodo (el maestro) emite comandos explícitos a uno de los nodos esclavos y, después, procesa las respuestas. Los nodos esclavos no transmiten datos sin una petición del nodo maestro, ni tampoco se comunican con otros esclavos. Modbus es un sistema maestro mono, lo que significa que sólo puede conectarse un maestro cada vez.

- **Función**

El módulo de comunicaciones permite un intercambio de datos entre sus autómatas programables o equipos y otros autómatas programables o equipos, así como la conexión de distintos dispositivos de varios fabricantes mediante un acoplamiento punto a punto [49]



**Figura 5.10.** Módulo RS485

**Fuente:** Autores

#### **5.2.2.4 Simatic IOT 2040**

SIMATIC IOT2040 es la plataforma abierta y confiable diseñada para la adquisición, procesamiento y transferencia de datos directamente en el entorno de producción.

Es ideal para su uso como puerta de enlace entre la nube o el nivel de TI de la empresa y la producción.

La apertura del sistema para admitir numerosos protocolos de comunicación y programación en lenguajes de alto nivel permite soluciones a medida.

#### **Apertura para aplicaciones industriales de IOT**

- Amplia gama de opciones para programar en lenguajes de alto nivel
- Implementación de soluciones de comunicación flexibles con diferentes protocolos, desde Modbus RTU, OPC UA hasta protocolos en la nube como MQTT / AMQP

- Uso de bibliotecas y ejemplos de aplicaciones de código abierto
- Soporte Yocto Linux [50]



**Figura 5.11.** Simatic IOT 2040

**Fuente:** Autores

#### 5.2.2.5 Sentron Pac 3120

Se trata de multímetros que permiten medir las magnitudes eléctricas básicas en una distribución de energía eléctrica en baja tensión. Pueden realizar mediciones monofásicas, bifásicas y trifásicas, y pueden utilizarse en redes (sistemas) en esquema TN, TT e IT de dos, tres o cuatro conductores. Los multímetros están previstos para el montaje en panel. Si se dispone de los soportes para perfil DIN opcionales, también es posible el montaje sobre perfil DIN. Los multímetros pueden utilizarse tanto en áreas residenciales como industriales. Gracias a su amplio rango de tensión de medición, los multímetros se pueden conectar directamente a una red de baja tensión hasta una tensión asignada UL-N de 400 V. Es posible realizar mediciones de tensión en redes de media o alta tensión mediante un transformador de tensión.

La medición de corriente es posible mediante un transformador de corriente x/1 A o x/5 A. Los multímetros disponen de un amplio display gráfico LCD en el que pueden leerse todas las magnitudes. Ofrecen un manejo intuitivo para el usuario gracias a cuatro teclas de función e información multilingüe en texto explícito. Adicionalmente, el usuario experimentado dispone de una navegación directa, la cual permite realizar una selección rápida del menú deseado. Los multímetros disponen de una serie de útiles funciones de monitoreo, diagnóstico y servicio técnico, un contador de tarifa doble de energía activa y reactiva, un contador universal y un

contador de horas de funcionamiento para monitorear el tiempo de servicio de consumidores conectados.

- **PAC3120**

El PAC3120 puede configurarse mediante la interfaz RS485 integrada. Los datos de medida pueden leerse y procesarse.

El PAC3120 dispone de:

- Dos entradas digitales
- Dos salidas digitales

La parametrización puede realizarse directamente en el multímetro o mediante powerconfig, a través de la interfaz RS485 [51]



**Figura 5.12.** Sentron Pac 3120

**Fuente:** Autores

#### 5.2.2.6 KTP 600

Para las aplicaciones básicas, los paneles de operador con funciones básicas suelen considerarse completamente suficientes. Estas exigencias son justo las que queremos satisfacer: con nuestros nuevos SIMATIC HMI Basic Panels. Centrados en lo esencial, los Basic Panels ofrecen justo la funcionalidad básica deseada y a un precio óptimo. Una perfecta relación rendimiento/precio. Al igual que todos los equipos de nuestra gama de productos, los nuevos Basic Panels se basan en la acreditada calidad SIMATIC e, independientemente del tamaño de su pantalla, ofrecen de forma estándar numerosas funciones de software, a saber: sistema de avisos, administración de

recetas, funcionalidad de curvas y cambio de idioma. Los usuarios se benefician así de las ventajas de la visualización, así como de una calidad del proceso mejorada [52]



**Figura 5.13.** KTP 600

**Fuente:** Autores

#### 5.2.2.7 Sensores

- **Humedad -Temperatura**

Es un sensor impermeable de temperatura y humedad de tipo analógico, y permitirá medir la temperatura, debido a su diseño evitara el rápido envejecimiento de los sensores bajos condiciones ambientales adversas, las piezas de los sensores están de manera ventiladas y de esta manera detectar los cambios en sus parámetros.

El sensor tiene un rango de aproximación de  $-40^{\circ}\text{C}$  a  $80^{\circ}\text{C}$ .



**Figura 5.14.** Sensor de humedad y temperatura

**Fuente:** Autores

- **Sensor de nivel**

El sensor de nivel se debe colocar en el depósito o cisterna en la forma en la que se indica en la imagen. El sensor se activará desconectando la bomba de agua y el llenado del depósito en la posición más alta (con el ángulo correspondiente a la posición de las agujas del reloj entre la una y las dos).

En el resto de posiciones el sensor estará desconectado sin afectar al funcionamiento de la bomba de agua y al llenado del depósito [53]



**Figura 5.15.** Sensor de nivel de agua

**Fuente:** [53]

### 5.2.2.8 Fuente de voltaje 24 VDC

La fuente de poder o de alimentación es el dispositivo que se encarga de transformar la corriente alterna de la línea eléctrica comercial que se recibe en los domicilios en corriente continua o directa; que es la que utilizan los dispositivos electrónicos.



**Figura 5.16.** Fuente de voltaje de 24 v.

**Fuente:** Autores



### 5.2.2.9 Guardamotor

#### Bomba # 1

**Datos:**

$$P = \frac{3}{4} Hp$$

$$V = 110/220 V$$

$$fp = 0.95$$

#### Transformación de Hp a Watt

$$1 Hp = 745.7 w$$

$$P = \frac{3}{4} Hp \rightarrow 0.75 Hp$$

$$P = 0.75 Hp * 745.7 \frac{w}{Hp} \quad (1)$$

$$P = 559.275 w$$

#### Cálculo de la corriente nominal

$$In = \frac{P}{V * \cos\phi * \sqrt{3}} \quad (2)$$

$$In = \frac{559.275 w}{220 v * 0.95 * \sqrt{3}}$$

$$In = 1.55 A$$

#### Bomba N# 2

**Datos:**

$$P = 0.5 Hp$$

$$V = 110 V$$

$$fp = 0.95$$

### Transformación de Hp a Watt:

$$1 \text{ Hp} = 745.7 \text{ w}$$

$$P = 0.5 \text{ Hp}$$

$$P = 0.5 \text{ Hp} * 745.7 \frac{\text{w}}{\text{Hp}}$$

$$P = 372.85 \text{ w}$$

### Cálculo de la corriente nominal:

$$I_n = \frac{P}{V * \cos\phi * \sqrt{2}} \quad (3)$$

$$I_n = \frac{372.85 \text{ w}}{110 \text{ v} * 0.95 * \sqrt{2}}$$

$$I_n = 2.50 \text{ A}$$

**Tabla 5.2.** Guardamotores

#### Guardamotor MPW12 - Protección Termomagnética

Tabla orientativa para selección de la protección de motores trifásicos <sup>1)</sup>						Corriente nominal $I_n$ (A)	Rango de ajuste de corriente $I_n$ (A)	Disparo magnético instantáneo 13 x $I_n$ $I_m$ (A)	Terminal resorte	Peso kg
220-240 V kW / HP	380-415 V kW / HP	440-480 V kW / HP	500 V kW / HP	550-600 V kW / HP	690 V kW / HP				Referencia	
-	-	-	-	-	-	0,16	0,1...0,16	2,08	MPW12-3-C016S	0,28
-	-	-	-	-	0,12 / 0,16	0,25	0,16...0,25	3,25	MPW12-3-C025S	
-	-	0,12 / 0,16	0,12 / 0,16	0,12 / 0,16	0,18 / 0,25	0,4	0,25...0,4	5,2	MPW12-3-D004S	
-	0,12 / 0,16	0,18 / 0,25	0,18 / 0,25	0,25 / 0,33	0,25 / 0,33	0,63	0,4...0,63	8,2	MPW12-3-C063S	
0,12 / 0,16	0,25 / 0,33	0,25 / 0,33	0,37 / 0,5	0,37 / 0,5	0,55 / 0,75	1	0,63...1	13	MPW12-3-U001S	
0,25 / 0,33	0,37 / 0,5	0,75 / 1	0,75 / 1	0,75 / 1	1,1 / 1,5	1,6	1...1,6	20,8	MPW12-3-D016S	
0,37 / 0,5	0,75 / 1	1,1 / 1,5	1,1 / 1,5	1,1 / 1,5	1,5 / 2	2,5	1,6...2,5	32,5	MPW12-3-D025S	
0,75 / 1	1,5 / 2	1,5 / 2	1,5 / 2	2,2 / 3	3 / 4	4	2,5...4	52	MPW12-3-U004S	
1,1 / 1,5	2,2 / 3	3 / 4	3 / 4	3,7 / 5	4 / 5,5	6,3	4...6,3	82	MPW12-3-D063S	
2,2 / 3	4,5 / 6	5,5 / 7,5	4 / 5,5	5,5 / 7,5	7,5 / 10	10	6,3...10	130	MPW12-3-U010S	
3 / 4	5,5 / 7,5	5,5 / 7,5	7,5 / 10	7,5 / 10	9,2 / 12,5	12	8...12	156	MPW12-3-U012S	

**Fuente:** [54]

Los guardamotores seleccionados de acuerdo a la corriente nominal son:

- **Bomba #1:** 20.8 A
- **Bomba #2:** 32.5 A

### 5.2.2.10 Contactor

Teniendo en cuenta la corriente nominal obtenida en el punto anterior se procede a seleccionar el contactor de acuerdo a la siguiente tabla:

**Tabla 5.3.** Contactores

CONTACTORES										
robustTa (9A ~ 95A)										
Contactor de tres polos con bobina AC										
Corriente máxima		HP máximo						Contactos auxiliares por contactor		Número de catálogo
Inductivo	Continuo	Monofásico		Trifásico				NO	NC	
AC-3 A	AC-1 A	120V	230V	200V	230V	480V	600V			
9	20	0.5	1	2	2	5	7.5	1	0	TC1-D0910-XX
								0	1	TC1-D0901-XX
12	25	1	2	3	3	7.5	10	1	0	TC1-D1210-XX
								0	1	TC1-D1201-XX
18	32	1	3	5	5	10	15	1	0	TC1-D1810-XX
								0	1	TC1-D1801-XX
22	32	2	3	5	7.5	15	20	1	0	TC1-D2210-XX
								0	1	TC1-D2201-XX
25	40	2	3	5	7.5	15	20	1	0	TC1-D2510-XX
								0	1	TC1-D2501-XX
32	50	2	5	10	10	20	25	1	0	TC1-D3210-XX
								0	1	TC1-D3201-XX
38	60	3	5	10	10	30	30	1	0	TC1-D3810-XX
								0	1	TC1-D3801-XX
40	60	3	5	10	10	30	30	1	1	TC1-D4011-XX
50	80	3	7.5	15	15	40	40	1	1	TC1-D5011-XX
65	80	5	10	20	20	50	50	1	1	TC1-D6511-XX
80	125	7.5	15	25	25	60	60	1	1	TC1-D8011-XX
95	125	7.5	15	25	25	60	60	1	1	TC1-D9511-XX

Nota : Cuenta con los certificados 

Fuente: [55]

### 5.2.2.11 Materiales varios

- Canaleta

La canaleta utilizada tiene las dimensiones 40 x 40 color gris ranurada que alojara a los conductores del tablero de control.

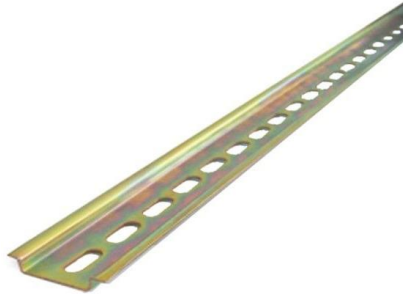


**Figura 5.17.** Canaleta ranurada gris

Fuente: Autores

- **Riel din**

Es una barra metálica que sirve de soporte para los distintos elemento y equipos del tablero de control.



**Figura 5.18.** Riel din

**Fuente:** Autores

- **Punteras**

Sirven para evitar un mal contacto del conductor con los dispositivos.



**Figura 5.19.** Punteras para conductores

**Fuente:** Autores

- **Conductores**

### **Cálculo de los conductores Eléctricos**

Para el cálculo de los conductores de las bombas se tiene las corrientes nominales:

- **Bomba #1:** 1.55 A
- **Bomba #2:** 2.50 A

De acuerdo a la longitud de la ubicación de la bomba, se selecciona el conductor por sección transversal:

**Bomba # 1:**

$$S = \frac{2 * L * I}{V * \%Error\ menor\ a\ 1} \quad (4)$$

$$S = \frac{2 * 5 * 1.55}{220 * 0.9}$$

$$S = 7.82 \text{ mm}^2$$

**Bomba # 2:**

$$S = \frac{2 * L * I}{V * \%Error\ menor\ a\ 1}$$

$$S = \frac{2 * 20 * 2.50}{110 * 0.9}$$

$$S = 1.01 \text{ mm}^2$$

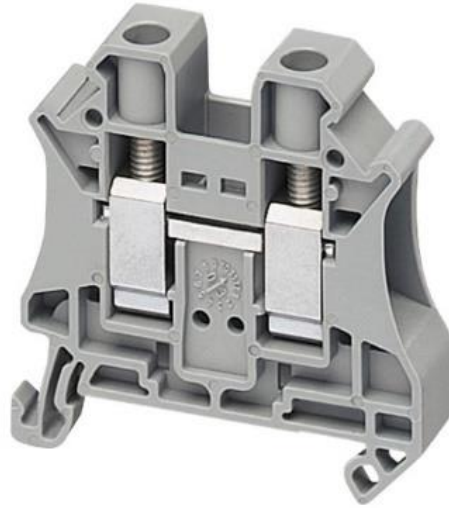
**Tabla 5.4.** Conductores AWG

<b>Sección AWG</b>	<b>Sección mm<sup>2</sup></b>	<b>Corriente (Amperios)</b>
20	0.5	3
18	1	7
16	1,5	10
14	2,5	15
12	4	20
10	6	30
8	10	40
6	16	55
4	25	70

Para la bomba # 1 el conductor seleccionado es el 8 AWG y para la bomba # 2 el conductor es el 16 AWG.

- **Borneras**

Es un tipo de conector eléctrico que sirve para unir conductores a través de una pieza metálica.



**Figura 5.20.** Borneras

**Fuente:** Autores

- **Espiral**

Elemento de plástico que sirve para ordenar los conductores dentro de un tablero de control

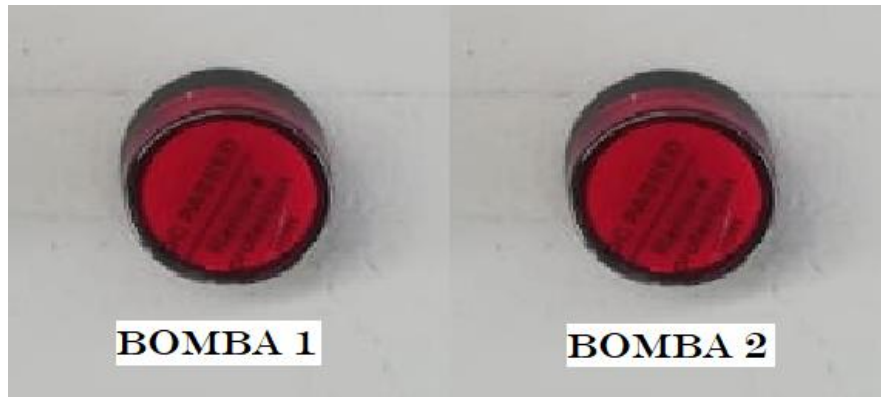


**Figura 5.21.** Espiral

**Fuente:** Autores

- **Luces piloto**

Son indicadores visuales que muestran que las bombas están en falla.



