

UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE



FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCION DEL TÍTULO DE
INGENIERO EN MECATRÓNICA**

TEMA

**AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA DE RIEGO POR GOTEO PARA CONTROL
DE HUMEDAD DEL SUELO EN UN INVERNADERO DE ROSAS**

AUTOR

Tamia Selena Muñoz Tutillo

DIRECTOR

Ing. Milton Alejandro Gavilanez Villalobos, MSc.

IBARRA – ECUADOR

2021

**UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
BIBLIOTECA UNIVERSITARIA
AUTORIZACIÓN DE USO Y PUBLICACIÓN A FAVOR DE LA
UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE**

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA

En cumplimiento al Art. 144 de la ley de Educación Superior, hago la entrega del presente trabajo a la Universidad Técnica del Norte para que sea publicado en el Repositorio Digital Institucional, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DEL AUTOR			
CEDULA DE IDENTIDAD:	1725966335		
APELLIDOS Y NOMBRES:	Muñoz Tuttilo Tamia Selena		
DIRECCIÓN:	Cayambe		
EMAIL:	tsmunozt@utn.edu.ec		
TELÉFONO FIJO:	022-127-195	TELÉFONO MÓVIL:	0985200140

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	Automatización del sistema de riego por goteo para control de humedad del suelo en un invernadero de rosas
AUTOR:	Tamia Selena Muñoz Tuttilo
FECHA:	12/10/2021
SOLO PARA TRABAJOS DE GRADO	
PROGRAMA:	PREGRADO
TÍTULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniero en Mecatrónica
DIRECTOR:	Ing. Milton Alejandro Gavilanez Villalobos, MSc.



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CONSTANCIA

El autor manifiesta que la obra, objeto de la presente autorización, es original y se la desarrolló sin violar derechos de autores de terceros, por lo tanto, la obra es original, y que es el titular de los derechos patrimoniales, por lo que asume la responsabilidad sobre el contenido de esta y saldrá en defensa de la Universidad en caso de reclamación por parte de terceros.

Ibarra, 12 de octubre del 2021

Firma

Nombre: Tamia Muñoz

Cédula: 1725966335



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS

CERTIFICACIÓN

En calidad de director del trabajo de grado “Automatización del sistema de riego por goteo para control de humedad del suelo en un invernadero de rosas”, presentado por la egresada Tamia Selena Muñoz Tutillo, para optar por el título de Ingeniero en Mecatrónica, certifico que el mencionado proyecto fue realizado bajo mi dirección.

Ibarra, 12 de octubre del 2021

Ing. Milton Gavilanez
TUTOR DEL TRABAJO DE GRADO

DEDICATORIA

A mis padres Martha y Jaime, que con su dedicación y esfuerzo me han apoyado en cada etapa de mi vida. Gracias por ayudarme y guiarme con sabiduría, como ustedes lo han hecho.

A mi abuelo Segundo, por ser un ejemplo de bondad y cariño, valores que me han ayudado a ser una mejor persona cada día.

A mi hermana María José, mi motivo para seguir adelante.

A ustedes quienes son mis pilares fundamentales, gracias de corazón.

Tamia Muñoz

AGRADECIMIENTO

A mis padres, por el apoyo incondicional y por sus consejos que quedarán conmigo para siempre.

A mi abuelo Segundo, a mis tíos Manuel y María, gracias por su apoyo durante toda esta etapa.

A Bolívar Quishpe y Patricia Sánchez, por haberme permitido realizar el presente trabajo de grado en su empresa.

A los ingenieros Milton Gavilanez, Iván Iglesias y Jorge Cuasapaz, por su apoyo y asesoramiento en la realización de este proyecto.

A mis amigos, gracias por el sin número de experiencias y anécdotas vividas durante esta etapa universitaria.

A Alejandro C., por apoyarme y permanecer conmigo en esta etapa de mi vida, por ser una de las mejores personas que conocí, gracias por todo.

Tamia Muñoz

RESUMEN

La agricultura ha ido evolucionando con el pasar de los años, pasando de ser actividades realizadas artesanalmente a actividades parcial o totalmente automatizadas, esto es posible gracias a la implementación de tecnologías de bajo costo, que permiten controlar y dar seguimiento a las variables que influyen en los cultivos, en este caso la humedad del suelo en un cultivo de rosas.

Para que el sistema tenga un eficiente desempeño se ha implementado elementos hidráulicos, eléctricos, electrónicos y de control. Para el manejo por parte del usuario se implementó un medio de visualización. Los elementos electrónicos del sistema son: un Arduino Mega como unidad central que obtiene y procesa los datos enviados por los sensores. Para determinar la humedad del suelo se implementó un sensor resistente a la corrosión HD-38, la lectura del caudal es por medio del sensor YF-S201. Los elementos hidráulicos son las tuberías distribuyen el agua a hacia las diferentes secciones del invernadero. La bomba impulsa el agua por las tuberías. La electroválvula forma parte del sistema control que permite activar o cerrar el paso de agua de acuerdo con las necesidades del cultivo. Gracias a la pantalla es posible visualizar el porcentaje de humedad del suelo y el modo de funcionamiento del sistema en tiempo real.

Las pruebas realizadas muestran tiempos rápidos de respuesta de cada elemento que compone el sistema de riego por goteo; la activación de la electroválvula y la bomba de agua es lineal para evitar daños en los elementos por exceso de presión; de igual forma, la desactivación sigue un orden lineal empezando con la bomba de agua y después de cierto tiempo la desactivación de la electroválvula. Con la implementación de sistemas automatizados en la florícola se promueve un riego tecnificado lo que significa un mejor control en el manejo de agua dentro del cultivo de rosas.

ABSTRACT

Agriculture has evolved over the years, going from being activities carried out by hand to partial or fully automated activities, this is possible thanks to the implementation of low-cost technologies, which allow to control and monitor the variables that influence crops, in this case soil moisture in a rose crop.

For the system to have an efficient performance, hydraulic, electrical, electronic and control elements have been implemented. For the handling by the user, a visualization medium was implemented. The electronic elements of the system are an Arduino Mega as a central unit that obtains and processes the data sent by the sensors. To determine soil moisture, a corrosion resistant HD-38 sensor was implemented, the flow reading is through the YF-S201 sensor. The hydraulic elements are the pipes that distribute the water to the different sections of the greenhouse. The pump pushes the water through the pipes. The solenoid valve is part of the control system that enables the water flow to be activated or closed according to the needs of the crop. Thanks to the screen, it is possible to view the percentage of soil moisture and the system's operating mode in real time.

The tests carried out show fast response times for each element that makes up the drip irrigation system; the activation of the solenoid valve and the water pump is linear to avoid damage to the elements due to excess pressure; likewise, the deactivation follows a linear order starting with the water pump and after a certain time the deactivation of the solenoid valve. With the implementation of automated systems in the floriculture, a technified irrigation is promoted, which means a better control in the management of water within the rose cultivation.

ÍNDICE

IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA.....	II
CONSTANCIA	III
CERTIFICACIÓN.....	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT.....	VIII
ÍNDICE.....	IX
1. INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Problema	1
1.2. Objetivos	2
1.2.1. Objetivo General	2
1.2.2. Objetivo Específico.....	2
1.3. Justificación.....	3
1.4. Alcance	4
CAPÍTULO II	6
2. ESTRUCTURA TEÓRICA	6
2.1. ESTADO DEL ARTE	6
2.2. MARCO TEÓRICO.....	8
2.2.1. Cultivo de Rosas en Ecuador	8
2.2.2. Características Botánicas de la Rosa	9
2.2.3. Morfología:.....	9
2.2.4. Suelo para el Cultivo de Rosas	10
2.2.5. Riego Tecnificado	10
2.2.6. Tipos de Sistemas de Riego	11
2.2.7. Relación Suelo-Agua-Planta-Clima	16
2.2.8. Necesidad de agua de los cultivos.....	17
2.2.9. Cabezal de Riego	22
2.2.10. Tecnología Arduino	31
2.2.11. HMI “Interfaz Hombre – Máquina”	32
2.2.12. Efecto Hall	33
CAPÍTULO III	35
3. METODOLOGÍA.....	35
3.1. Descripción.....	35
3.1.1. Revisión bibliográfica	35