**Figura 5.22.** Luces piloto

**Fuente:** Autores

- **Pulsadores**

Dispositivo mecánico que permiten el paso o corte de la energía se utiliza para poner en marcha o parar las bombas en el funcionamiento manual.



**Figura 5.23.** Pulsadores de Marcha-Paro

**Fuente:** Autores

- **Paro de emergencia**

Sirven para detener el sistema en caso de alguna anomalía o emergencia.



**Figura 5.24.** Paro de emergencia

Fuente: Autores

- **Selector de operación manual o automático**

Permite al usuario seleccionar el modo de operación del sistema.



**Figura 5.25.** Control manual o automático

Fuente: Autores



## 5.2.3 Programación del sistema de control en el software TIA PORTAL

### 5.2.3.1 Diagrama de bloques

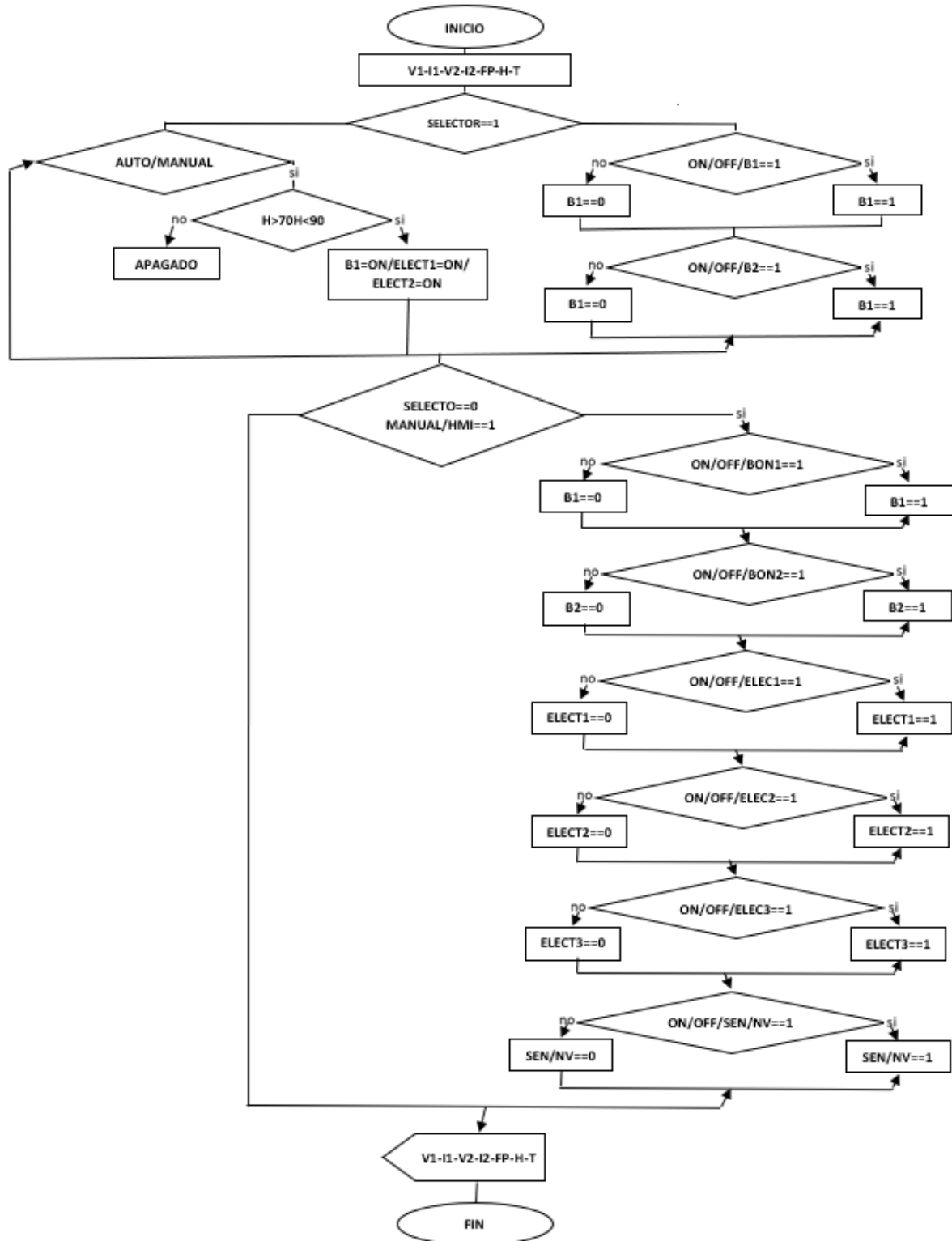


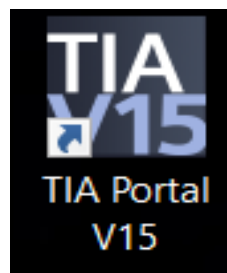
Figura 5.26. Diagrama de bloques del sistema

Fuente: Autores

### 5.2.3.2 Tía portal

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

El TIA PORTAL es uno de los mejores softwares para realizar los procesos de automatización requeridos, para el presente proyecto se utilizará la versión V15.



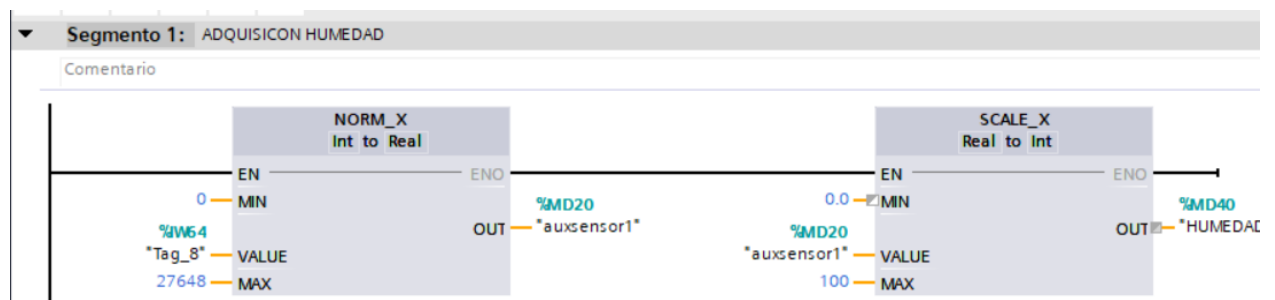
**Figura 5.27.** Software TIA PORTAL

**Fuente:** Autores

### 5.2.3.3 Programación

- **Adquisición de datos de la humedad y temperatura**

Para la adquisición de datos de la humedad y la temperatura se va a utilizar dos bloques el primero es para normalizar y el segundo para escalar la señal como se observa en la figura 5.28, para este caso el sensor va de 0 a 24 voltios en donde la lectura se convierte en el bloque de normalizar de un número entero a un número real; el valor real ingresa al bloque de escalar que tiene el límite de 0% a 100% y se convierte en un número entero y ese es el valor de humedad y temperatura captado por el sensor.

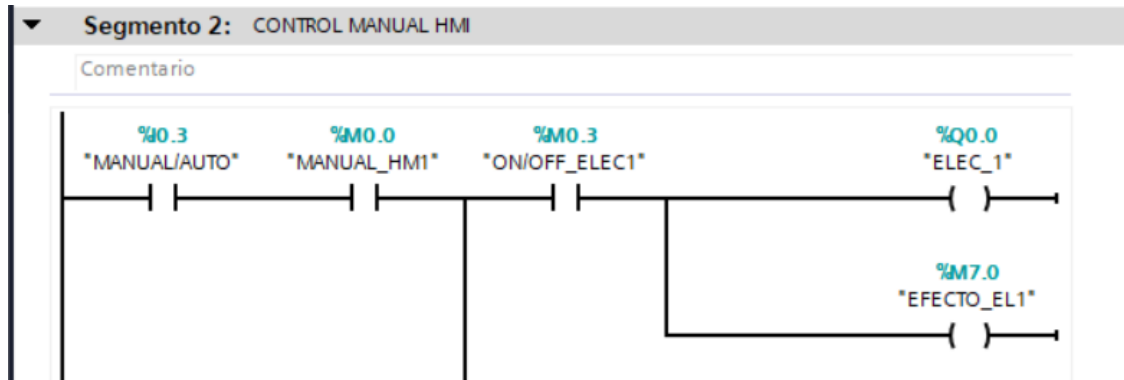


**Figura 5.28.** Adquisición de datos de humedad y temperatura

**Fuente:** Autores

- **Control manual del HMI**

En la figura 5.29 se tiene un selector para en control manual o automático de sistema de riego, si se selecciona el control manual el usuario podrá encender o apagar las bombas o electroválvulas desde la pantalla HMI.

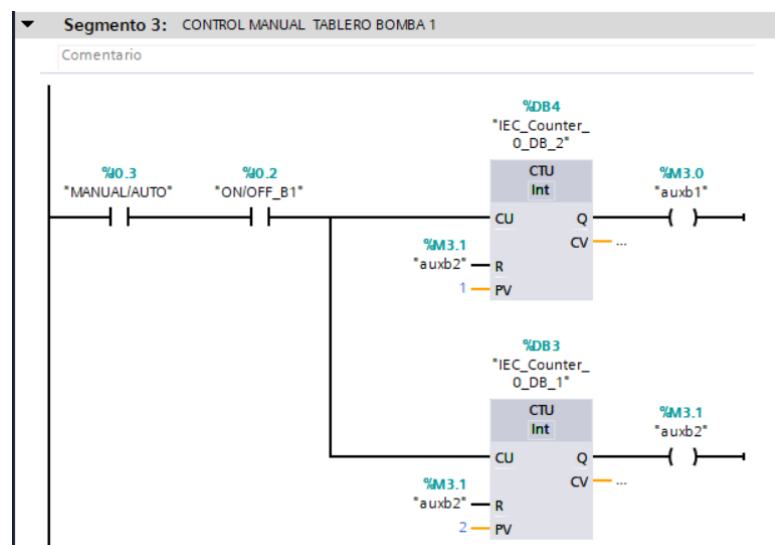


**Figura 5.29.** Control manual del HMI

Fuente: Autores

- **Control manual desde el tablero de la bomba 1 y 2**

Para el control de las bombas desde el tablero se tiene dos pulsadores y para la programación se utiliza dos contadores, al primer pulso el contador marca 1 y activa la bomba 1 o la bomba 2 dependiendo de que pulsador se acciono; cuando el usuario decide apagar la bomba acciona el pulsador y el contador marca dos pulsos y la bomba se apaga dependiendo de que pulsador el usuario acciono.



**Figura 5.30.** Control manual desde el tablero de la bomba 1 y 2

Fuente: Autores

- **Control automático del sistema de riego**

Para activar el control automático el usuario debe cambiar de posición el selector llevándolo al control automático, en el HMI debe accionar automático para iniciar con el encendido de las electroválvulas y las bombas; cuando la humedad se encuentre entre 70% y 90% se encenderá las electroválvulas y después la bomba, si la humedad se encuentra fuera de estos rangos las electroválvulas y bomba no se activarán.

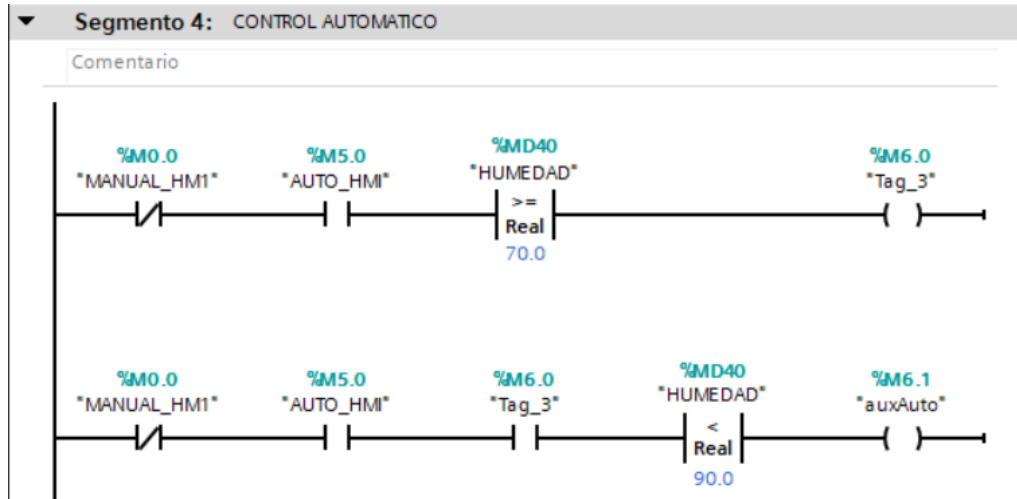


Figura 5.31. Control automático del sistema de riego

- **SET-POINT Humedad**

Se utilizo estos bloques para enviar los datos de humedad máxima y humedad mínima a la pantalla para tener una mejor apreciación de los rangos en los cuales se va a activar la bomba.

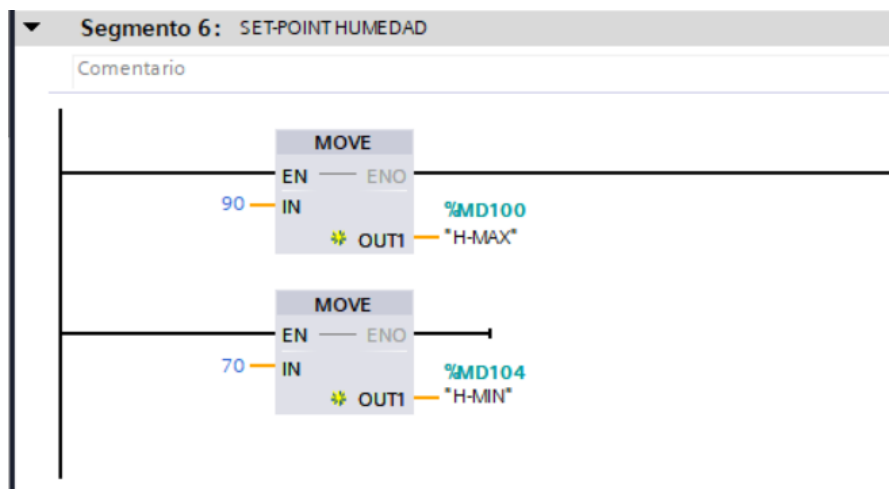
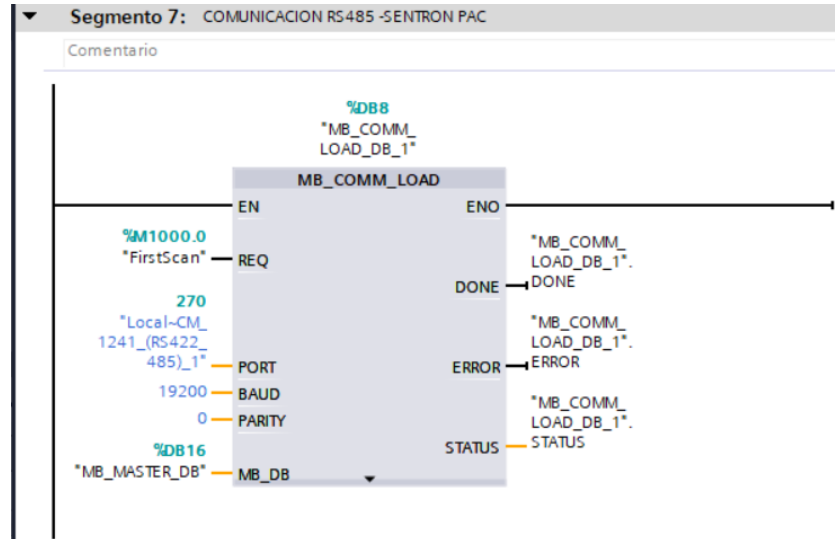


Figura 5.32. SET-POINT de la humedad

Fuente: Autores

- **Comunicación entre el módulo RS485 y el Sentron Pac**

Para la comunicación entre en modulo RS485 y Sentron pac 3120 se utiliza un bloque MB\_COMM\_LOAD en donde se inserta la identificación y nombre del módulo y Sentron Pac.

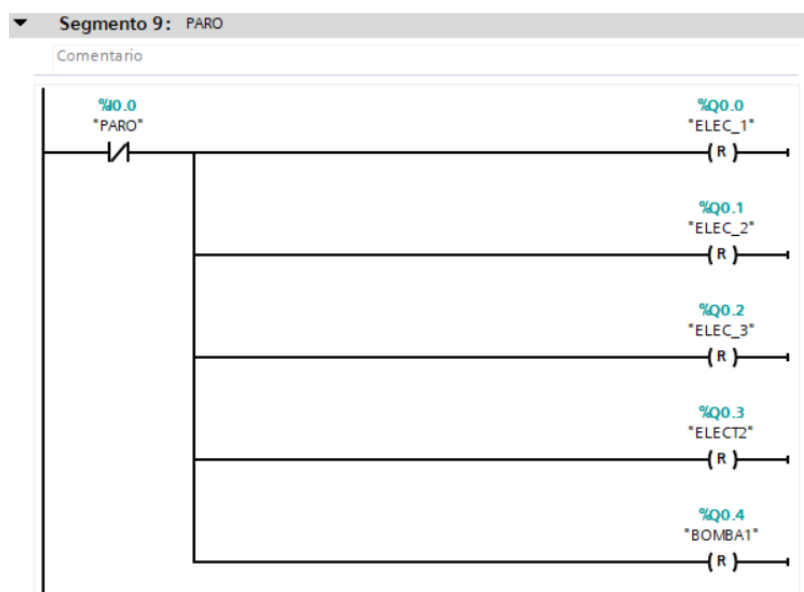


**Figura 5.33.** Comunicación entre el módulo RS485 y el Sentron Pac

Fuente: Autores

- **Paro de emergencia**

Tanto para el control manual como para el control automático el paro de emergencia se accionará en caso de alguna anomalía del sistema de control y potencia desactivando todos los dispositivos.

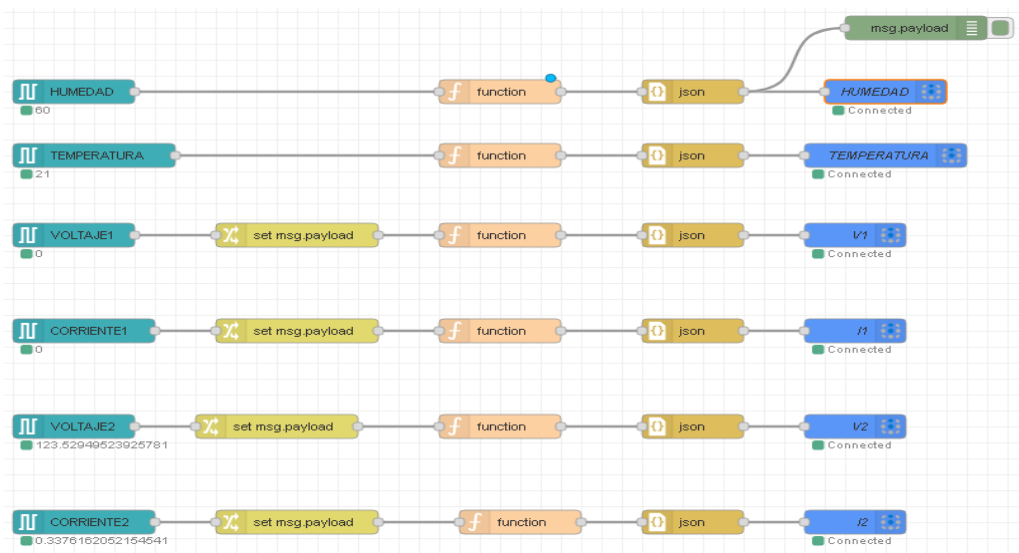


**Figura 5.34.** Paro de emergencia

Fuente: Autores

- **Programación en NODE-RED**

La forma más sencilla de programar aplicaciones en Simatic IOT2040 es a través de la herramienta de programación visual Node-red. La herramienta se basa en nodos que ya tienen una función programada, y la forma de programar es configurar dichos nodos y definir el flujo de programa a través de la conexión de nodos.



**Figura 5.35.** Programación en NODE-RED

Fuente: Autores

- **Plataforma web UBIDOTS**

Los datos del sistema se visualizan en la plataforma web Ubidots, esta plataforma permite convertir los datos del sensor y magnitudes eléctricas, ubidots permite transmitir información del IOT 2040 del sistema de riego.



**Figura 5.36.** Variación de la humedad en la plataforma Ubidots

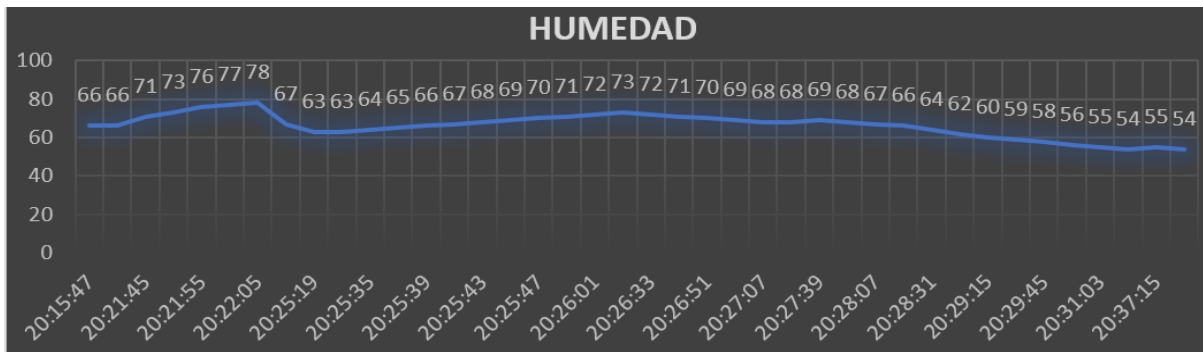
Fuente: Autores

## 6 ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Luego de haber culminado con la implementación, construcción y programación del tablero de control de humedad y monitoreo de temperatura se procede a realizar las pruebas correspondientes.

### 6.1 Humedad

A continuación, se muestra la gráfica de la variación de la humedad obtenida de acuerdo a las lecturas del sensor donde se observa que el terreno presenta una humedad que esta dentro de los limites establecidos para el cultivo de mora, por lo tanto, el sistema se encenderá muy poco por las condiciones climáticas del sector.

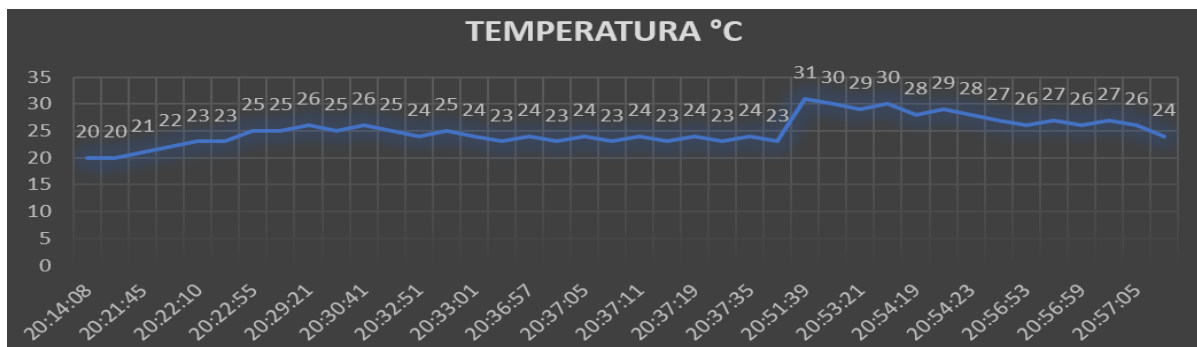


**Figura 6.1.** Grafica de la variación de la humedad

**Fuente:** Autores

### 6.2 Temperatura

Se realiza el monitoreo de la temperatura para que el propietario del cultivo tenga conocimiento si existe presencia de heladas o temperaturas elevadas que puedan perjudicar el cultivo, por lo que se observa que la temperatura del sector es aceptable para el cultivo de mora.



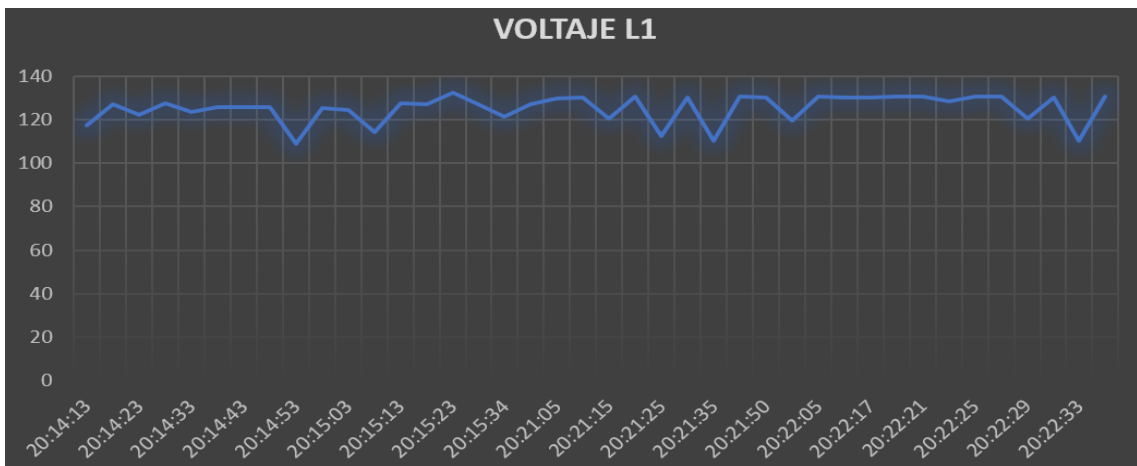
**Figura 6.2.** Grafica de la variación de la temperatura

**Fuente:** Autores

### 6.3 Voltaje

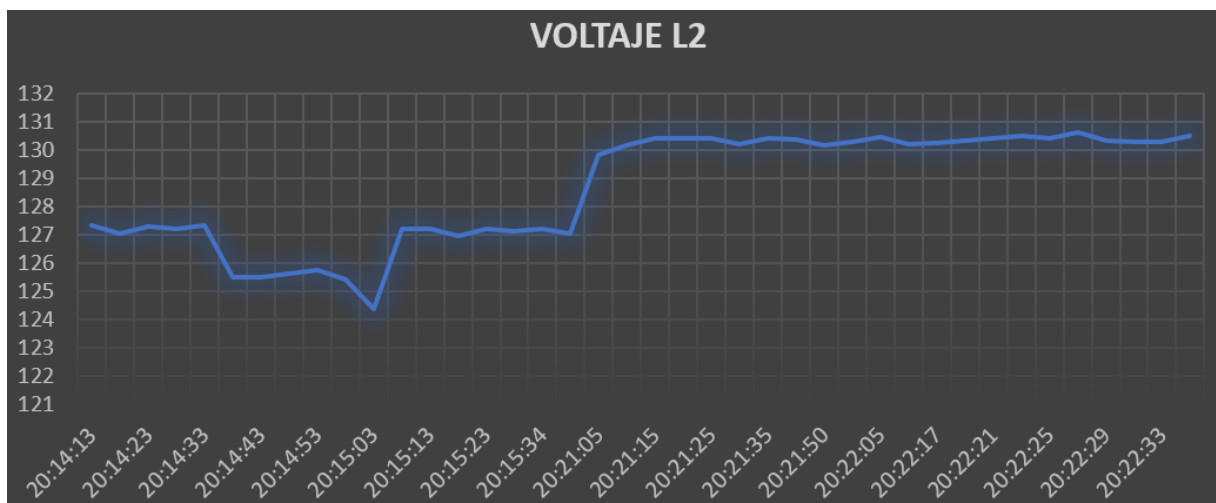
A continuación, se presenta las gráficas de las líneas que se utilizó para la alimentación de tablero de monitoreo y control, en donde se utiliza la línea 2 para los equipos de control y para el accionamiento de la bomba #2. Y la línea 1 se utiliza para la bomba #1 que se encarga de realizar el riego.

Como se puede observar en la figura 6.3 en la línea 1 se evidencia que no hay caídas de voltaje excesivas que puedan provocar fallas en el interior de la bomba. De la misma manera en la figura 6.4 se presenta la variación del voltaje en la línea 2, las gráficas se realizan con los datos obtenidos de la plataforma UBIDOTS.



**Figura 6.3.** Variación del voltaje en la línea 1

**Fuente:** Autores



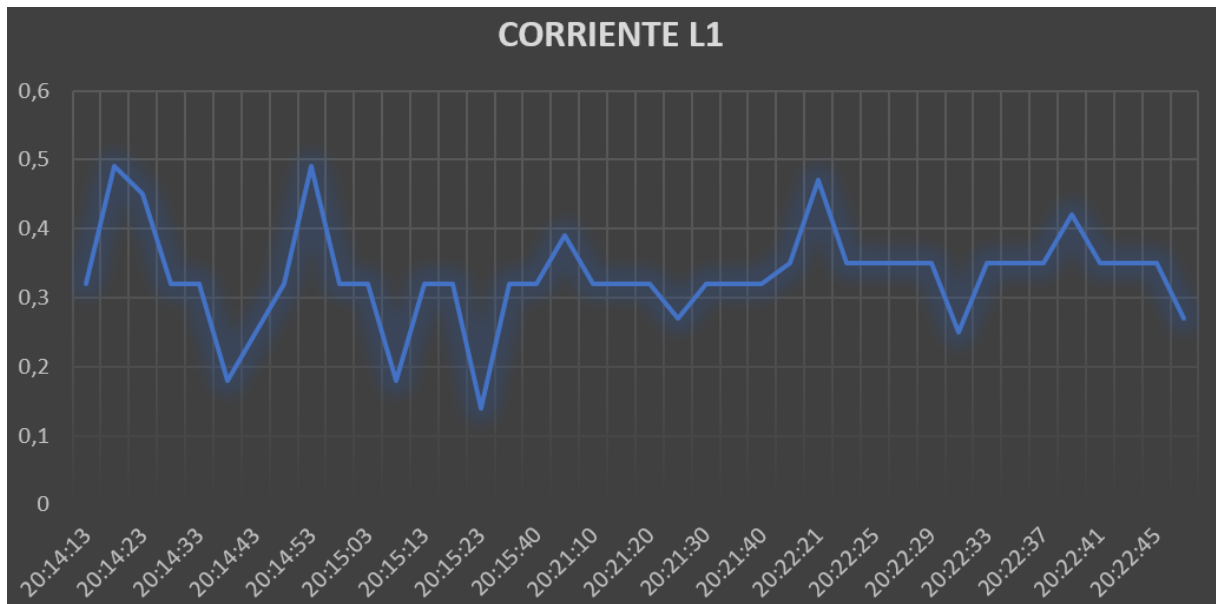
**Figura 6.4.** Variación del voltaje en la línea 2