3.1.2.	Aplicación de campo	35
3.2.	Localización Geográfica de la Plantación de Rosas	35
3.3.	Descripción General	36
3.4.	Requerimientos	37
3.5.	Recursos disponibles para la realización del proyecto	37
3.6.	Tipo de riego que se encuentra implementado	38
3.6.1.	Partes del riego por goteo.....	38
3.7.	Materiales de la red de distribución que cuenta la florícola	39
3.7.1.	Electrobomba de doble voltaje 110/220V	39
3.7.2.	Tubería principal.....	39
3.7.3.	Tubería secundaria	39
3.7.4.	Número de válvulas en cada sección	40
3.7.5.	Número de camas por válvula.....	40
3.7.6.	Largo de cada cama.....	40
3.7.7.	Gotero	40
3.8.	Diagrama de bloques	40
3.9.	Matriz morfológica.....	41
3.10.	Selección de alternativas.....	42
3.10.1.	Evaluación del peso específico para cada Criterio	43
3.10.2.	Evaluación del Peso Específico del Criterio Vida Útil	43
3.10.3.	Evaluación del Peso Específico del Criterio Costo.....	44
3.10.4.	Evaluación del Peso Específico del Criterio Fiabilidad en la Medición.....	44
3.10.5.	Evaluación del Peso Específico del Criterio Procesamiento de Datos.....	45
3.10.6.	Cálculo de la Tabla de Conclusiones.....	45
3.11.	Descripción de componentes.....	46
3.11.1.	Descripción de Arduino MEGA	46
3.11.2.	Descripción Sensor humedad del suelo resistente a la corrosión	47
3.11.3.	Descripción GLCD 128x64.....	49
3.11.4.	Descripción Sensor de flujo YF-S201	50
3.11.5.	Electroválvula solenoide 1 ½ " S390-2W.....	51
3.11.6.	Transformador.....	52
3.11.7.	Gabinete para conexiones eléctricas	53
CAPÍTULO IV		54
4.	INGENIERÍA DEL PROYECTO	54
4.1.	CONEXIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES A LA PLACA.....	54
4.2.	PROGRAMACIÓN.....	55
4.2.1.	Diagrama de flujo	55

4.2.2.	Algoritmo 1: Programa principal	56
4.2.3.	Algoritmo 2: Pantalla GLCD	56
4.2.4.	Algoritmo 3: Modo Manual	57
4.2.5.	Algoritmo 4: Modo automático.....	57
4.3.	ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN	58
4.3.1.	Base Arduino Mega	59
4.3.2.	Tapa Arduino Mega	59
4.3.3.	Cuadro de pantalla GLCD	60
4.3.4.	Base relés	61
4.3.5.	Protección módulo sensor de humedad del suelo.....	61
4.4.	ANCLAJE DE LOS ELEMENTOS	62
4.4.1.	Implementación de la red eléctrica.....	62
4.4.2.	Implementación del sensor de humedad del suelo	63
4.4.3.	Implementación de la electroválvula	64
4.4.4.	Implementación del sensor de caudal	65
4.4.5.	Implementación del gabinete	65
4.5.	PRUEBA Y FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA.....	71
4.5.1.	Prueba del sensor de humedad del suelo	71
4.5.2.	Prueba del sensor de caudal YF-S201.....	73
4.5.3.	Prueba: Modo Manual	73
4.5.4.	Prueba: Modo Automático.....	75
4.6.	FUNCIONAMIENTO.....	76
4.7.	MANEJO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA	80
4.7.1.	Manejo	80
4.7.2.	Mantenimiento	80
4.8.	COSTOS DEL PROYECTO	81
4.8.1.	Costos de implementación.....	81
4.8.2.	Costo total	82
CAPÍTULO V		84
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	84
5.1.	Conclusiones.....	84
5.2.	Recomendaciones	85
BIBLIOGRAFÍA.....		86
ANEXOS		90
Anexo A: Evaluación de Sensores de humedad del suelo		90
Anexo B: Sensor de humedad del suelo.....		93
Anexo C: Evaluación de pantallas.....		95

Anexo D: Pantalla GLCD 128x64.....	96
Anexo E: Evaluación de placa de control	97
Anexo F: Arduino Mega 2560.....	98
Anexo G: Sensor YF-S201	100
Anexo H: Pseudocódigo Pantalla GLCD.....	101
Anexo I: Pseudocódigo algoritmo 3: Manual	102
Anexo J: Pseudocódigo algoritmo 4: Automático	103
Anexo K: Diagrama Eléctrico-Electrónico.....	104
Anexo L: Diagrama electrónico del sistema de control.....	105
Anexo M: Diagrama eléctrico del sistema de potencia.....	106
Anexo N: Guardamotor	107
Anexo O: Contactor	109
Anexo P: Diseño de gabinete	113
Anexo Q: Manual de usuario.....	114
Anexo R Código Arduino	126

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Gotero de laberinto.....	13
Figura 2. Componentes de la evapotranspiración	17
Figura 3. Niveles de humedad del suelo	19
Figura 4. Aplicación según las necesidades brutas cuando el DAS alcance el NAP	20
Figura 5. Aplicación fija de la cantidad de agua	21
Figura 6. Riego establecido por turnos	21
Figura 7. Equipo de Bombeo	22
Figura 8. Filtro de capas de grava	23
Figura 9. Filtro de malla.....	24
Figura 10. Filtro de anillas	25
Figura 11. Regulador de presión	25
Figura 12. Tipos de válvulas	26
Figura 13. Válvula Solenoide	27
Figura 14. Red de Distribución	28
Figura 15. Tipos de Goteros	29
Figura 16. Microaspersores.....	30
Figura 17. Tubería emisora.....	31
Figura 18. Módulo HMI	33

Figura 19.	Efecto Hall en un conductor	34
Figura 20.	Vista satelital de la plantación del señor Bolívar Quishpe	36
Figura 21.	Croquis de la finca del señor Bolívar Quishpe.....	38
Figura 22.	Diagrama de bloques del Sistema	40
Figura 23.	Placa Arduino MEGA	46
Figura 24.	Sensor humedad del suelo HD-38.....	48
Figura 25.	GLCD 128 x 64	49
Figura 26.	Sensor YF-S201	50
Figura 27.	Electroválvula S390-2W.....	51
Figura 28.	Transformador 120 vac – 24 vac,.....	52
Figura 29.	Gabinete metálico 50x40	53
Figura 30.	Diagrama de conexión del sistema de control del proyecto.....	54
Figura 31.	Diagrama de flujo	56
Figura 32.	Base para Arduino Mega.....	59
Figura 33.	Tapa para Arduino Mega.....	60
Figura 34.	Cuadro para pantalla GLCD 128x64	60
Figura 35.	Base para regleta de relés	61
Figura 36.	Base para módulo del sensor de humedad del suelo	61
Figura 37.	Tapa para módulo del sensor de humedad del suelo	62
Figura 38.	Cables para la red principal 220V y secundaria 110V	62
Figura 39.	Cables guiados por los postes del invernadero.....	63
Figura 40.	Implementación del sensor de humedad del suelo	63
Figura 41.	Válvula manual	64
Figura 42.	Electroválvula instalada.....	64
Figura 43.	Sensor YF-S201	65
Figura 44.	Diseño de la parte frontal del gabinete.....	65
Figura 45.	Ensamble de pantalla y botones de control.....	66
Figura 46.	Implementación de la parte de control del sistema	66
Figura 47.	Sistema de control ensamblada	67
Figura 48.	Elementos del sistema de potencia	67
Figura 49.	Conexiones del sistema de potencia	68
Figura 50.	Sistema de potencia	68
Figura 51.	Guardamotor 6-10A,	69
Figura 52.	Contacto 12 ^a	70
Figura 53.	Suelo seco (a), suelo húmedo moderado (b), suelo totalmente húmedo (c)	72

Figura 54.	Validación de datos enviados por el sensor	72
Figura 55.	Validación de datos enviados por el sensor de caudal	73
Figura 56.	Sistema en modo Manual	74
Figura 57.	Funcionamiento manual	74
Figura 58.	Sistema en modo Automático.....	75
Figura 59.	Modo automático.....	76
Figura 60.	Lectura de humedad del suelo de la Semana 1	77
Figura 61.	Lectura de humedad del suelo de la Semana 2	77