**Fuente:** Autores



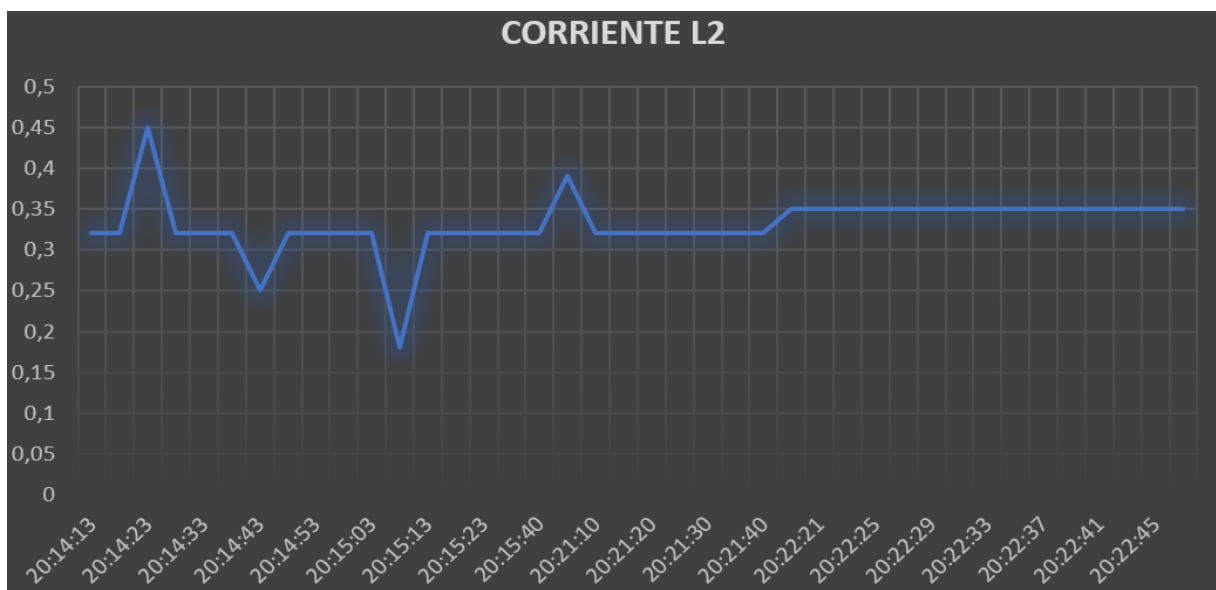
## 6.4 Corriente

En la figura 6.5 y figura 6.6 se presenta la variación de la corriente en la línea 1 y línea 2, la variación de la corriente en las líneas se da de acuerdo a las cargas que están conectadas en cada línea; se tiene dos bombas, la bomba #1 a 220V y la bomba #2 a 110V por lo tanto se tiene picos de corriente diferentes en el arranque de las bombas.



**Figura 6.5.** Variación de la corriente en la línea 1

**Fuente:** Autores



**Figura 6.6.** Variación de la corriente en la línea 1

**Fuente:** Autores

Todas las gráficas se las realizo con los datos obtenidos de la plataforma web UBIDOTS.

## 7 PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DE IMPACTOS

### 7.1 Presupuesto

A continuación, se detallará la inversión en esta propuesta tecnológica.

#### 7.1.1 Análisis costo-beneficio

Tabla 7.1. Inversión del tablero de control.

#### ANALISIS COSTO-BENEFICIO

MATERIALES	CANTIDAD	C. UNITARIO	C. TOTAL
GABINETE METALICO LIVIANO 60X40X20CM IP41 BEIGE	1	\$ 43,88	\$ 43,88
PULSADOR 22MM PLAST HONGO 40MM GIRO C/RETENCION ROJO INC	1	\$ 2,31	\$ 2,31
PULSADOR 22MM PLAST SIMPLE VERDE 1NA	1	\$ 1,48	\$ 1,48
PULSADOR 22MM PLAST SIMPLE ROJO INC	1	\$ 1,48	\$ 1,48
BREAKER RIEL MG EZ9F56220 2P 20A	1	\$ 8,08	\$ 8,08
CONTACTOR MC-12B 3HP 12A 220VAC 1NA+1NC	1	\$ 17,34	\$ 17,34
CONTACTOR MC-12B 3HP 12A 120VAC 1NA+1NC	1	\$ 17,34	\$ 17,34
RELE TERMICO MT-32/3K 40AF (9-13A)	2	\$ 28,64	\$ 57,28
BREAKER RIEL MG EZ9F56106 1P 6A	1	\$ 3,77	\$ 3,77
BREAKER RIEL MG EZ9F56110 1P 10A	1	\$ 3,77	\$ 3,77
LUZ PILOTO 22MM LED VERDE 110V AC/DC	1	\$ 1,52	\$ 1,52
LUZ PILOTO 22MM LED ROJA 110 VAC/VDC	1	\$ 1,38	\$ 1,38
SIMATIC IOT2040 24VDC 1GB RAM 2 ETHERNET INDUSTRIAL 2 RS232/RS485 1 USB	1	\$ 424,14	\$ 424,14
SETRON PAC3120 UE= 690/400VAC UAUX= 90-240VAC MODBUS RTU	1	\$ 258,72	\$ 258,72
CM1241 MODULO DE COMUNICACION RS485 MODBUS RTU Y USS	1	\$ 228,14	\$ 228,14
SWITCH 5 PUERTOS 10/100MBPS	1	\$ 10,30	\$ 10,30
CABLE DE INSTRUMENTACION 3X18	2	\$ 0,91	\$ 1,81
CONTACTO AUX MONTAJE LATERAL	1	\$ 9,49	\$ 9,49
AUTOPERFORANTE 8X 3/4 FIJE	20	\$ 0,07	\$ 1,34
CONECTOR DE CONEXIÓN PARA PROFIBUS HASTA12	1	\$ 113,12	\$ 113,12
BASE PARA FUSIBLE	4	\$ 1,71	\$ 6,85
FUSIBLE CERAMICO TIPO GG CSC 20 AMP	2	\$ 0,40	\$ 0,81
FUSIBLE CERAMICO TIPO GG CSC 5 AMP	1	\$ 0,37	\$ 0,37
CANALETA RANURADA 40X40 GRIS CSC VD- 4 P-0067	2	\$ 6,25	\$ 12,50
RIEL DIN PERFORADA	2	\$ 1,75	\$ 3,49

TERMINAL PUNTERA 18-16 AMARILLO 1.7 MM CAMSCO	200	\$ 0,07	\$ 13,44
PUNTERA TERMINAL 10-8 NEGRO 3.9 MM CAMSCO	100	\$ 0,09	\$ 8,96
CONTACTO AUXILIAR P/GUARDAMOTOR LS LATERAL	1	\$ 8,99	\$ 8,99
TERMINAL PUNTERA 2X16 NEGRO CAMSCO	100	\$ 0,04	\$ 4,48
RELE AUX 10A 3CONM 24VDC LZXP:PT370024 10772	3	\$ 7,74	\$ 23,22
SOCKET-BASE P/ FIJACION EN RIEL DIN 3 CONM.SIEMENS	3	\$ 5,00	\$ 14,99
CABLE FLEXIBLE TFF 18 C INST.CABLEC	10	\$ 0,22	\$ 2,24
BORNERA DE 2.5 MM. 12 AWG LEGRAND 37160	10	\$ 1,38	\$ 13,78
PLAQUETAS ADHESIVAS DEXON.DXN3200B	10	\$ 0,19	\$ 1,90
AMARRAS 10 CM BLANCA DEXSON P-0301	1	\$ 1,24	\$ 1,24
BLOQUE CSC P/PULSADOR O SELECTRO ED21/ED33 NO	1	\$ 0,80	\$ 0,80
GUARDAMOTOR LS 6-10 A.	2	\$ 40,62	\$ 81,24
CABLE THHN FLEXIBLE CENTELSA #12	6	\$ 0,39	\$ 2,35
CABLE FLEXIBLE CONELSA #18	12	\$ 0,12	\$ 1,48
TORNILLO AUTOROSCABLE	20	\$ 0,02	\$ 0,45
ESPIRAL DEXON 12 MM 1/2	2	\$ 0,67	\$ 1,34
BORNERA LEGRAND	18	\$ 1,22	\$ 21,96
BORNERA LEGRAND TIERRA	3	\$ 2,24	\$ 6,72
TOMA CORRIENTE 110 V	1	\$ 3,92	\$ 3,92
CAJA PARA TOMA CORRIENTE	1	\$ 1,68	\$ 1,68
TRANSFORMADOR DE 110/220V A 24V VCA	1	\$ 36,01	\$ 36,01
TARJETA SD 16 GB	1	\$ 16,80	\$ 16,80
PACH CORE	2	\$ 4,88	\$ 9,77
PLC S7-1200 SIEMENS	1	\$ 448,00	\$ 448,00
SENSOR DE HUMEDAD Y TEMPERATURA	1	\$ 224,00	\$ 224,00
PANTALLA KTP 600 SIEMENS	1	\$ 224,00	\$ 224,00
<b>TOTAL, MATERIALES</b>			<b>\$ 2.404,48</b>
<b>TRABAJO FISICO E INTELECTUAL</b>			
<b>PERSONAL DEL SISTEMA ELECTRICO</b>	2	\$ 200,00	\$ 400,00
<b>PERSONAL DEL SISTEMA DE AUTOMATIZACION</b>	1	\$ 400,00	\$ 400,00
<b>TOTAL, TRABAJO FISICO E INTELECTUAL</b>			<b>\$ 800,00</b>
<b>COSTOS ADICIONALES</b>			
<b>ALIMENTACIÓN</b>	20,00	\$ 2,50	\$ 50,00
<b>MOVILIZACION</b>	20,00	\$ 3,75	\$ 75,00
			<b>\$ 125,00</b>
<b>TOTAL, COSTO IMPLEMENTACION</b>			<b>\$ 3.329,48</b>

<b>COSTO MANTENIMIENTO</b>			
<b>VIDA UTIL EN AÑOS</b>	8		
<b>MANTENIMIENTO PREVENTIVO ANUAL</b>	2		
<b>VALOR DEL MANTENIMIENTO</b>	\$ 50,00		
<b>TOTAL, GASTO MANTENIMIENTO</b>			<b>\$ 800,00</b>
<b>TOTAL, COSTO MANTENIMIENTO+IMPLEMENTACION</b>	-		<b>\$ 4.129,48</b>
<b>CUADRO COMPARATIVO COSTO BENEFICIO</b>			
<b>TABLERO DE CONTROL Y MONITOREO</b>	<b>\$ 4.129,48</b>		
<b>SUELDO AGRICULTOR 8 AÑOS</b>	<b>\$19200,00</b>		

Fuente: Autores

De acuerdo al análisis técnico-económico la propuesta tecnológica planteada muestra que, a más de ser eficiente, tiene un ahorro significativo dentro del costo beneficio en comparación con la mano de obra de un agricultor enfocado únicamente al control de humedad del cultivo. Es importante recalcar que dentro del análisis se observa un costo a futuro relacionado con el mantenimiento preventivo del tablero de acuerdo a la vida útil, valor que no es elevado, aun así, se obtuvo como resultado un ahorro significativo.

### 7.1.2 Gastos indirectos

Tabla 7.2. Gastos indirectos

N°	DETALLE	CANTIDAD	V. UNIDAD	V. TOTAL
1	ALIMENTACIÓN	20	2,5	50
2	TRANSPORTE	20	3,75	75
			<b>TOTAL</b>	<b>125</b>

Fuente: Autores

### 7.1.3 Gastos totales

Tabla 7.3. Gastos totales

<b>GASTOS DIRECTOS</b>	2.404,48
<b>GASTOS INDIRECTOS</b>	125
<b>TOTAL</b>	<b>2529,48</b>

Fuente: Autores

## **7.2 Análisis de impactos**

### **7.2.1 Impacto tecnológico**

A través de esta propuesta tecnológica se aprovecha el avance de los recursos tecnológicos en los sistemas de automatización, control y monitoreo; debido a que se utiliza dispositivos que ayudan al productor a obtener información de los parámetros de temperatura y humedad por lo tanto puede realizar el control y monitoreo del sistema a través de un HMI sin la necesidad de dirigirse al cultivo.

### **7.2.2 Impacto ambiental**

Esta investigación contiene un impacto ambiental de gran importancia ya que por medio del control y monitoreo de humedad, temperatura y agua; por lo que permite que el recurso hídrico sea utilizado de manera eficiente a través del sistema de riego automatizado ayudando a controlar el despilfarro del recurso hídrico limitado, ya que es utilizado de manera errónea por tener un sistema de riego manual.

## 8 CRONOGRAMA

**Tabla 8.1.** Cronograma de actividades para el desarrollo de la propuesta tecnológica.

Actividades	Semana 1	Semana 2	Semana 3	Semana 4	Semana 5	Semana 6	Semana 7	Semana 8	Semana 9	Semana 10	Semana 11	Semana 12	Semana 13	Semana 14	Semana 15	Semana 16
Levantamiento de información en el terreno.	X															
Reunión para presupuestar materiales.		X														
Revisión de información bibliográfica, papers, tesis, foros, revistas, etc. referente al control y monitoreo en sistemas de riego.			X													
Consulta de información de las condiciones climáticas para el cultivo de mora.				X												
Verificación de variables de control y actuadores que se pueden utilizar en sistemas de riego para cultivos.					X											
Identificación de las magnitudes de consumo eléctrico que se visualizaran en el tablero de control.						X										
Revisión de avance en la redacción de la propuesta.							X									
Adquisición de materiales para el tablero de control.								X								
Cálculo de protecciones y los materiales con el fin de estructurar de manera correcta el tablero.									X							
Determinación del sistema hidráulico.										X						
Inicio de la implementación del tablero de control.											X					
Cableado y colocación de materiales en el tablero.												X				
Consulta de uso del software TIA PORTAL V.15.													X			
Simulación del sistema en el software TIA PORTAL.														X		
Pruebas en el tablero de control.															X	
Presentación de la propuesta tecnológica.																X

Fuente: Autores

## 9 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 9.1 Conclusiones

- De acuerdo a la información consultada se determinó que para un sistema de control y monitoreo para el cultivo de mora en la región sierra-centro se debe tener la humedad en los rangos de 70% y 90% que son los rangos óptimos para la producción, por otra parte, se deben monitorear la temperatura ya que en la región hay variaciones climáticas como heladas que ocasionan daños severos en el cultivo de mora.
- Se determina que la variable de control utilizada en la propuesta tecnológica es la humedad ya que el sistema se acciona de acuerdo al rango óptimo programado para la producción del cultivo, por lo tanto, el consumo de energía para este sistema es bajo ya que el sistema se encenderá pocas veces por que el terreno presenta condiciones favorables de humedad para el cultivo.
- Al implementar el sistema de control de humedad y monitoreo de temperatura se evalúa que la variable de control es la humedad la cual acciona el sistema de forma automática y de acuerdo a las evaluaciones del terreno se determinó que el sistema entra en funcionamiento muy pocas veces ya que el sector en donde está ubicado el cultivo tiene gran presencia de humedad. Con respecto a la de conectividad de los equipos se tiene una red WAN ya que el sistema permite monitorear los datos desde cualquier parte del mundo porque se cuenta con una página web que bien pueda hacerse libre o particular en nuestro caso es particular, mirar el manual de usuario para guiarse.
- El análisis técnico-económico costo beneficio muestra que durante los 8 años de vida útil del tablero incluyendo el mantenimiento preventivo, los costos directos e indirectos se tiene un costo total de \$4129,48; en comparación al trabajo de un agricultor enfocado netamente al regadío del cultivo que en valor económico varía alrededor de \$19200,00 en los mismo 8 años de funcionamiento, por lo que para el dueño del cultivo tiene un ahorro de \$15070,52 en ese periodo de análisis.

### 9.2 Recomendaciones

- Se debe identificar la dirección IP de los equipos como IOT, Sentron Pac y KTP600 para no tener inconvenientes al momento de migrar los datos a la plataforma UBIDOTS.