INDICE DE TABLAS

Tabla 1.	<i>Matriz Morfológica.....</i>	41
Tabla 2.	<i>Evaluación del peso específico para cada Criterio</i>	43
Tabla 3.	<i>Evaluación del peso específico del criterio Vida útil</i>	43
Tabla 4.	<i>Evaluación del peso específico del criterio Costo</i>	44
Tabla 5.	<i>Evaluación del peso específico del criterio Fiabilidad en la medición</i>	44
Tabla 6.	<i>Evaluación del peso específico del criterio Procesamiento de Datos</i>	45
Tabla 7.	<i>Cálculo de la tabla de conclusiones.....</i>	45
Tabla 8.	<i>Especificaciones técnicas Arduino MEGA</i>	47
Tabla 9.	<i>Sensor humedad del suelo HD-38.....</i>	48
Tabla 10.	<i>Especificaciones GLCD 128x64</i>	49
Tabla 11.	<i>Especificaciones técnicas del sensor YF-S201</i>	50
Tabla 12.	<i>Especificaciones técnicas de Electroválvula S390-2W.....</i>	52
Tabla 13.	<i>Piezas para protección</i>	58
Tabla 14.	<i>Detalles técnicos de Guardamotor</i>	69
Tabla 15.	<i>Detalles técnicos Contactor.....</i>	71
Tabla 16.	<i>Activación de elementos.....</i>	78
Tabla 17.	<i>Costo sistema de control, sensores y actuadores.....</i>	81
Tabla 18.	<i>Costos materiales para instalación eléctrica y de control.....</i>	81
Tabla 19.	<i>Costos indirectos de instalación</i>	82
Tabla 20.	<i>Costo directo total.....</i>	82
Tabla 21.	<i>Costo total del proyecto</i>	83

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Problema

El sector agrícola que produce bajo invernadero es uno de los sectores más desarrollados tecnológicamente a nivel mundial, donde se puede observar la implementación de soluciones técnicas, al igual que cualquier otro sector industrial. La situación del Ecuador con relación al asentamiento de empresas florícolas, en Cayambe se da a inicios de los años 83, específicamente en el sector de Guachalá (Galarraga Carvajal & Pinanjota Gualavisi, 2016). El uso de invernaderos ayuda a modificar las épocas de cosecha, mejorar el rendimiento del cultivo, entre otras características (Rincón Vieda et al., 2018). Por lo tanto, el control de las variables en los cultivos de rosas es de gran importancia ya que necesita de condiciones climatológicas concretas para su correcto desarrollo.

El principal problema que viven los agricultores de nuestro país es el control en la optimización del agua. Las microempresas florícolas aún siguen haciendo uso de técnicas de cultivo convencional, lo que retrasa el progreso de este sector tan importante. La falta de control del riego y monitoreo de variables climatológicas provocan un riego excesivo al no contar con un monitoreo de humedad de suelo, lo que dificulta a la planta absorber los nutrientes y se ve afectado el cultivo de rosas (Alarcón López, 2017). Esto se da debido a aspectos económicos y a la falta de accesibilidad tecnológica. Teniendo en cuenta que el costo de los equipos de medición y control de variables climatológicas son excesivamente elevadas para los pequeños y medianos floricultores (Superintendencia de Industria y Comercio, 2014).

En la florícola ubicada en la parroquia Cangahua, el sistema de riego es controlada de manera manual por medio de un operario el cual es el responsable de activar el sistema de acuerdo con su criterio, lo que conlleva a que exista la posibilidad de generar

inundaciones por realizarlo en horarios y tiempos que no son necesarios, también, existe la dificultad de regular la cantidad de agua lo que evidencia el desperdicio del líquido vital. Los factores que hace que no sea posible la implementación de la tecnología en el invernadero es el bajo progreso ingenieril dedicado al desarrollo, construcción y automatización de invernaderos agrícolas, lo que da como resultado que la inversión en este sector sea elevada. Otra razón es la falta de recursos económicos destinados a este sector; debido a la situación de crisis por la que cruzamos, el gobierno debe hacer uso eficiente de los recursos, lo que provoca que ciertos sectores queden desatendidos. Como consecuencias se tiene que el floricultor haga uso excesivo de recursos hídricos y mano de obra adicional, debido a la falta de control de humedad del suelo.

Por lo tanto, para las microempresas florícolas la eficiencia en el uso del agua implica, además de las necesidades de riego, determinar la cantidad y los momentos para su aplicación. Por lo que es necesario realizar el monitoreo de la humedad del suelo y control del sistema de irrigación, con el objetivo de compensar el déficit de humedad del suelo y mejorar la calidad en el cultivo de rosas.

1.2. Objetivos

1.2.1. Objetivo General

Implementar un sistema de monitoreo de humedad del suelo y control de riego para la optimización del sistema de irrigación en el invernadero de rosas.

1.2.2. Objetivo Específico

- Determinar los rangos óptimos de humedad del suelo para la automatización del sistema de riego.

- Seleccionar los elementos eléctricos y electrónicos necesarios para el control de riego y monitoreo de la humedad del suelo.
- Integrar los componentes para la automatización el sistema de irrigación.
- Verificar el correcto funcionamiento del sistema de control de riego y monitoreo de humedad del suelo y realizar ajustes para cumplir con los parámetros requeridos.

1.3. Justificación

Según Trade Map (2019), Ecuador se ubica en el tercer lugar de entre los principales exportadores de flores del mundo con un 9%. Los datos expuestos por Expoflores (2019), indican que el sector floricultor posee 5 641 hectáreas para la producción, siendo éste, un sector con un alto valor agregado, cifras indican que por cada hectárea se puede exportar 158.692 \$. La Superintendencia de Control del Poder de Mercado, indica que las microempresas floricultoras que poseen de 0.01 a 1 hectárea, constituyen el 76% del total de participación con relación a las demás empresas florícolas pequeñas, medianas y grandes (Yépez, 2017). Sin embargo y a pesar de la información antes mencionada, el nivel de automatización del sector florícola en el Ecuador es inferior con respecto a otros países como España, Holanda, Dinamarca o Israel.

Los grandes beneficios del sistema de riego por goteo tanto a los pequeños y grandes agricultores radica en la reducción del consumo de agua, un ahorro de fertilizantes, también, es posible controlar las plagas y enfermedades que tanto afectan a los cultivos aplicando cantidades exactas a la planta, como consecuencia se tiene una disminución en la lixiviación del suelo, entre otros beneficios (Pizarro Cabello, 1996). La importancia que tiene la producción de rosas en la economía ecuatoriana y la necesidad de que el

agricultor posea un amplio conocimiento y experiencia para controlar las variables que influyen en la producción, ha surgido la necesidad de monitorear las condiciones climatológicas y que dichos factores sean los óptimos durante la producción. El control del riego y monitoreo de humedad del suelo dentro de los invernaderos en la actualidad se lo realiza de manera periódicas y confiando en la intuición del agricultor.

Entonces, un riego sostenible es posible si se tiene información necesaria en tiempo real de la humedad del suelo, y agregado a esto, un control de irrigación como el goteo, cada planta puede recibir de manera inmediata la cantidad de agua necesaria, en consecuencia, se reduce el desperdicio de líquido vital y se mejora la calidad del cultivo (Perea Palacios, 2016). Al controlar estas variables se tendrá una mejor calidad del producto esto quiere decir tallos y botones de calidad, disminución de enfermedades producidas por el exceso de humedad en el suelo y como resultado existirá un aprovechamiento al máximo del recurso hídrico.

El agricultor es reacio frente a temas de tecnología, pues lo asocia con dificultades para operar el sistema, y elevados costos de implementación. Por tal motivo, este trabajo pretende desarrollar un sistema fiable, que tenga la disposición de medir la humedad del suelo y realizar acciones de activación o desactivación del sistema de riego. Conservando la facilidad de operación, que sea de bajo costo y bajo consumo energético.

1.4. Alcance

El proyecto tiene como finalidad controlar el uso del agua implementando un sistema que permita controlar el riego por goteo en base al monitoreo de la humedad del suelo. Este proceso se lo podrá realizar de forma automática o manual.

En el cultivo, para el funcionamiento automático se realiza el censado de humedad del suelo, el cual permitirá o no el paso de flujo de agua hacia el sembrío, para evitar el riego innecesario en el cultivo.

En cambio, para el modo manual local, el floricultor podrá manipular el proceso de control ya sea para realizar mantenimiento o necesite activar el sistema de riego de acuerdo con su necesidad.

Para la visualización y control del proceso se tendrá una pantalla en un tablero de control, que permitirá al usuario visualizar los parámetros recomendados de humedad del suelo.

Se desarrollará un manual de usuario, como guía de mantenimiento y de control del sistema.

CAPÍTULO II

2. ESTRUCTURA TEÓRICA

2.1. ESTADO DEL ARTE

El aumento progresivo de la población ha obligado a impulsar nuevas prácticas de cultivo que genere un mayor rendimiento a través del uso de nuevas tecnologías. Una medición realizada por Suhariyanto y Thirtle para calcular la TFP (Productividad Total de los Factores) muestra que al menos la mitad de los países analizados han experimentado una disminución en la productividad a causa del escaso desarrollo tecnológico y la falta de eficiencia técnica (Sotelsek & Laborda, 2019).

A partir de los años 90, para disminuir los costos de producción y el impacto ambiental se comenzó a desarrollar dispositivos que contribuyan al mejoramiento en la eficiencia, dando origen al término Agricultura de Precisión (Vargas & Galindo, 2017). La implementación de sensores en la agricultura permite medir y controlar diversos parámetros que se verá reflejado en el incremento de la productividad.