- Se recomienda utilizar un sensor alimentado por corriente ya que si se utiliza un sensor alimentado por voltaje se tiene caída de tensión que provocan lecturas erróneas en el sensor de humedad y temperatura.
- Para tener una mejor facilidad en la comunicación del Sentron Pac y el PLC se debe utilizar un Sentron Pac superior a la versión 3120 ya que estos cuentan con una entrada ethernet.
- Antes de energizar el tablero se debe verificar que las conexiones de los equipos estén aisladas y realizadas de manera correcta, ya que un contacto suelto ocasiona fallas en los equipos y pone en riesgo a los elementos de control.
- Se recomienda utilizar un UPS en caso de un corte imprevisto de energía, para que la recaudación de datos en la plataforma web UBIDOTS sea continua.

## 10 BIBLIOGRAFÍA

- [1] G. Huerta Arenas, E. D. Jimenez Tellez y Z. E. Prado Rodriguez, «Sistema automático recuperador de agua pluvial y aguas grises,» Doctoral dissertation, 2012.
- [2] C. G. Vintimilla Peláez, Uso de materiales para jardines verticales en espacios interiores, Cuenca, 2013, p. 100.
- [3] F. J. Castillo Ojeda, Diseño y Construcción de un sistema de Tanques Acoplados para la Medición y Control Automático de nivel de Líquidos, Loja, 2014, p. 101.
- [4] Y. I. Leyva , «Desarrollo de un sistema de control automático de riego por compuertas para la junta de regantes de guarango pampa-utcubamba–amazonas,» Ingeniería Ciencia, Tecnología e Innovación, vol. 1, n° 2, p. 93, 31 08 2015.
- [5] F. J. Garcia Garcia y J. F. Martinez Tornero, «Control climático en invernaderos y las nuevas aplicaciones,» Agricolae, vol. 7, n° 7, p. 98, 2016.
- [6] J. D. Quintero P, M. D. Bravo Obando y A. Y. Ramírez , «Monitoreo remoto a sistemas de riego por bombeo eléctrico a cultivos de arroz en el departamento del Huila,» Revistas científicas editorial USCO, vol. 14, n° 2, pp. 55-63, 2016.



- [7] J. W. P. Palacios, Diseño de un sistema de monitoreo, registro y control de temperatura y humedad para un cultivo de invernadero, Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira, 2016, p. 79.
- [8] G. M. Cuenca Cahuana, «Implementación de un Sistema de Riego Automático y Manual para Optimización de recursos con Adquisición de datos de Sensor de Humedad en Computador,» Guayaquil, 2016.
- [9] A. A. Gijarro Rodriguez , L. J. Cevallos Torres , D. K. Preciado Maila y B. N. Zambrano Manzur, «Sistemas de Riego Automatizado con Arduino,» Espacios, vol. 39, n° 37, p. 27, 2018.
- [10] OIRSA, «Buenas prácticas agrícolas en mora orgánica,» Proyecto Regional de Fortalecimiento de la vigilancia fitosanitaria en cultivos de exportación no tradicional, p. 10, 2003.
- [11] EcuRed, «Mora de Castilla,» 25 01 2021. [En línea]. Available: [https://www.ecured.cu/Mora\\_de\\_Castilla](https://www.ecured.cu/Mora_de_Castilla).
- [12] W. Bejarano, «Promoción de exportaciones agrícolas no tradicionales,» Manual de Mora (Rubus Glaucus Benth), p. 2, 1992.
- [13] W. Popenoe, «Folleto Economic Fruit Bearing Plaust of Ecuador,» 1921.
- [14] E. Chancusig, «Cultivo de la mora de castilla.,» [En línea]. Available: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/cultivo-mora-castilla/cultivo-mora-castilla.pdf>. [Último acceso: 17 01 2021].
- [15] PAVUC, «Andean blackberry (Rubus spp.)»,» Centro de cultivos sub utilizados de la Universidad de Southampton,, 2009.
- [16] CICO, « Centro de Información e Inteligencia Comercial Perfil de Mora.,» [En línea]. Available: <http://www.pucesi.edu.ec/pdf/mora.pdf>. [Último acceso: 17 01 2021].
- [17] F. Muñoz, , «Diagnostico de la situación de la producción de algunas especies frutales en Ecuador»,» USAID, pp. 14-134, 1986.
- [18] G. Franco, y M. Giraldo, , El cultivo de la mora, Pereira, 1999, pp. 1-36.

- [19] InfoAgro, «El cultivo de la Mora,» [En línea]. Available: [https://www.infoagro.com/documentos/el\\_cultivo\\_mora.asp](https://www.infoagro.com/documentos/el_cultivo_mora.asp). [Último acceso: 18 01 2021].
- [20] E. . M. Farinango , Estudio de la fisiología poscosecha de la mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) y de la mora variedad brazos (*Rubus* sp.), Quito: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, 2010.
- [21] V. González , Conservación de la mora, uvilla y frutilla mediante la utilización de aceites esenciales de canela (*Cinnamomum zeylanicum*), Riobamba - Ecuador: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias, Escuela de Bioquímica y Farmacia, 2010.
- [22] F. N. d. Cafeteros, El cultivo de la mora de castilla., Séptima Edición ed., 1992, p. 5.
- [23] A. Montalvo, Evaluación de la calidad poscosecha de las accesiones seleccionadas de mora de castilla (*Rubus glaucus* Benth) provenientes de las provincias de Tungurahua y Bolívar., Quito-Ecuador: Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Química y Agroindustria, 2010.
- [24] M. Suquilanda , Agricultura Orgánica, Cayambe Ecuador: Serie agricultura orgánica, 1996.
- [25] M. Raibán y P. Galarza , Subsistema vegetación, El cultivo de la mora., Cuenca: SENDAS, 2000.
- [26] OIRSA., «Buenas prácticas agrícolas en mora orgánica.» [En línea]. Available: <http://www.oirsa.org/aplicaciones/subidoarchivos/BibliotecaVirtual/BuenasPracticasMoraOrganica.pdf>. [Último acceso: 20 01 2021].
- [27] D. Bautista, Efecto de la distancias de siembra sobre la producción de la mora, Merida, 1977, pp. 14-35.
- [28] R. Cisneros Almazan, Apuntes de la materia de riego y drenaje, Potosi: Universidad Autonoma de San Luis Potosi Facultad de Ingenieria Centro de Investigacion y Estudios de Posgrado.

- [29] R. M. Salinas Arcos , Diseño de un prototipo de sistema, Guayaquil: Universidad de Guayaquil Facultad de Ingeniería Industrial Ingeniería en Teleinformática, 2018.
- [30] C. D. Escobar Manzaba y . K. J. Farfán Orellana, Diseño de un sistema de riego para la implementación de cultivos automatizados en el recinto playa seca del cantón el Triunfo, Guayaquil: Universidad de Guayaquil, 2018.
- [31] AGROPINOS, «Sistema de riego por aspersión,» [En línea]. Available: <https://www.agropinos.com/sistema-de-riego-por-aspersion>. [Último acceso: 19 01 2021].
- [32] L. E. Erazo Yépez, Diseño de un sistema de riego para la hacienda San Antonio, ubicada en la parroquia Machachi, Cantón Mejía, Provincia de Pichincha, Quito: Universidad San Francisco de Quito USFQ, 2015.
- [33] J. R. Acuña Cepeda, Merizalde & Ramírez, Automatización de un sistema de riego por goteo para diez naves de invernadero en la plantación controlado a través de un HMI, Latacunga: Universidad de las Fuerzas Armadas, 2015.
- [34] C. Angulo Bahón, y C. Raya Giner, , Tecnología de sistemas de control, 1 ed., Barcelona, España: Ediciones UPC, 2004.
- [35] K. Ogata, , Ingeniería de control moderna, Cuarta ed., Madrid, España: Educacion S.A., 2003.
- [36] J. A. Laverde Mena, Sistema automatizado de riego por aspersión para el jardín ubicado en la parte lateral del bloque de aulas #2 de Uniandes Quevedo, Quevedo – los rios: universidad regional autónoma de los andes, 2016.
- [37] P. Alcalde San Miguel, Electrónica: electricidad, electrónica, instalaciones eléctricas y autómatas., Madrid, España: Paraninfo., 2009.
- [38] M. Gomez, Bomba Centrifuga Definicion, Callao Peru.
- [39] J. R. A. Cepeda, Automatizacion de un sistema de riego por goteo para diez naves de invernadero en la plantacion Merizalde & Ramirez controlado a travez de un HMI, Latacunga, 2015.

- [40] Y. Mattarroyo, «altec,» 11 noviembre 2015. [En línea]. Available: <https://www.altecdust.com/blog/item/48-partes-de-una-valvula-solenoide>. [Último acceso: 18 enero 2021].
- [41] siemens, Paneles de operador, 2012.
- [42] S. Palella y F. Martins, “Metodología de la Investigación Cuantitativa”, Venezuela: FEDUPEL, 2006.
- [43] C. Villalba Aviles, Metodologia de la investigación cinetífica, vol. 1, Quito-Ecuador: Sur editores, 2009.
- [44] R. Sampieri, , Metodología de la Investigación. Mc Graw-Hill:, México: Mc Graw-Hill, 2008.
- [45] M. Lasas, , Metodología de la Investigación. Un nuevo enfoque, Segunda ed., México, 2009.
- [46] A. D. Salcedo Torres, «Diseño de un sistema automatizado para riego por goteo para palta Hass,» Pontificia Universidad Católica del Perú., Lima, Perú, 2015.
- [47] J. L. Chow Zúniga, «Riego Elesteliano,» [En línea]. Available: <http://www.riego.elesteliano.com/index.html>. [Último acceso: 20 01 2021].
- [48] J. S. E.D. Nata, “Implementación de un Sistema de Monitoreo, Registro y Control de Temperatura para cultivos de Semillas de un Invernadero del Campus Salache”, Latacunga: Universidad Técnica de Cotopaxi, 2019.
- [49] Siemens, «Módulos de comunicación Modbus RTU RS485,» 06 2010. [En línea]. Available: [https://cache.industry.siemens.com/dl/files/906/44880906/att\\_70367/v1/USMII\\_MODBUS\\_AOM\\_OI\\_ES\\_es-ES.pdf](https://cache.industry.siemens.com/dl/files/906/44880906/att_70367/v1/USMII_MODBUS_AOM_OI_ES_es-ES.pdf). [Último acceso: 20 01 2021].
- [50] Siemens, «SIMATIC IOT2040,» Siemens, 2021.
- [51] Siemens, «Sentron Pac 3120,» Siemens, 10 2019.
- [52] Siemens, «Paneles de operador Basic Panels,» Siemens, 04 2012.

- [53] D. Solar, «Sensor de nivel de agua para depósitos y cisternas,» [En línea]. Available: [https://www.damiasolar.com/productos/bomba\\_solar/sensor-de-nivel-de-agua-para-depositos-y-cisternas\\_da1408\\_115](https://www.damiasolar.com/productos/bomba_solar/sensor-de-nivel-de-agua-para-depositos-y-cisternas_da1408_115). [Último acceso: 20 01 2021].
- [54] G. W. -. U. Automatización, «Operacion-y-Proteccion-de-Motores-hasta-18.5kw-25hp\_Parte2.pdf,» [En línea]. Available: [http://atiliomarola.com.ar/wp/wp-content/uploads/2015/08/Operacion-y-Proteccion-de-Motores-hasta-18.5kw-25hp\\_Parte2.pdf](http://atiliomarola.com.ar/wp/wp-content/uploads/2015/08/Operacion-y-Proteccion-de-Motores-hasta-18.5kw-25hp_Parte2.pdf). [Último acceso: 20 01 2021].
- [55] PROMELSA, «Contactores,» [En línea]. Available: [http://www.promelsa.com.pe/pdf/foll\\_tc.pdf](http://www.promelsa.com.pe/pdf/foll_tc.pdf). [Último acceso: 20 01 2021].

## 11 ANEXOS

### ANEXO I. Características del PLC S7-1200

<b>Características del PLC CPU 1212C</b>	
E/S Integrada	8 ED/6SD
E/S Análogas integras (0-10V)	2 EA
Expansión tarjeta señal (SB)	1
Expansión módulos de señal (SM)	2
Expansión módulos de comunicación (CM)	3
Memoria de programa/Datos	25 KB/1 KB
Expansión de memoria	24 MB
Tipos de ejecución CPU (bit de operación)	0.1 $\mu$ S
Contadores rápidos	3X100 kHz
1X30 kHz	-
3X30 kHz	-
Reloj tiempo real	Si
Salida de Pulsos	2X100 kHz
Interfaces de Comunicación	1xEthernet
Grado de protección	IP20
Dimensiones An*Ai*Pr (mm)	90X100X75

**Figura I.1.** Tabla de características del PLC S7-1200

## ANEXO II. Características del módulo de comunicación RS485 SIEMENS

Tipo de dispositivo	Esclavo
Velocidades de transferencia	1200, 2400, 4800, 9600, 19200, 38400, 57800 bits/seg
Número de estaciones	Recomendado: máx. 31 por segmento sin repetidores
Rango de direcciones de dispositivo	1-247
Protocolo	RTU (no se soportan otros protocolos Modbus, como ASCII, Plus o TCP/IP).
Interfaz eléctrica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• RS485, 2 cables</li> </ul>
Tipo de conector	Terminales roscados
Códigos de función soportados	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 1 Leer bobinas</li> <li>• 3 Leer registros de espera</li> <li>• 5 Escribir bobina simple</li> <li>• 16 Escribir registros múltiples</li> <li>• 17 Notificar ID de esclavo</li> </ul>
Broadcast	No <sup>1)</sup>
Máxima longitud del cable	1.200 metros (@ 115200 bits/seg)
Estándar	Modbus a través de línea de serie v1.0 <sup>2)</sup>
Certificado	No
Perfil de dispositivos	Ninguno

**Figura II.1.** Características del módulo de comunicación RS485 SIEMENS

## ANEXO III. Características del Sentron Pac 3120 SIEMENS

<b>Comunicación PAC3120</b>		
Interfaz RS485	Interfaz eléctrica	RS485, cable par trenzado + 1 conductor común
	Tipo de conexión	Bornes de tornillo
	Protocolo de comunicación admitido	Modbus RTU
	Funcionalidad	Esclavo
	Velocidades posibles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 4800</li> <li>• 9600</li> <li>• 19200</li> <li>• 38400</li> <li>• 57600</li> <li>• 115200</li> </ul> Valor predeterminado: 19200
	Formato de datos	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 8N1</li> <li>• 8N2</li> <li>• 8E1</li> <li>• 8O1</li> </ul> Valor predeterminado: 8N2
	Área de direcciones admitida	1 ... 247 Valor predeterminado: 126

**Figura III.1.** Características del Sentron Pac 3120 SIEMENS

#### ANEXO IV. Características del IOT 2040 SIEMENS

Procesador	<b>Intel Quark® x1020</b>
Memoria RAM	1 GB de RAM
Puertos ethernet	2 Ethernet interfaces RJ45
Velocidad	10/100Mbps
Puertos extras	2 puertos RS232/RS485
Puertos USB	1 puerto
Alimentación	24 VDC

**Figura IV.1.** Características del IOT 2040 SIEMENS

#### ANEXO V. Características de la pantalla KTP 600 SIEMENS

Información general	
Designación del tipo de producto	SIMATIC HMI KTP600 Basic color PN
Display	
Tipo de display	TFT
Diagonal de pantalla	5,7 in
Achura del display	115,2 mm
Altura del display	86,4 mm
Nº de colores	256
Resolución (píxeles)	
• Resolución de imagen horizontal	320 Pixel
• Resolución de imagen vertical	240 Pixel
Retroiluminación	
• MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	50 000 h
• Retroiluminación variable	No
Elementos de mando	
Fuentes de teclado	
• Teclas de función	
— Nº de teclas de función	6
• Teclas con LED	No
• Teclas del sistema	No
• Teclado numérico/alfanumérico	
— Teclado numérico	Si; Teclado en pantalla
— Teclado alfanumérico	Si; Teclado en pantalla
Manejo táctil	
• Como pantalla táctil	Si

**Figura V.1.** Características de la pantalla KTP 600 SIEMENS

**ANEXO VI.** Características del sensor de Temperatura y Humedad.

<b>Características del Sensor de Temperatura y Humedad</b>	
Tipo	Analógico
Fuente de Alimentación	CC: 10 -30 VDC
Salida de Corriente	1.2 W
Salida de Voltaje	1.2 W
Precisión:	
Humedad	[+/- 3% RH(5% RH - 95% RH 25C)]
Temperatura	[+/- 0.5°C (25°C)]
Temperatura de funcionamiento del circuito transmisor	(-20°C - 60°C, 0%RH-80%RH)
Temperatura de funcionamiento de la sonda	(-40°C - 80°C)
Sonda de humedad	0%RH - 100%RH
Tiempo de Respuesta:	
Humedad	≤ 5 S (velocidad del viento de 1 m/s)
Temperatura	≤ 15 S (1 m/s de velocidad del viento)
Salida	
Salida de Corriente	4-20MA
Salida de Voltaje	0-10 V
Capacidad de Carga	
Salida de Voltaje	Resistencia de salida ≤ 250Ω
Salida de Corriente	≤ 600Ω

**Figura VI.1.** Características del sensor de Temperatura y Humedad



## ANEXO VII. Adquisición de datos de la humedad y la temperatura

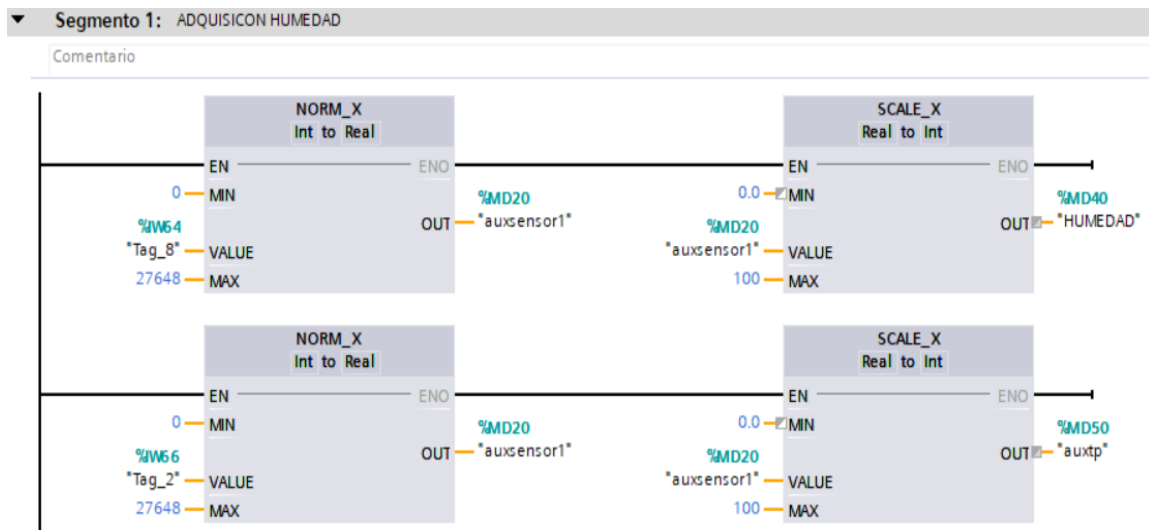


Figura VII.1. Adquisición de datos de la humedad y la temperatura

## ANEXO VIII. Control manual desde el HMI

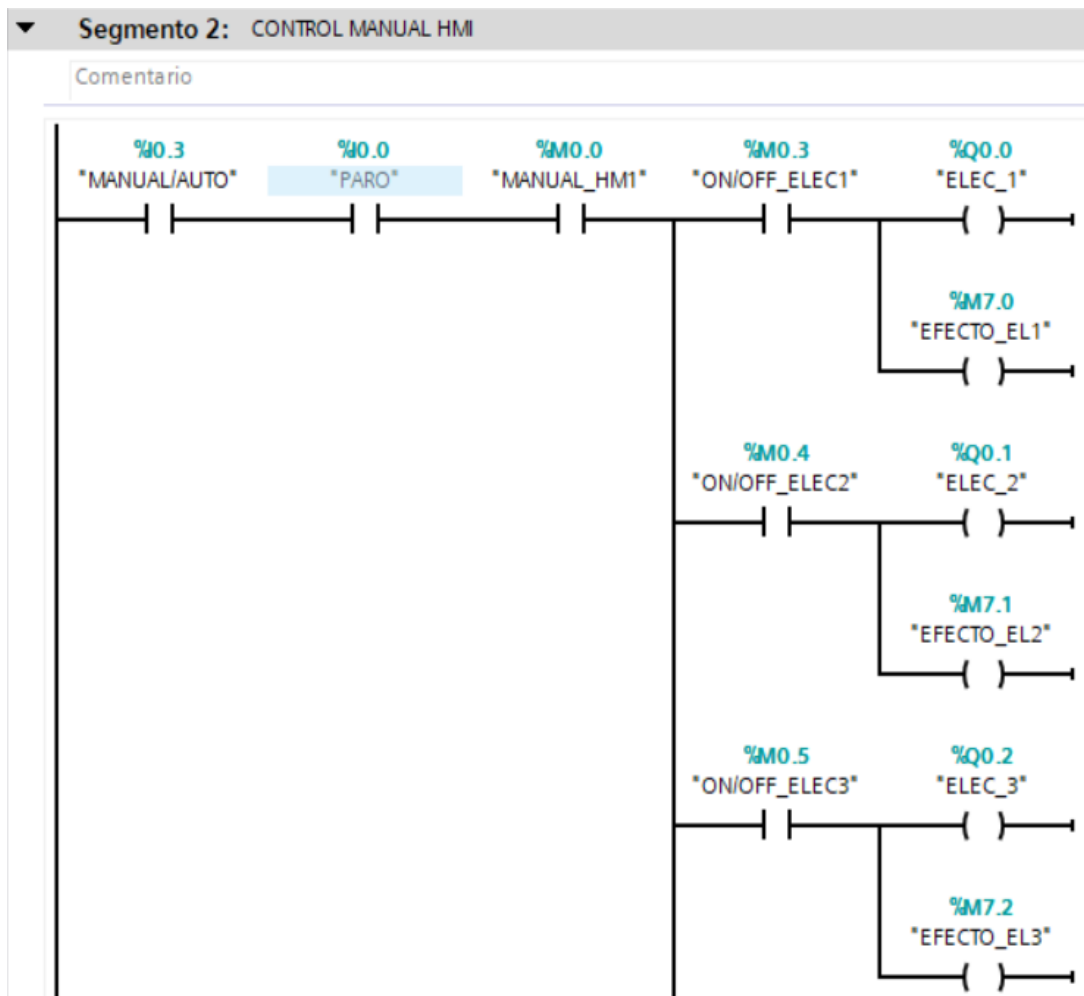


Figura VIII.1. Control manual desde el HMI

### ANEXO IX. Control manual desde el tablero de la bomba 1

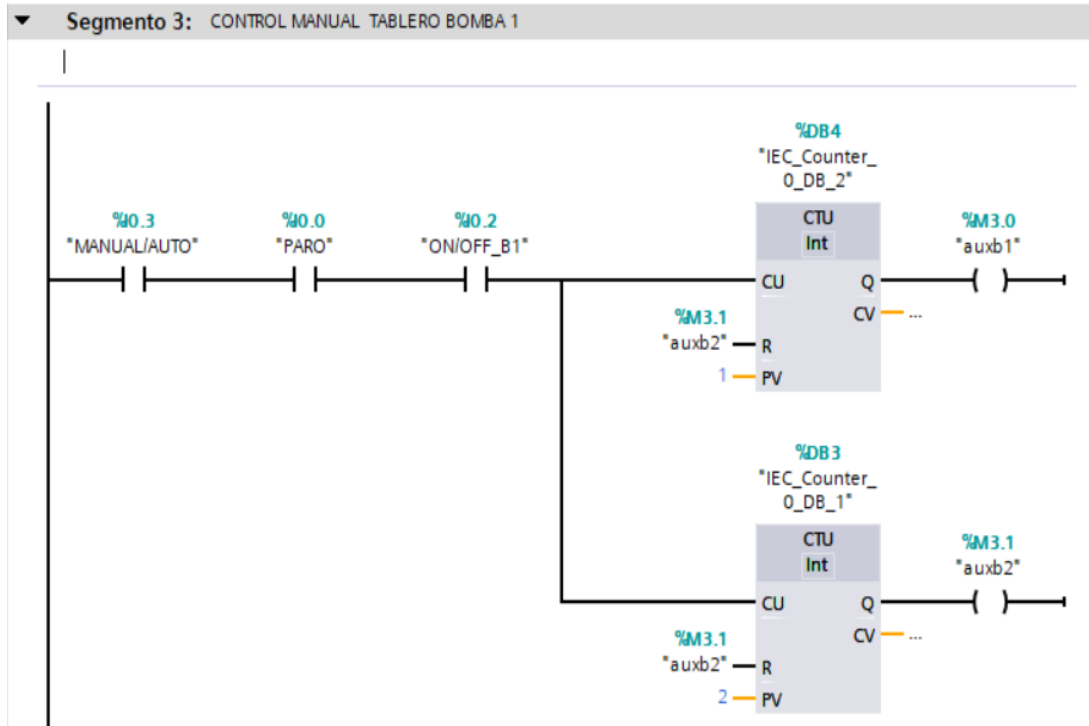


Figura IX.1. Control manual desde el tablero de la bomba 1

### ANEXO X. Control manual desde el tablero de la bomba 2

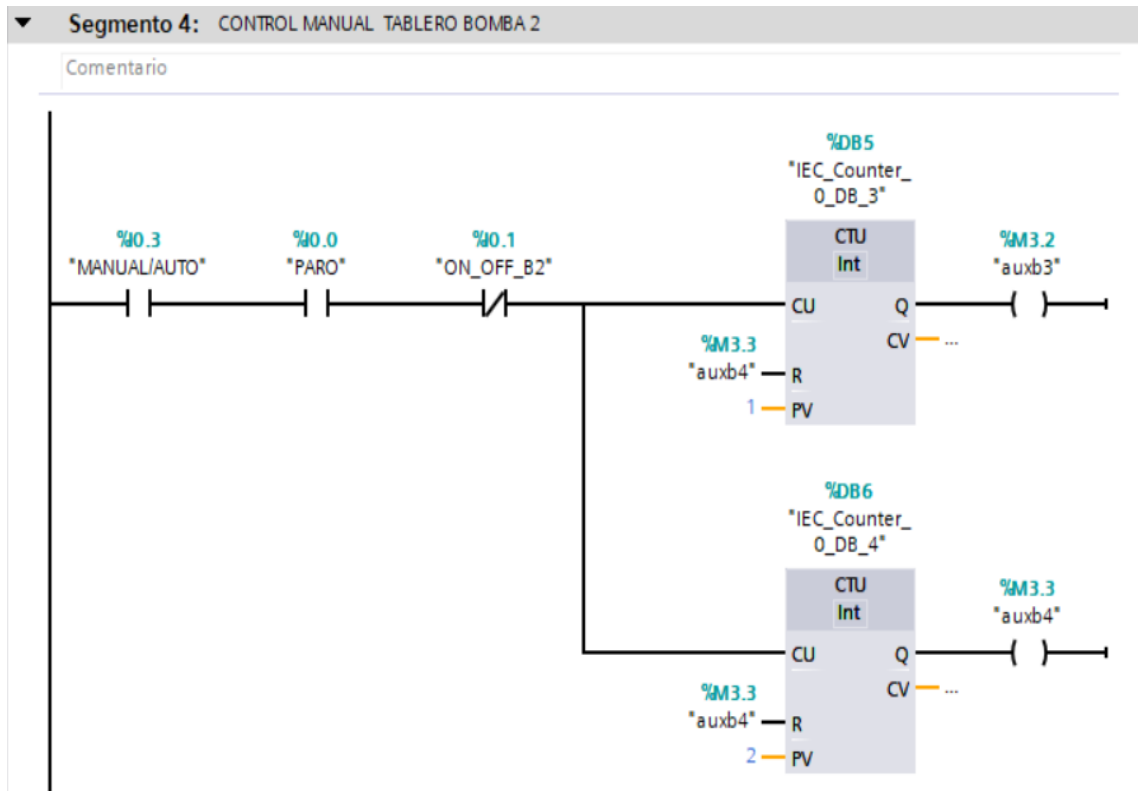


Figura X.1. Control manual desde el tablero de la bomba 2

### ANEXO XI. Control automático desde el HMI

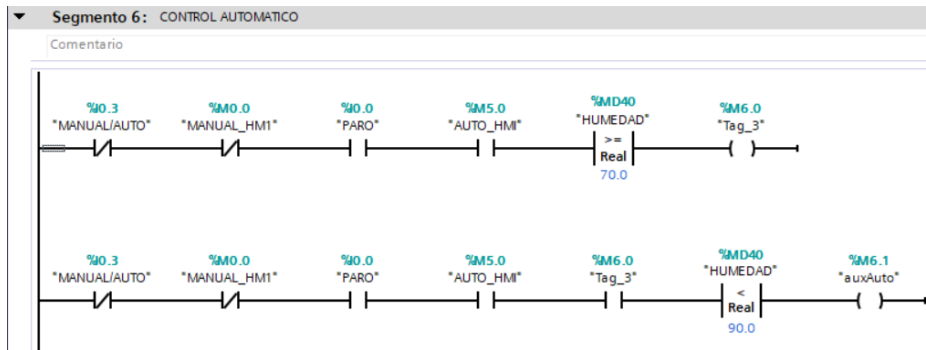


Figura XI.1. Control automático desde el HMI

### ANEXO XII. Control automático del nivel de agua

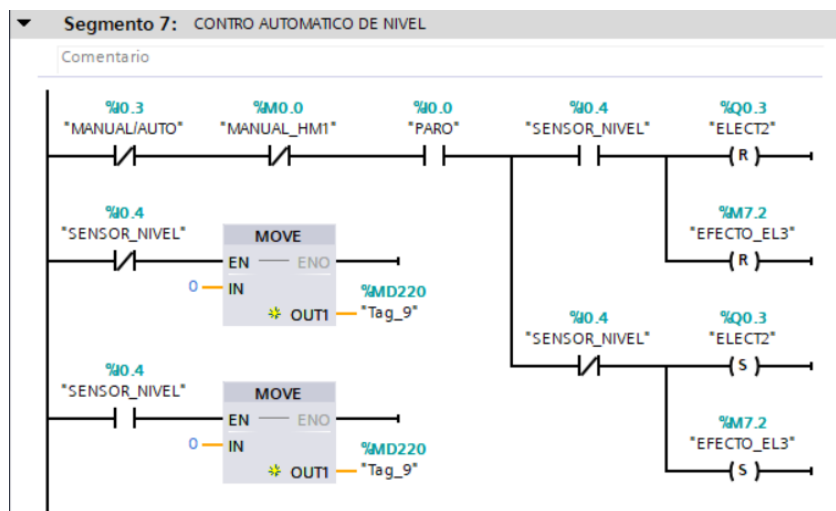


Figura XII.1. Control automático del nivel de agua

### ANEXO XIII. Comunicación entre el módulo RS485 y Sentron Pac 3120

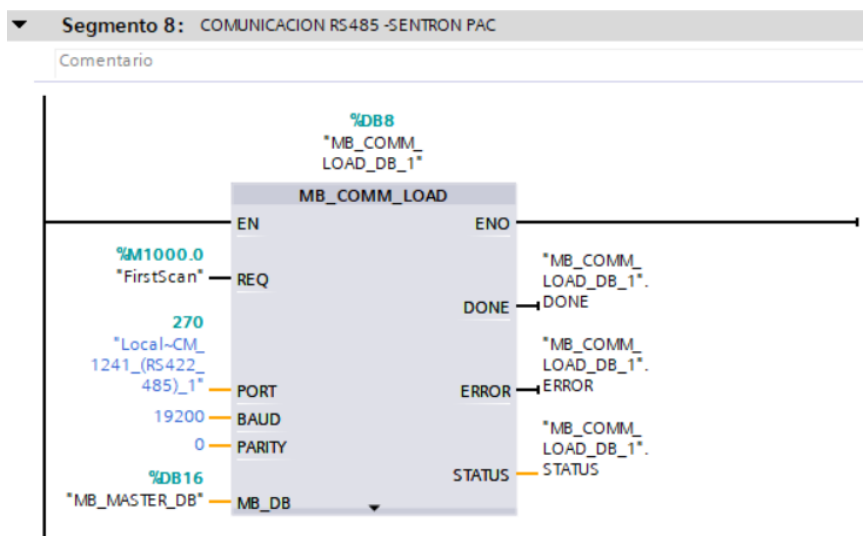


Figura XIII.1. Comunicación entre el módulo RS485 y Sentron Pac 3120

ANEXO XIV. Adquisición de datos del IOT 2040

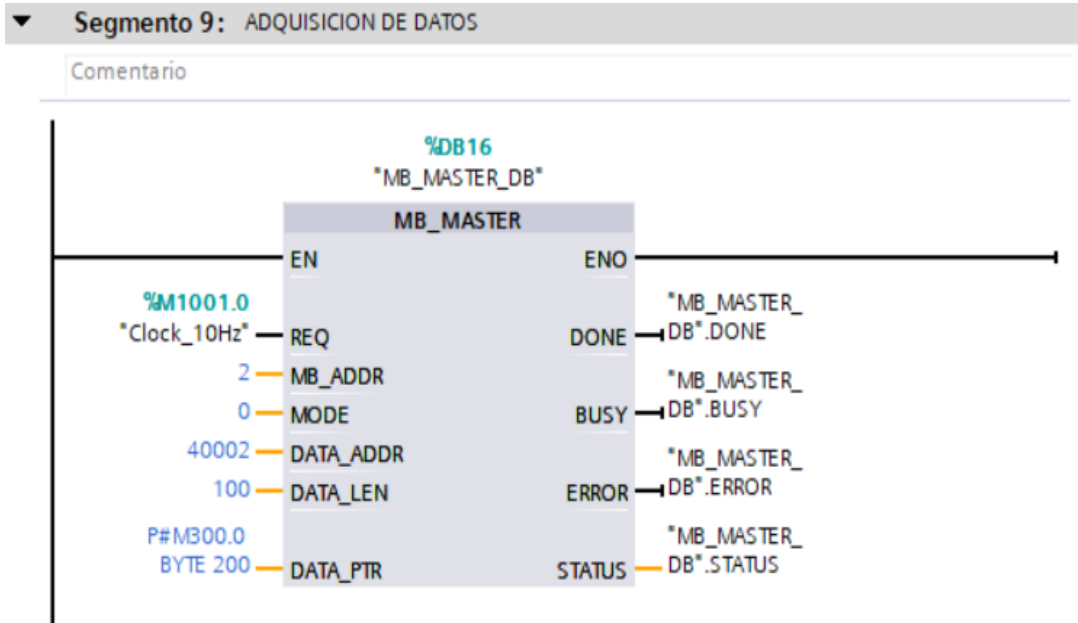


Figura XIV.1. Adquisición de datos del IOT 2040

ANEXO XV. Paro de emergencia del sistema

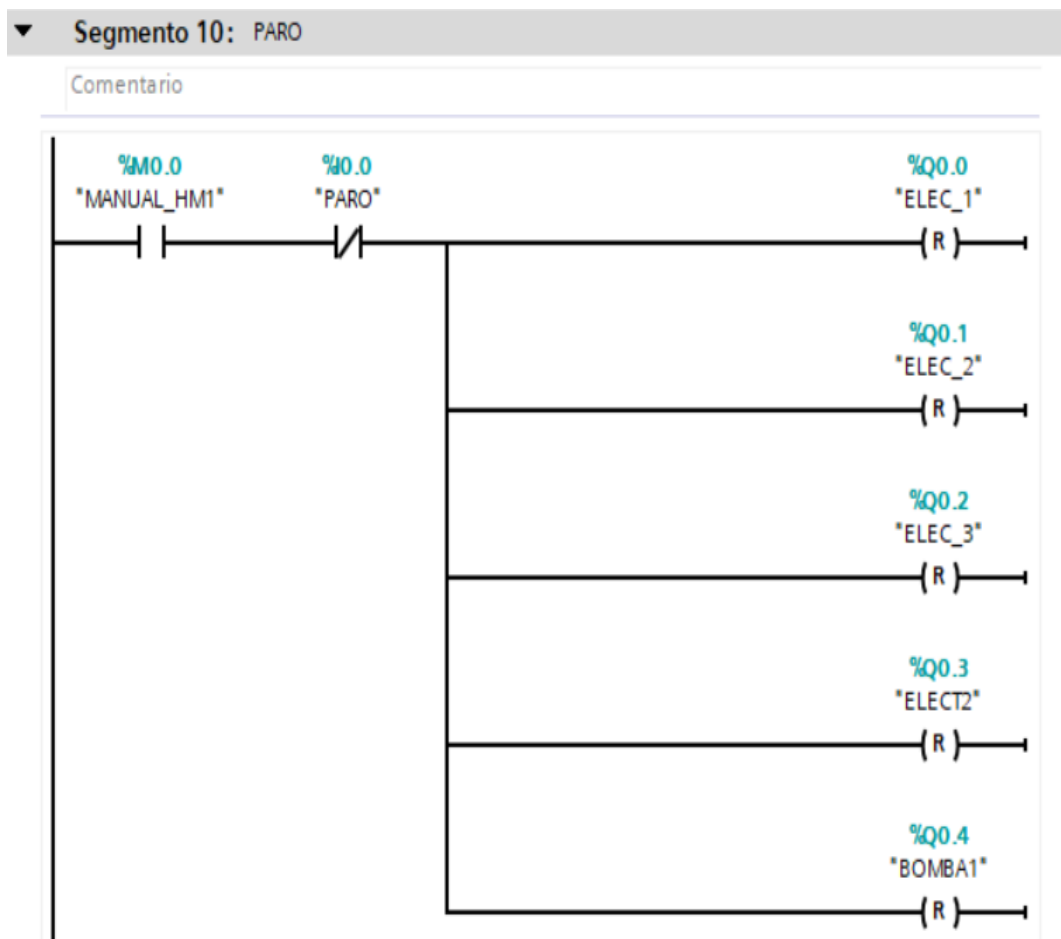


Figura XV.1. Paro de emergencia del sistema



**ANEXO XVII.** Datos de la humedad, temperatura y voltaje enviados al servidor web  
UBIDOTS

FECHA Y HORA	HUMEDAD	FECHA Y HORA	TEMPERATURA	FECHA Y HORA	VOLTAJE
3/3/2021 20:15	66.0	3/3/2021 20:14	20.0	3/3/2021 20:14	127.3
3/3/2021 20:21	66.0	3/3/2021 20:21	20.0	3/3/2021 20:14	127.04
3/3/2021 20:21	71.0	3/3/2021 20:21	21.0	3/3/2021 20:14	127.28
3/3/2021 20:21	73.0	3/3/2021 20:22	22.0	3/3/2021 20:14	127.2
3/3/2021 20:21	76.0	3/3/2021 20:22	23.0	3/3/2021 20:14	127.31
3/3/2021 20:22	77.0	3/3/2021 20:22	23.0	3/3/2021 20:14	125.48
3/3/2021 20:22	78.0	3/3/2021 20:22	25.0	3/3/2021 20:14	125.47
3/3/2021 20:24	67.0	3/3/2021 20:25	25.0	3/3/2021 20:14	125.6
3/3/2021 20:25	63.0	3/3/2021 20:29	26.0	3/3/2021 20:14	125.73
3/3/2021 20:25	63.0	3/3/2021 20:30	25.0	3/3/2021 20:14	125.41
3/3/2021 20:25	64.0	3/3/2021 20:30	26.0	3/3/2021 20:15	124.35
3/3/2021 20:25	65.0	3/3/2021 20:30	25.0	3/3/2021 20:15	127.18
3/3/2021 20:25	66.0	3/3/2021 20:32	24.0	3/3/2021 20:15	127.2
3/3/2021 20:25	67.0	3/3/2021 20:32	25.0	3/3/2021 20:15	126.94
3/3/2021 20:25	68.0	3/3/2021 20:33	24.0	3/3/2021 20:15	127.21
3/3/2021 20:25	69.0	3/3/2021 20:36	23.0	3/3/2021 20:15	127.12
3/3/2021 20:25	70.0	3/3/2021 20:36	24.0	3/3/2021 20:15	127.2
3/3/2021 20:25	71.0	3/3/2021 20:37	23.0	3/3/2021 20:15	127.01
3/3/2021 20:26	72.0	3/3/2021 20:37	24.0	3/3/2021 20:21	129.81
3/3/2021 20:26	73.0	3/3/2021 20:37	23.0	3/3/2021 20:21	130.15
3/3/2021 20:26	72.0	3/3/2021 20:37	24.0	3/3/2021 20:21	130.4