Para la irrigación de los cultivos el sistema de riego por goteo es el más empleado gracias a su eficiencia y ahorro de agua (Valencia & Sepúlveda, 2019). En el diseño de este tipo de riego localizado es importante determinar el caudal, la cantidad de emisores y la localización del sensor para mojar eficientemente el espacio de suelo, para lo cual es necesario realizar una estimación de la forma y dimensión del bulbo húmedo, un método eficiente es la realización de pruebas de campo, con el fin de determinar el área mojada y ubicar de manera puntual el sensor (Martínez Pascual de Lallana, 2020). La frecuencia del riego pueden causar frecuente drenaje después del corte de riego o estrés hídrico, estos problemas pueden ser evitados implementando programadores de riego o controlarlo por medio de sensores (Gavilán et al., 2015)

La automatización del sistema de riego se lo puede realizar mediante sistemas inteligentes que permitan suministrar las cantidades de agua que requiera el cultivo en base a los datos del suelo cerca de la raíz, que toman los sensores. Es muy importante conocer la cantidad de humedad en los cultivos, para ello, el método gravimétrico y el uso de los sensores YL-69 y SHT10 ayudan a caracterizar la humedad (Araque et al., 2017).

El uso del sensor SHT10, en el trabajo de investigación “Dispositivo Móvil para la Caracterización de Suelo Agrícolas”, mide la humedad relativa y temperatura del suelo, para lo cual, es necesario determinar el comportamiento del sensor a través del método gravimétrico, se trabajó con este sensor principalmente por ser económico, cuenta con un protector contra el agua, el polvo, la corrosión, entre otros (Vargas & Galindo, 2017).

El trabajo realizado por Valencia, Y. & Sepúlveda, Y. (2019), analiza el uso de sensores de conductividad eléctrica: sensores VWC y 5TE, que hace una medición indirecta puesto que el sistema a controlar automáticamente es en tiempo real.

Es posible usar el software ARDUINO para el control y monitorización de los sensores de humedad, ya que envían valores muy aproximados a los que usualmente entregan los sensores industriales; pero, el uso de dispositivos electrónicos requiere de una calibración y validación permitiendo automatizar el control y monitoreo del riego de manera confiable y segura. Es posible utilizarlos en una amplia gama de sectores y cultivos con el fin de mejorar la producción, esto representa un método alternativo en cuanto a la automatización de riego tecnificado, haciendo que el sistema sea asequible (Cayo & Segovia, 2015),(Ascencios et al., 2020).

2.2. MARCO TEÓRICO

2.2.1. Cultivo de Rosas en Ecuador

La producción de rosas en el Ecuador inicia en el siglo XIX, gracias a las condiciones climatológicas es posible cultivar gran variedad de flores (Guallasamin Constante & Simón-Baile, 2018). Es por tal motivo que, en el año 2019 se registró un total de 181 empresas dedicadas al cultivo de flores, de las cuales la mayoría se concentran en la provincia de pichincha (74%). Durante el año 2019 existió 5.116 hectáreas de rosas sembradas bajo invernadero, mostrando un incremento del 24% de superficie cosechada de tipo rosa, durante el periodo 2018 – 2019 (CFN, 2020). Los países Bajos son los principales exportadores de flores en el mundo (50%), seguido de Colombia con el 16% y en tercer lugar se encuentra Ecuador con el 10%. Según datos brindados por BCE, en el año 2019 se registró un crecimiento en las exportaciones de flores del 4.7% con respecto al año 2018, siendo Estados Unidos el principal socio comercial con el 45.3% del total de exportaciones de flores (Expoflores, 2019).

Existe gran variedad de rosas producto de la hibridación y selección entre los híbridos de China y de Europa, se caracterizan por tener un botón grande y tallo largo. Es en el año 1900 donde se empezó a producir de manera comercial la rosa en Estados Unidos y Europa (Calvache et al., 2017). Según la revista Floraculture, los datos sobre la producción mundial de flores ocupan más de 190 000 hectáreas. Colombia y Ecuador gracias a sus condiciones climáticas favorables para la producciones de flores han crecido tanto en su producción como en exportación (Yong, 2004).

Para obtener una buena producción es importante proteger el cultivo, por lo que es necesario tener en cuenta varios elementos que intervienen directamente en el desarrollo de las plantas como es la aplicación de sustratos, el riego y la nutrición, acompañados de

algún método de protección ya sea a través de invernaderos u otro tipo de cubierta; todo esto, con el fin de regular las condiciones ambientales para mejorar la calidad y aumentar la producción.

2.2.2. Características Botánicas de la Rosa

La rosa (*Rosa* sp.) es cultivada con objetivos ornamentales, posee hermosas flores, tallo leñoso y hojas compuestas, entre las principales características que más se avizoran (Calvache et al., 2017).

2.2.2.1. Clasificación Botánica

ReinoVegetal
DivisiónEspermatofitos
SubdivisiónAngiospermas
ClaseDicotiledóneas
OrdenRosales
FamiliaRosáceas
TribuRoseas
GéneroRosa
EspecieSp.

2.2.3. Morfología:

Comprende una gran variedad de plantas con diferentes aspectos. Este tipo de planta presenta una floración continua y una planta siempre verde.

- Raíz: Las plantas que son provenientes de estacas tienden a reducir el tamaño radical entre un 10-15% del peso total, lo que significa que dentro de uno o dos años la calidad de la producción baja significativamente. Por lo contrario las

plantas con injertos desarrollan favorablemente el sistema radical, permitiendo mejorar la calidad y aumentar la producción (Yong, 2004).

- Tallo: el tallo del rosal es leñoso, en su extremo hay una flor terminal, crece de forma erecta y sarmentoso, es de tonalidad verde, posee espinas con formas diversas, tamaños distintos, también, existen variedades que no poseen nada o muy pocas (Leon Moya, 2013).
- Hoja: se caracteriza por tener una superficie lisa y está compuesta por cinco o siete foliolos. Estas características son comunes en casi todas las variedades de flores (Yong, 2004).
- Flores: presentan cinco pétalos tomando forma de copa, lleva inserto en lo alto de los sépalos, pétalos y estambres (Yong, 2004).

2.2.4. Suelo para el Cultivo de Rosas

El cultivo de rosas debe hacerse bajo ciertos parámetros que debe cumplir el suelo en el cual se va a cultivar, es necesario que el suelo tenga la capacidad de drenaje y aireación para evitar encharcamientos que son los causantes de proliferar las enfermedades. El cultivo de rosas tiene una tolerancia al suelo ácido, pero el rango de pH debe mantenerse en 6. Es importante realizar desinfecciones de suelo mediante diversos tratamientos, y se recomienda hacer un análisis previo para determinar el tipo de fertilización a aplicar (López, 2017).

2.2.5. Riego Tecnificado

Existen diferentes métodos de riego que cuentan con alternativas para tecnificarlas, por lo que, el término *técnica* se entiende como el aprovechamiento al máximo del uso de agua para riego, tratar de que la mayor parte del suministro vaya dirigido a la planta y

reducir significativamente las pérdidas. El objetivo de tecnificar los sistemas de riego es para un control de varios aspectos como: mantener caudales controlados; tiempos y frecuencias de irrigación dependiendo del tipo de cultivo y sus necesidades; minimizar las pérdidas para evitar escurrimiento y percolación profunda producto de un excesivo riego; entre otras variables que afectan directamente al suelo y al producto (Osorio & Tapia, 1999).

2.2.6. Tipos de Sistemas de Riego

2.2.6.1. Sistema de Riego Localizado

El riego localizado es un sistema de presurización que transporta el agua a través de tuberías, depositan volúmenes pequeños de agua por medio de goteros de diversas formas de manera que solo se moje la parte donde se encuentra la planta, denominado bulbo húmedo. Este tipo de sistema localizados se considera agronómico, debido a que humedece el área necesaria para que el cultivo se desarrolle correctamente. Las ventajas de irrigar mediante este sistema es que se reduce el stress hídrico, pues es posible mantener los niveles de humedad adecuadamente (Liotta, 2015)(Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).

El riego localizado puede evitar daños causados por salinidad debido a que este componente se concentra en las zonas poco accesibles al área radicular. Por tal motivo, es una excelente opción para cultivos que son sensibles a aguas de mala calidad. Es posible mantener en óptimas condiciones la humedad del suelo y evitar la proliferación de mala hierba. Es importante que la instalación tenga un diseño adecuado y de buena calidad porque no solo permite transportar agua sino fertilizantes u otros productos fitosanitarios que el cultivo necesita y deben ser aplicados con una alta uniformidad (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).