3/3/2021 20:26	71.0	3/3/2021 20:37	23.0	3/3/2021 20:21	130.38
3/3/2021 20:26	70.0	3/3/2021 20:37	24.0	3/3/2021 20:21	130.38
3/3/2021 20:26	69.0	3/3/2021 20:37	23.0	3/3/2021 20:21	130.2
3/3/2021 20:27	68.0	3/3/2021 20:37	24.0	3/3/2021 20:21	130.4

**Figura XVII.1.**Datos de la humedad, temperatura y voltaje enviados al servidor web UBIDOTS

**ANEXO XVIII.** Grafica de la variación de la humedad



**Figura XVIII.1.** Grafica de la variación de la humedad

### ANEXO XIX. Grafica de la variación de la temperatura

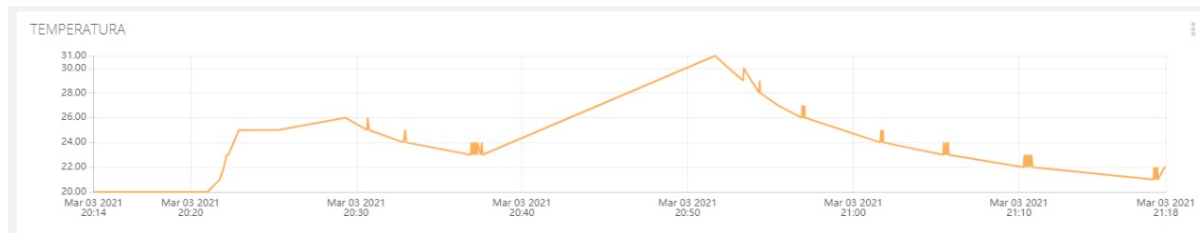


Figura XIX.1. Grafica de la variación de la temperatura

### ANEXO XX. Grafica de la variación del voltaje



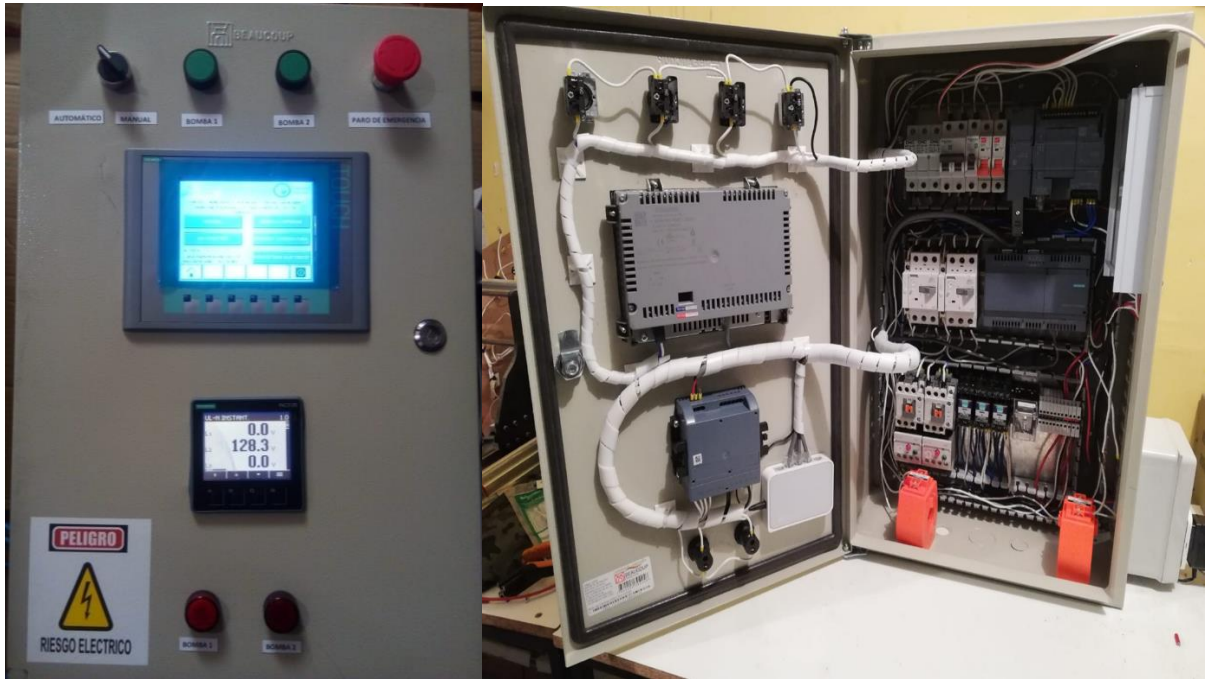
Figura XX.1. Grafica de la variación del voltaje

### ANEXO XXI. Interfaz principal del sistema de control



Figura XXI.1. Interfaz principal del sistema de control

**ANEXO XXII.**      Tablero de control finalizado



**Figura XXII.1.** Tablero de control finalizado





Universidad  
Técnica de  
Cotopaxi



Ingeniería  
Eléctrica

**ANEXO XXIII.**      Manual de usuario

**UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI**

**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS (CIYA)**

**INGENIERIA ELÉCTRICA**



**CONTROL Y MONITOREO DE LA HUMEDAD Y TEMPERATURA MEDIANTE  
UN SISTEMA SCADA PARA EL CULTIVO DE MORA EN EL SECTOR DE  
YANAHURCO**

**Manual de Usuario**

**Autores:**

Andagana Paredes Luis Adrián

Taco Muñoz Anderson Daniel

**Tutor:**

Ing. Rommel Eusebio Suárez Vinueza. MSc.

Versión: 0001

Queda prohibido cualquier tipo de explotación y, en particular, la reproducción, distribución, comunicación pública y/o transformación, total o parcial, por cualquier medio, de este documento sin el previo consentimiento expreso y por escrito de los Autores.

**LATACUNGA – ECUADOR**

**Marzo – 2021**



## ÍNDICE DEL MANUAL

1.	Instrucciones de seguridad.....	1
2.	Introduccion.....	1
3.	Guia de utilizacion del sistema.....	1
3.1.	Control manual. ....	1
3.2.	Control automático .....4	4
3.3.	Visualización de datos en la pagina web.....5	5
3.4.	Indicadores de emergencia .....7	7

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1.	Selector de control manual .....	1
Figura 3.2.	Bomba #1 y bomba #2.....2	2
Figura 3.3.	Control manual desde hmi.....2	2
Figura 3.4.	Elementos del control manual .....	3
Figura 3.5.	Bomba #1 para el sistema de riego.....3	3
Figura 3.6.	Bomba #2 para el llenado del tanque reservorio .....	4
Figura 3.7.	Selector del control automático.....4	4
Figura 3.8.	Control automático .....	5
Figura 3.9.	Bomba #2 para el llenado del tanque reservorio .....	5
Figura 3.10.	Plataforma web ubidots .....	6
Figura 3.11.	E-mail y contraseña .....	6
Figura 3.12.	Cuadros de mando .....	6
Figura 3.13.	Datos de las variables ingresadas .....	7
Figura 3.14.	Curvas de las variables ingresadas .....	7
Figura 3.15.	Luces piloto de emergencia .....	8
Figura 3.16.	Paro de emergencia del sistema.....8	8

## 1. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

- Para evitar el uso incorrecto del equipo a instalar y el sistema se presenta la guía de usuario.
- El montaje incorrecto de los equipos puede ocasionar un riesgo de descarga eléctrica o pérdida de elementos de control.
- Para realizar un mantenimiento en el tablero o cualquier equipo, desconecte la alimentación principal para evitar daños a su integridad y a los equipos.
- Para el control manual tener en cuenta de aperturar las electroválvulas de manera rápida ya que al no abrirla causaría una explosión en las tuberías.
- Para conservar el margen de vida útil del tablero de control y monitoreo se recomienda realizar dos mantenimientos preventivos en un año.