Ventajas

- Control en la aplicación de la lámina de agua
- Reducción de la evaporación
- Ausencia de escorrentía
- Aplicación uniforme y reducción de filtración o percolación

Desventajas

- Inversión inicial elevada
- Mantenimiento continuo de la red, debido a obstrucciones en los emisores
- Estricto control en la filtración del agua
- Adecuado solo para cultivos en línea

2.2.6.1.1. Riego por goteo

Este tipo de riego es el más común, el agua es transportado a presión por la red de tuberías hasta llegar a los emisores como se puede observar en las figuras 1. Al llegar a los goteros el agua pierde presión y velocidad trabajando con presiones de hasta 1 Kg/ cm², y caudales de entre 2 y 16 litros/hora; debido a esto, el líquido sale gota por gota (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).



Figura 1. Gotero de laberinto

Fuente: (Liotta, 2015).

2.2.6.1.2. Riego por tuberías emisoras

Este tipo de riego se caracteriza por mantener una franja continua de suelo humedecido debido a que los puntos de los emisores no están localizados directamente con el cultivo como es el caso del riego por goteo; este tipo de riego es comúnmente utilizado en cultivos en línea con poca distancia entre plantas (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).

2.2.6.1.3. Riego por microaspersión y micro difusión

Para este sistema, el agua se lo conduce a través de aspersores que mojan la superficie con lluvia muy fina, el área regada depende del alcance que tenga el emisor, por lo general trabajan con presiones entre 1 y 2 Kg/ cm², y emite caudales hasta 200 litros/hora (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).

2.2.6.2. Sistema de Riego por Superficie

Este tipo de sistema consiste en aplicar agua por gravedad, el suelo se encarga de distribuirlo a todos los puntos de la superficie. Está estructurado con una cabecera que es donde empieza a aplicarse el agua hasta la cola que es el área donde por lo general llega el agua más tarde. Este modo de riego indica que los distintos puntos de la parcela estarán cubiertos de agua en tiempos diferentes. Para que el agua se distribuya de mejor manera se realizan surcos y caballones. Este tipo de riego se lo ha implementado durante varios años y se acopla a todo tipo de cultivo, se estima que alrededor del 95% de las tierras regadas se lo realiza mediante la técnica de superficie (Fernández Gómez, Milla Milla, et al., 2010).

Ventajas

- Bajo costo de inversión
- Sistemas que no les afecta las condiciones climáticas
- La calidad del agua no influye
- No requiere energía

Desventajas

- No hay uniformidad en la infiltración de agua
- Es necesario una pendiente reducida
- Baja eficiencia si no se maneja correctamente
- Puede alterarse la estructura del suelo

2.2.6.2.1. Sistema de Riego por Tablares

Para este sistema se divide el terreno en compartimientos rectangulares o cuadrados separados por una zanja o dique de 50 cm de alto. Es conveniente que el caudal de agua este elevado y puede tener una o varias entradas. Al no contar con un sistema de drenaje el cultivo corre el riesgo de sufrir filtración profunda (Fernández Gómez, Milla Milla, et al., 2010).

2.2.6.2.2. Sistema de Riego por Fajas

En este caso, el terreno está dividido en franjas rectangulares estrechas. Este sistema suele contar con acequias tanto en el extremo superior e inferior para el abastecimiento y de desagüe, respectivamente. Es necesario que el terreno presente una pendiente uniforme

entre 0.2% y 0.5%. Este sistema de riego es generalmente empleado en cultivos extensos (Fernández Gómez, Milla Milla, et al., 2010).

2.2.6.2.3. Sistema de Riego por Surcos

El agua se va distribuyendo por la parcela a través de surcos paralelos de modo que todo el suelo ocupado por las raíces quede mojado. Es importante que se mantenga la misma pendiente, caso contrario puede existir áreas con falta de agua y otras con exceso. La pendiente recomendada es de 0.2 y 1%. Este sistema se lo utiliza para cultivos en línea y el agua se lo aplica en cada surco (Fernández Gómez, Milla Milla, et al., 2010).

2.2.6.3. Sistema de Riego por Aspersión

A diferencia del sistema de riego por superficie que no necesita dotar al agua de presión para discurrir sobre el suelo, sino que, solo depende de la pendiente que tenga el terreno, el riego por aspersión si necesita de energía para que el agua circule a través de las redes de tuberías. La presión del agua depende de la ubicación del depósito donde se almacena el agua, si se encuentra a un nivel más elevado con respecto a la parcela, el agua distribuida por las tuberías adquiere una determina presión; esto se produce por la diferencia de alturas del depósito por respecto a la parcela. En cambio, si el embalse o balsa está a niveles menores a la parcela es necesario brindar energía para alcanzar la presión que necesita para transportarse a través de la red de distribución (Fernández Gómez, Oyonarte Gutiérrez, et al., 2010).

Ventajas

- Control de riego
- Uniformidad en la aplicación del agua
- Sistema útil para terrenos ondulados o poco uniformes

- Aprovechamiento de mayor superficie
- Buena adaptabilidad a las primeras etapas de desarrollo de los cultivos
- Ayuda contra las heladas
- Útil para realizar lavado de sales
- Posibilidad de aplicar agua y fertilizantes al mismo tiempo
- Se adapta a la rotación de los cultivos

Desventajas

- Costo de inversión inicial elevado
- Mantenimiento continuo
- Alto coste energético
- Riesgo de desarrollar enfermedades en los cultivos
- Poca uniformidad a causa del viento

2.2.7. Relación Suelo-Agua-Planta-Clima

2.2.7.1. Evaporación

El proceso de evaporación es el resultado de la radiación solar, la temperatura del aire, la humedad relativa y la velocidad del viento; se requiere de energía producida por estos factores, para generar un cambio de estado líquido a gaseoso (Briceño et al., 2012).

2.2.7.2. Transpiración

El cultivo pierde vapor a través de las estomas, es por tal motivo que, la mayor cantidad de agua que la planta absorbe es transpirada, tan solo una pequeña parte es aprovechada

por la planta. El proceso de transpiración al igual que el de evaporación necesitan de la disponibilidad de energía (Briceño et al., 2012).

2.2.8. Necesidad de agua de los cultivos

La necesidad de agua de los cultivos es la suma de la evaporación directa desde el suelo y la transpiración de las plantas, conocido como evapotranspiración (ET). Si bien se conoce que, la cantidad de agua que transpira la planta es mayor que la cantidad que retiene, se lo puede considerar como el consumo de agua por la planta y la evaporación se producirá en las capas más superficiales. La evapotranspiración se la expresa en milímetros de altura de agua evapotranspirada en cada día (mm/día), pero esta medida varía según el clima y el cultivo (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).

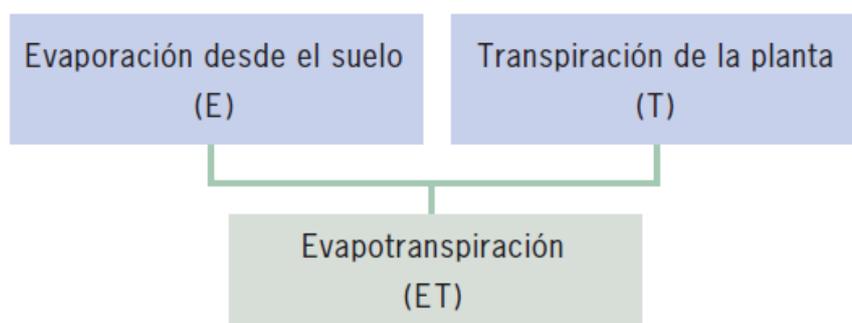


Figura 2. Componentes de la evapotranspiración

Fuente: (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010)

El correcto manejo del riego depende del balance hídrico del suelo para conocer cuándo, cuánto y cómo regar. Estas respuestas dependerán de la relación entre la planta, suelo y atmósfera. Las manifestaciones fisiológicas de las plantas pueden ser de carácter empírico o científico, estos indicadores servirán como bases para la calibración de métodos basados en la medición de variables para así, determinar cuándo regar. El objetivo de este método es determinar la dosis de riego basándose en los intervalos entre riegos, la capacidad de

la planta para extraer el agua, la evaporación desde el suelo o la reserva de agua existente en el suelo, también, se puede prevenir percolación profunda por dosis excesivas de riego (Santos Pereira et al., 2010).

2.2.8.1. Eficiencia del sistema de Riego

Debe existir una relación entre la cantidad de agua utilizada por la planta y la cantidad de agua suministrada para determinar la eficiencia del sistema de riego a fin de conocer la demanda de agua que requiere el cultivo. La determinación de la eficiencia de riego esta dado por el producto entre la eficiencia de conducción en el canal principal, la eficiencia de distribución en los acanales laterales y la eficiencia de aplicación a nivel de parcela (Nuñez, 2015).

$$E_f = E_{fc} \times E_{fd} \times E_{fa}$$

2.2.8.2. Niveles de humedad del suelo

Los niveles están en relación a la cantidad de agua presente en los poros del suelo y la disponibilidad para ser utilizada por el cultivo (Alocén, 2018).

- Saturación: es la capacidad máxima de humedad en el suelo luego de una lluvia o un riego, parte del agua comienza a absorberse por efecto de la gravedad denominando este proceso como drenaje o percolación (ver Figura 3a). En caso de existir lluvia o riego permanente por más de dos o cinco días el cultivo puede perecer.
- Capacidad de campo: Una vez que el suelo ha terminado de drenarse, este retiene humedad a un nivel máximo, este nivel de humedad es considerado ideal para el correcto desarrollo de los cultivos (ver Figura 3b).

- Punto de marchitez permanente: este efecto se produce tras existir un déficit de agua, por lo que el agua que almacena el suelo disminuye a causa de la evaporación y la extracción por parte de las raíces para cubrir sus necesidades, en caso de no satisfacerlas comenzará a marchitarse y finalmente muere (ver Figura 3c).

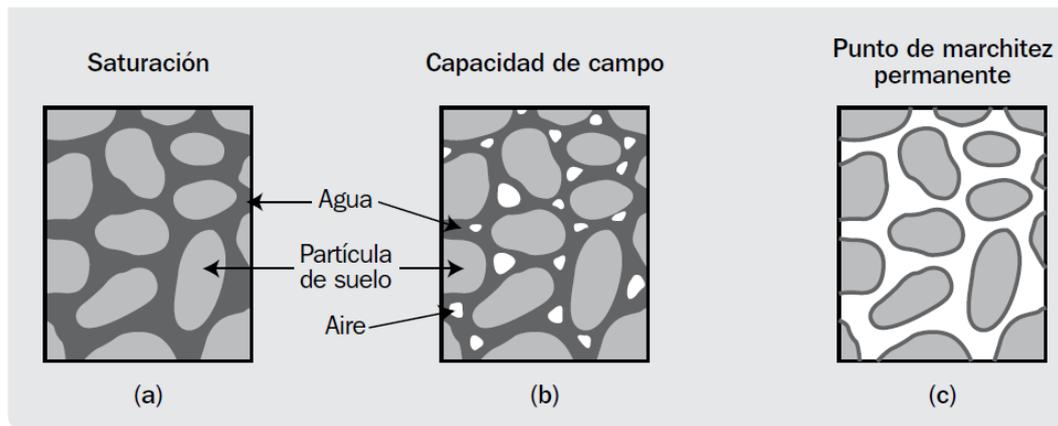


Figura 3. Niveles de humedad del suelo

Fuente: (BROUWER et al., 1985)

2.2.8.3. Estimación de las necesidades de riego

La cantidad de humedad presente en el suelo varía según el tipo de suelo y planta, se la puede representar como la cantidad de agua que entra producto de la lluvia o riego, igual a la cantidad que debido a la evapotranspiración, la escorrentía o filtración, más la variación del contenido de humedad del suelo. La necesidad neta de riego se podrá determinar a partir de la diferencia entre la evapotranspiración producida por la pérdida de agua en el suelo y la planta y, el agua aportada por la lluvia. Esta estimación se la hace asumiendo condiciones perfectas (Fernández Gómez, Ávila Alabarces, et al., 2010).

2.2.8.4. Estrategias de Riego

Las estrategias sirven para decidir los tiempos de riego y la cantidad que se necesita aplicar. Existen varios criterios para la aplicación del riego que se detallan a continuación (Fernández Gómez, Ávila Alabarces, et al., 2010).

1. Aplicar las necesidades brutas de riego cuando el déficit de agua en el suelo (DAS) sea igual al nivel de agotamiento permisible (NAP), ver figura 4.

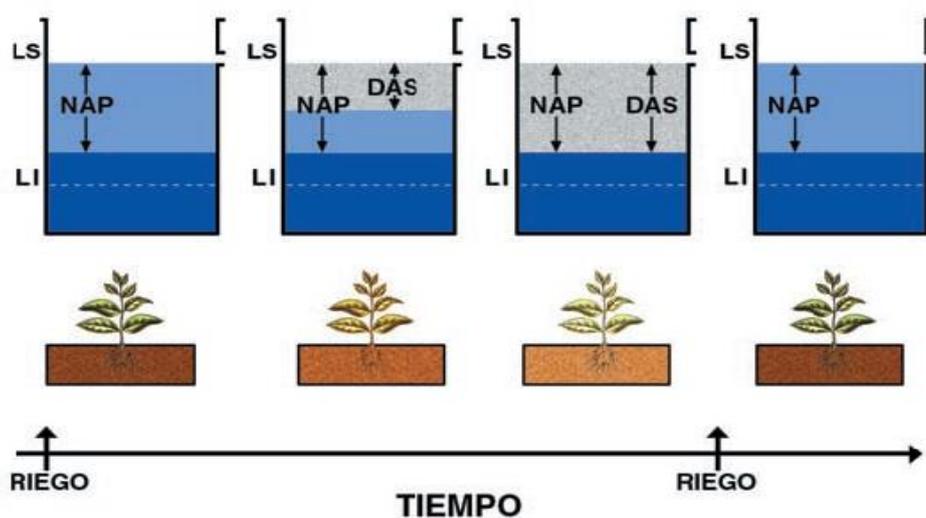


Figura 4. Aplicación según las necesidades brutas cuando el DAS alcance el NAP

Fuente: (Fernández Gómez, Ávila Alabarces, et al., 2010)

2. Tener en cuenta las necesidades brutas de riego antes de que el DAS alcance el NAP, lo que significa un aumento en el número de riegos, ver figura 5.

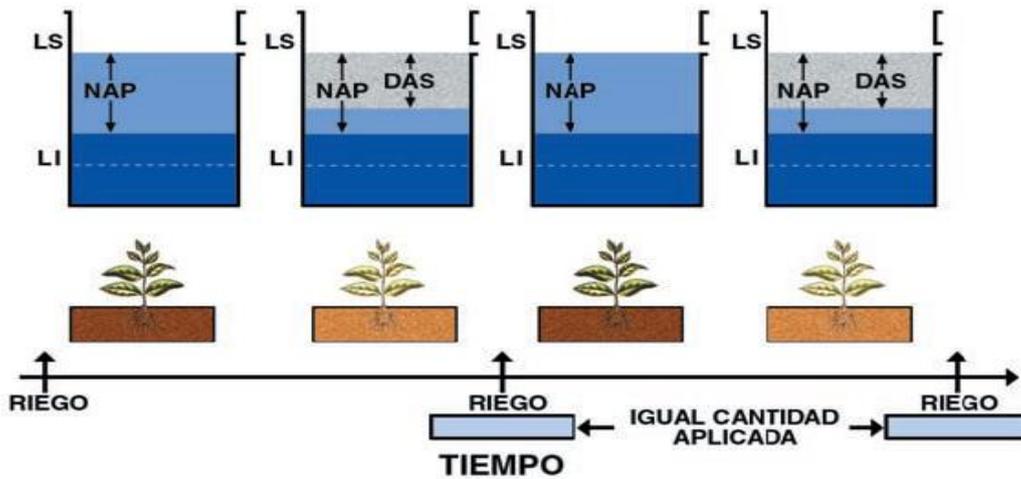


Figura 5. Aplicación fija de la cantidad de agua

Fuente: (Fernández Gómez, Ávila Alabarces, et al., 2010)

- En el caso de tener implementado el sistema de riego por superficie, el riego está organizado por turnos en los que se aplica agua al cultivo cuando lo esté permitido, ver figura 6.