## 2. INTRODUCCION

El presente manual de usuario es una guía que ayudara a tener una mejor utilidad de los equipos instalados y el sistema de control para un cultivo de mora, con el fin de evitar daños y mal uso del mismo. Se presenta paso a paso como el usuario debe accionar el sistema ya sea de manera automática o manual y el procedimiento para obtener los datos de su cultivo en la página web. Con respecto a la de conectividad de los equipos se tiene una red WAN ya que el sistema permite monitorear los datos desde cualquier parte del mundo porque se cuenta con una página web que bien pueda hacerse libre o particular en nuestro caso es particular.

## 3. GUIA DE UTILIZACION DEL SISTEMA

### 3.1. Control manual.

- a) Se inicia ubicando el selector del tablero en la posición manual.



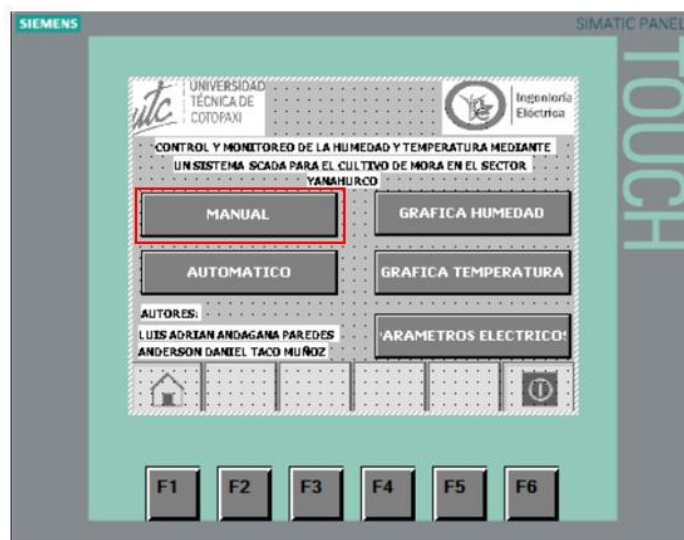
**Figura 3.1.** Selector de control manual

- b) En este punto se presenta dos opciones, el primero es el mando por la botonera presente en el tablero.



**Figura 3.2.** Bomba #1 y bomba #2

- c) Y la segunda opción es la utilización de la pantalla Touch KTP 600 en donde se debe pulsar el botón manual.



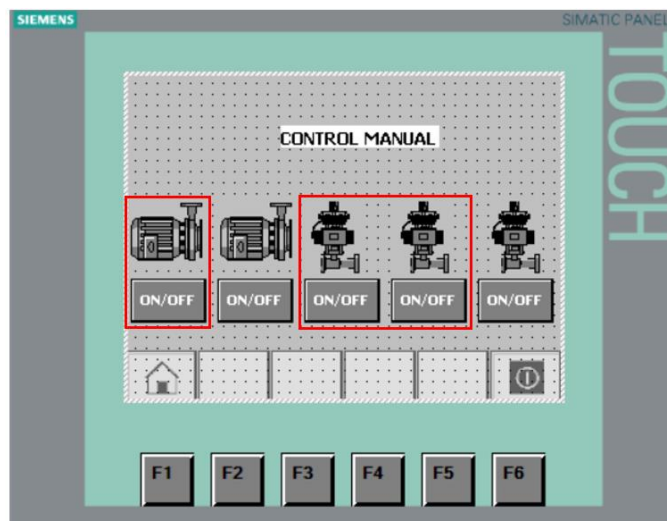
**Figura 3.3.** Control manual desde HMI

- d) Una vez seleccionado se tendrá las gráficas correspondientes a la bomba1, bomba2, electroválvula1, electroválvula 2 y electroválvula3.



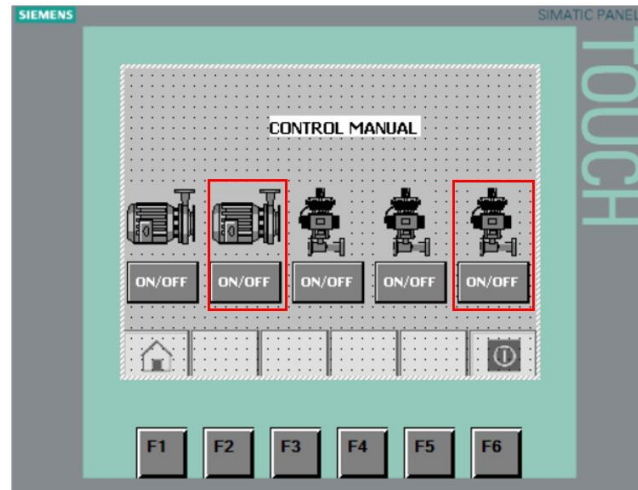
**Figura 3.4.** Elementos del control manual

- e) La bomba1 es aquella que acciona el sistema de riego hacia las plantas, una vez pulsado se podrá ver que la gráfica parpadea lo cual indica que esta activada, a la par se deberá pulsar las electroválvulas 1 y 2 para aperturar el paso del agua.



**Figura 3.5.** Bomba #1 para el sistema de riego

- f) Al seleccionar la Bomba 2 llenara el tanque que alimenta de agua a la bomba1, esta bomba 2 a su vez se alimentara de agua de otro tanque más grande el cual se encuentra cerca del sistema de riego del sector. Tener en cuenta el accionamiento de la electroválvula 3



**Figura 3.6.** Bomba #2 para el llenado del tanque reservorio

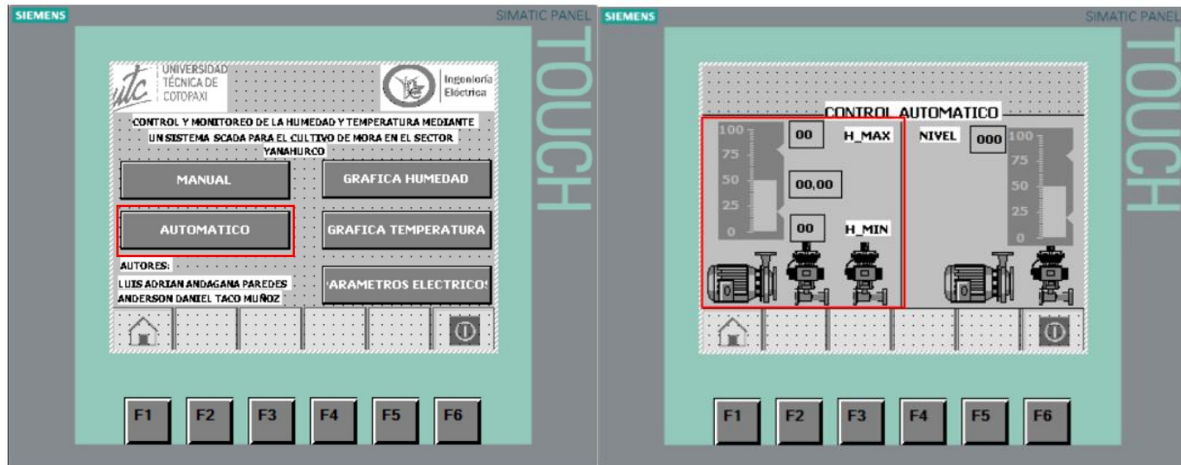
### 3.2. Control Automático

- a) Para aplicar este sistema se inicia ubicando el selector en la posición automático.



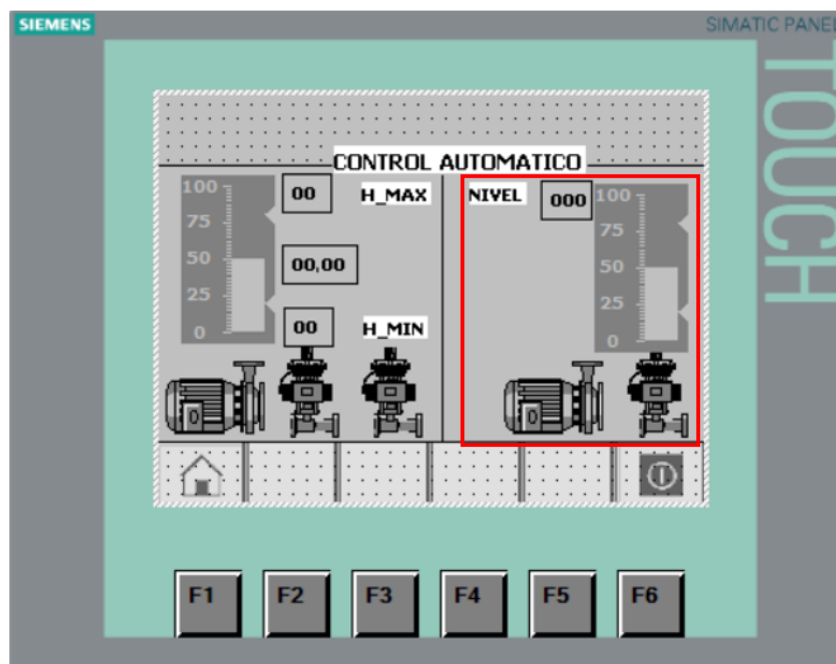
**Figura 3.7.** Selector del control automático

- b) Una vez seleccionado el sistema funciona con una programación realizada para el PLC la cual censa la humedad, que para el caso del cultivo de mora está fundamentada en el rango de  $(70% < H < 90\%)$  que es en donde se encenderá la bomba 1 de manera automática y al cabo de 3 segundos se apertura las electroválvulas 2 y 3 para el paso de agua en el cultivo. También es tiene un monitoreo de temperatura la cual permite al usuario percatarse de las variaciones de temperatura ambiente



**Figura 3.8.** Control automático

- c) En este punto también se tiene un sensor de nivel en el tanque que alimenta a la bomba 1 el cual indica el accionamiento automático de la bomba 2 si el tanque se encuentra vacío para que lo llene, al momento que el sensor detecte que está lleno se apagará automáticamente.

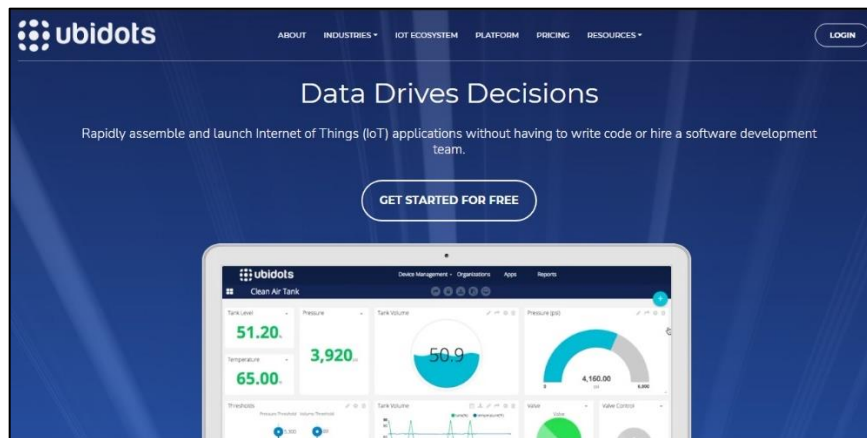


**Figura 3.9.** Bomba #2 para el llenado del tanque reservorio

### 3.3. Visualización de datos en la página web

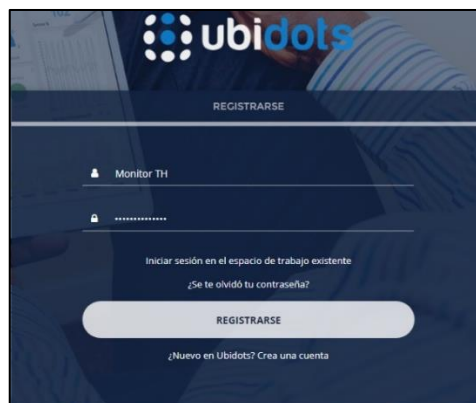
- a) Para la visualización, se utiliza la página ubidots la cual se deja el link a continuación (<https://www.ubidots.com/>), en esta plataforma se podrá observar todos los parámetros

que se ha programado como son: humedad, temperatura y magnitudes eléctricas, con el fin de saber el consumo del sistema.



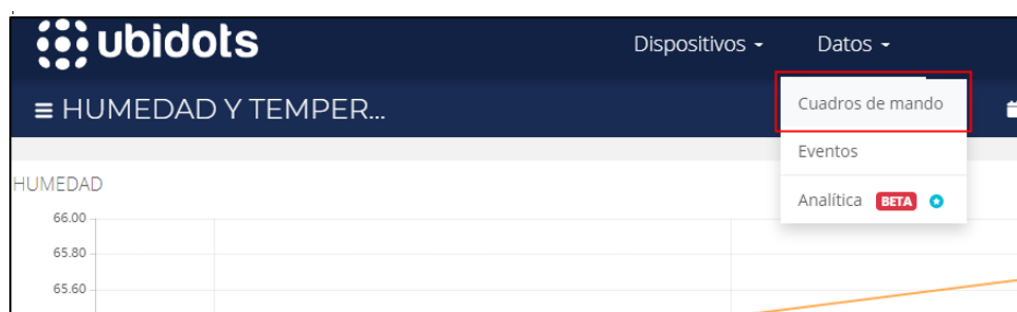
**Figura 3.10.** Plataforma web UBIDOTS

b) Para ingresar se debe utilizar el usuario y contraseña de la cuenta registrada para el sistema.



**Figura 3.11.** e-mail y contraseña

c) Una vez ingresado se tiene este panel en donde se elige la pestaña DATOS y después clic en CUADROS DE MANDO.



**Figura 3.12.** Cuadros de mando



- d) Para visualizar los diferentes parámetros se dirige al menú y da un clic en donde se le presentara las diferentes variables.



**Figura 3.13.** Datos de las variables ingresadas

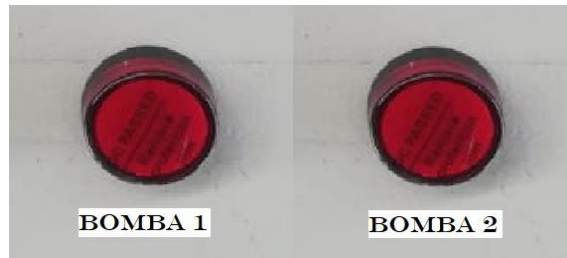
- e) Para obtener los datos se dirige hacia la variable elegida y presiona un clic en el botón de los tres puntos en donde se le despliega los formatos en los que usted desea obtener los datos.



**Figura 3.14.** Curvas de las variables ingresadas

### 3.4. Indicadores de emergencia

- a) Como se puede observar en el tablero se tiene dos indicadores de emergencia las cuales son luces pilotos que muestran si alguna de las bombas no está funcionando debido a cualquier tipo de falla.



**Figura 3.15.** Luces piloto de emergencia

- b) De la misma manera se tiene un botón de paro de emergencia el cual es accionado de manera mecánica por el usuario si se presenta alguna anomalía en el sistema



**Figura 3.16.** Paro de emergencia del sistema

**Figura XXIII.1.** Manual de usuario