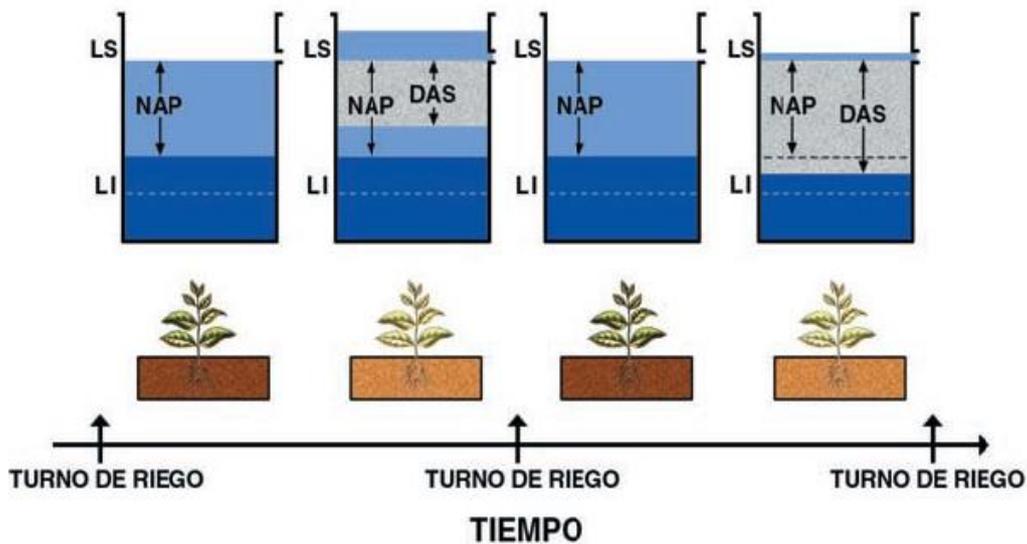


Figura 6. Riego establecido por turnos

Fuente:(Fernández Gómez, Ávila Alabarces, et al., 2010)

2.2.9. Cabezal de Riego

El sistema de riego localizado debe estar a cierta presión para ser transportada y depositada en la planta, por lo que debe pasar por varias etapas a través del cabezal de riego en donde se filtra y trata el agua por medio de los elementos que la componen, posteriormente es llevada por medio de la red de tuberías hacia las diferentes áreas a regar para finalmente ser depositadas a través de los emisores que regulan la caída del agua a las plantas (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).

El cabezal de riego está compuesto por el proceso de filtración, tratamiento, medición y suministro de agua hacia el cultivo.

2.2.9.1. Equipo de bombeo

El equipo de bombeo consta de motor y bomba, el motor puede ser a combustión o eléctrico. Para la bomba existe una gran variedad para cada tipo de agua a utilizar. En esencia el equipo de bombeo es el corazón del sistema de riego, ya que éste impulsa el agua en un tiempo determinado (volumen) con una fuerza x (presión) (Briceño et al., 2012).



Figura 7. Equipo de Bombeo

Fuente: <https://n9.cl/la13p>

2.2.9.2. Sistema de filtrado

El filtro es el componente principal del cabezal de riego, pues en este proceso se pretende eliminar la mayor cantidad de partículas y elementos que se transportan a través del agua que causen taponamiento en cualquier parte de la red de riego principalmente en los emisores. El sistema de filtrado debe tener varias etapas de prefiltrado para evitar limpiezas frecuentes (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).

2.2.9.2.1. Filtro de arena

Se los utiliza para la separación de partículas o elementos sólidos más pesados presentes en el agua, se los utiliza especialmente cuando el agua de donde se extrae no es muy limpia, trabaja bajo el principio de centrifugación. Los filtros de la figura 8, son conocidos también como hidrociclones (Briceño et al., 2012; Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).

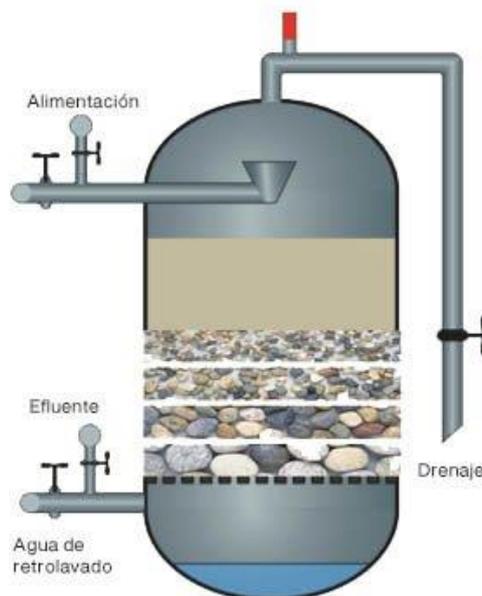


Figura 8. Filtro de capas de grava

Fuente: <https://n9.cl/i1o6u>

2.2.9.2.2. Filtro de malla

Este tipo de filtro es utilizado para la eliminación de sólidos en suspensión. Tiene una malla graduada en MESH que se refiere a la cantidad de orificios por pulgada cuadrada, está fabricada de material no corrosivo (Briceño et al., 2012; Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).



Figura 9. Filtro de malla

Fuente: <https://n9.cl/ba1k>

2.2.9.2.3. Filtro de anillos

Este último filtro se lo utiliza para atrapar sólidos en suspensión, limo, arcilla, etc.; se quedan entre los anillos ranuradas. Son eficientes en el filtrado y muy utilizados en sistemas de riego por goteo (Briceño et al., 2012).

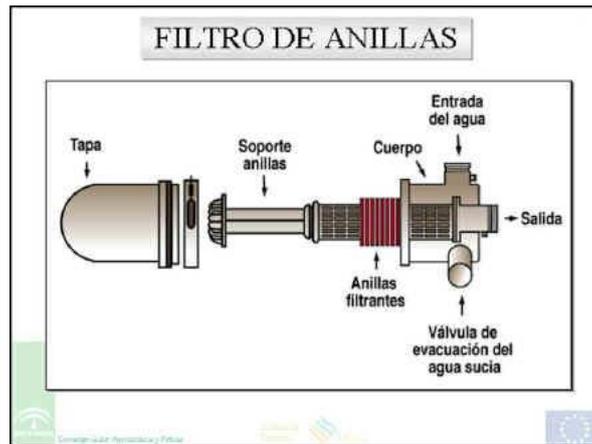


Figura 10. Filtro de anillas

Fuente: <https://n9.cl/i5v9l>

2.2.9.3. Reguladores de Presión

Este elemento es utilizado para regular la presión desde el punto en dónde se lo instale, con el fin de evitar sobrepresiones que causen roturas en las tuberías o en los emisores, la regulación depende de las necesidades, pero está entre los límites de 0.2 a 8 kg/cm². (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010)



Figura 11. Regulador de presión

Fuente: <https://n9.cl/oun04>

2.2.9.4. Válvulas

Estos dispositivos permiten controlar el paso del agua, el caudal en la tubería, también, se puede reducir el caudal y por ende la presión. Ayudan a sectorizar el sistema de riego en las parcelas. Existen diferentes tipos de válvulas con accionamiento manual o automático, como por ejemplo la de compuerta, de bola y mariposa (Briceño et al., 2012).

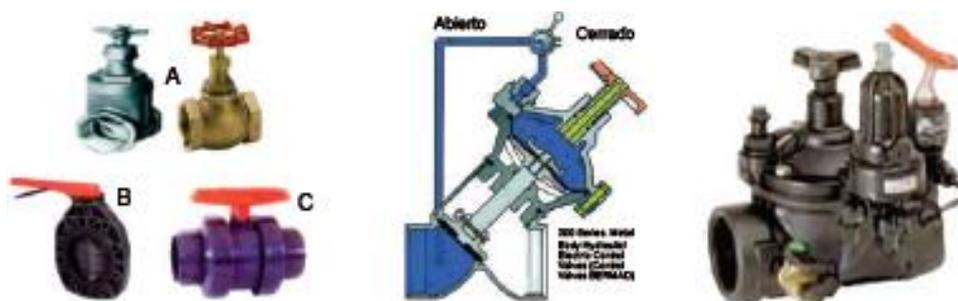


Figura 12. Tipos de válvulas

Fuente: (Briceño et al., 2012).

2.2.9.4.1. Electroválvula

La válvula es accionada por un solenoide (SOV, solenoid-operated valve), este tipo de válvula es controlada mediante señales eléctricas emitidas desde un sistema de control (Emerson Automation Solutions, 2020). Para accionar la válvula eléctricamente se utiliza bobinas de solenoide que siempre están alimentadas para que al momento de existir fallas en la alimentación eléctrica vayan a la posición de seguridad. La electroválvula de un solenoide tiene retorno por muelle al ser des excitadas, se las denomina monoestable. Por otro lado, las electroválvulas de dos solenoides cambian de una posición a otra mediante una señal eléctrica de impulsos a la bobina, por lo que no es necesario excitar de manera permanente a la bobina (Creus Solé, 2012).



Figura 13. Válvula Solenoide

Fuente: <https://n9.cl/vooy>

2.2.9.5. Red de distribución

Está formada por tuberías que transportan el agua filtrada hacia diferentes puntos de la parcela, tiene distintos accesorios que dan forma a la red de tuberías para acoplarla al área donde se va a dar riego. La tubería que sale del cabezal se denomina tubería principal, de esta se derivan líneas secundarias que dependen del criterio técnico, la superficie del terreno y del cultivo, sirven para abastecer cada unidad de riego. La tubería terciaria es en donde se encuentran los emisores para el riego localizado, denominado subunidad de riego (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).

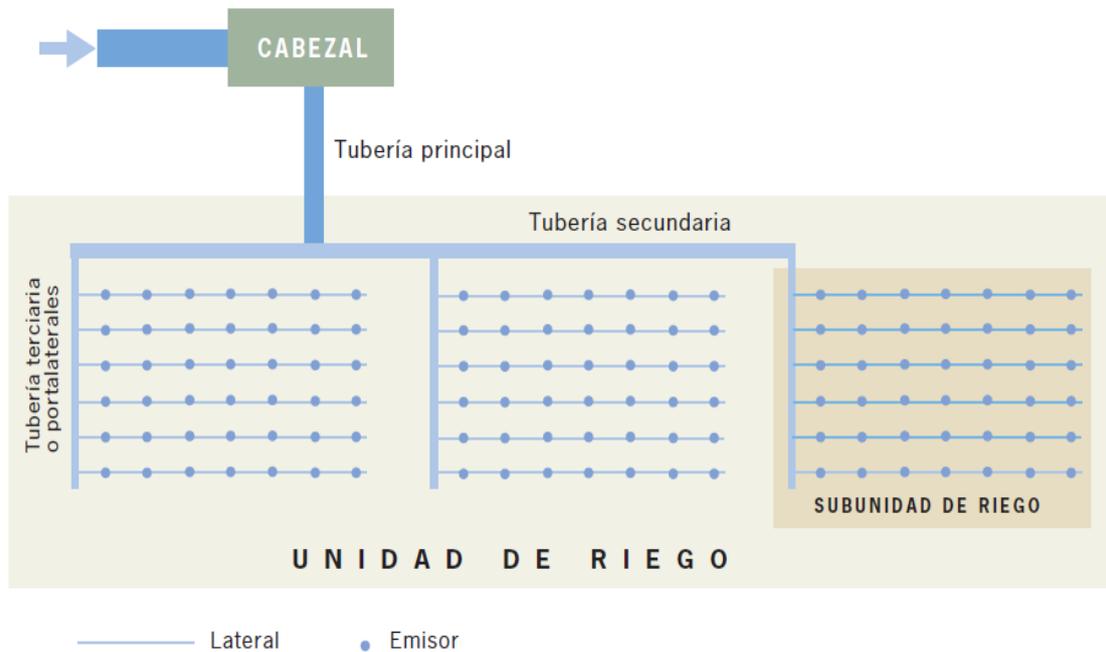


Figura 14. Red de Distribución

Fuente: (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010)

2.2.9.6. Emisores

Estos elementos están situados a cierta distancia una de otra y controlan la salida de agua hacia el cultivo de manera discreta formando un bulbo húmedo. Los emisores deben cumplir requisitos aunque no se requiera todos a la vez, por ejemplo deben ser de buena calidad relacionado directamente con el precio, deben suministrar un caudal uniforme, ser poco sensible a obturaciones, debe resistir a las condiciones de trabajo por ende debe tener uniformidad en su fabricación, y la más importante, debe ser de fácil instalación (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).

2.2.9.6.1. Goteros

Los emisores tipo gotero se colocan en las tuberías laterales, los goteros disipan la presión lo que causa que el agua salga sin velocidad, con una presión próxima a 1 “kilo”, este efecto se produce debido a que en si interior se encuentra un ducto ondulado o sinuoso,

parecido a un laberinto, causando que el agua gotee. De acuerdo con la forma en que se colocan se clasifican en (Briceño et al., 2012; Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010):

- **Insertados o interlinea:** se corta la tubería y se empalma por ambos lados.
- **Pinchados:** se perfora un orificio en la tubería y se lo inserta
- **Integrados:** se ubica en la tubería en el proceso de fabricación.
- **Cinta de riego:** es una tubería de paredes delgadas con orificios en la misma cinta o goteros termo soldados en su interior.



Figura 15. Tipos de Goteros

Fuente: <https://n9.cl/cfnvs>

2.2.9.6.2. Microaspersores y difusores

Este tipo de emisores distribuyen el agua en forma de lluvia fina, en general mojan una superficie radial entre 3-4 metros, trabajan a presiones de alrededor de 2 “kilos”. Los microaspersores son más utilizados para el riego agrícola específicamente las bailarinas.

Por otro lado, los difusores se aplican para jardines o cultivos bajo plástico, invernaderos o semilleros (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010).



Figura 16. Microaspersores

Fuente: <https://n9.cl/m9qt>

2.2.9.6.3. Tuberías emisoras

Aplican agua de manera simultánea por los orificios realizados al momento de su fabricación o a través de la pared porosa que presentan. Este sistema se utiliza en cultivos estrechos o en cultivos lineales que necesitan una banda continua de humedad. Existe diversas tuberías emisoras entre las más utilizadas están (Fernández Gómez, Yruela Morillo, et al., 2010):

- **Tubería perforada:** se realizan orificios espaciados regularmente, trabajan a presiones de aproximadamente 1 “kilo”, y el agua puede salir en forma de gotas o chorro.
- **Tubería goteadora:** tiene tres partes: el tubo por el cual se traslada el agua y un laberinto en el cual se disipa la presión y causa que el agua salga a manera de gotas.

- **Tubería porosa o exudante:** presenta un material poroso por el cual el agua sale hacia el suelo, trabaja a presiones bajas entre 0.2-0.3 “kilos”, pero la banda de humedad es completamente continua.



Figura 17. Tubería emisora

Fuente: <https://n9.cl/dei2c>

2.2.10. Tecnología Arduino

Es una plataforma electrónica de libre distribución y utilización con código abierto para la creación de prototipos, cambiando constantemente de acuerdo con las necesidades y desafíos de los usuarios. Esta plataforma surgió en el Ivrea Interaction Design Institute. Arduino ha sido utilizado para la creación de miles de proyectos cotidianos hasta la creación de instrumentos con alta complejidad; esta comunidad está conformado por una diversidad de creadores a nivel mundial (Arduino, 2021a).

La placa Arduino es capaz de leer entradas como señales enviadas por un sensor, el accionamiento de un botón, etc., y realizar acciones de salida como la activación de un motor, el encendido de un LED, la impresión de mensajes; estas actividades son posibles realizarlas por medio de lenguaje de programación Arduino, que está basado en Wiring (basado en cableado) y el Software Arduino (IDE), basado en Processing (basado en el procesamiento) (Arduino, 2021a).

Ventajas

- Las placas Arduino resultan económicas en comparación a otro tipo de microcontroladores.
- Multiplataforma, el software Arduino (IDE) es libre para Windows, Macintosh OS X, y Linux.
- Entorno de programación simple y claro para usuarios principiantes y flexible para acoplarse a las necesidades de usuarios avanzados.
- Software de código abierto y extensible, se puede añadir bibliotecas de C++, usar lenguaje de programación AVR C en el que se basa Arduino.
- Hardware de código abierto y extensible, cualquier persona dedicada al diseño de circuitos pueden crear sus propios módulos ampliarlos y mejorarlos.

2.2.11. HMI “Interfaz Hombre – Máquina”

El HMI es una herramienta utilizada para facilitar la comunicación entre el usuario y los procesos o sistemas realizadas por una máquina. Es un software que contiene los elementos y objetos de manera animada, de un proceso determinado, su visualización es por medio de paneles para operadores o por computadoras tradicionales (Rodriguez de Avila, 2012). Las funciones que realiza el HMI son:

- Monitoreo: muestra en tiempo real gráficas, textos o números que representan variables de la planta y que el operador pueda comprender el estado de ésta.
- Supervisión: se puede ajustar o controlar las condiciones de la planta desde un computador.

- Alarmas: reconoce y reporta eventos imprevistos que suceden durante los procesos, estos parámetros están preestablecidos por los encargados.
- Control: se pretende reducir la acción humana en la toma de decisiones, mejorando la capacidad de aplicar algoritmos que acondicionen los valores a los límites permitidos.
- Histórico: es posible almacenar datos de procesos, archivos con información a determinada frecuencia. Esta función permite analizar, corregir y optimizar los procesos.



Figura 18. Módulo HMI

Fuente: <https://n9.cl/az07e>

2.2.12. Efecto Hall

Los sensores de efecto Hall miden la fuerza y la polaridad del campo magnético. Los sensores de efecto Hall con posición rotativa o lineal incluyen al menos un dispositivo Hall, un imán de posición y circuitos electrónicos relacionados. El voltaje de salida de los elementos de detección de efecto Hall es relativamente bajo, por lo que es necesario implementar un amplificador para aumentar el voltaje de la señal. Los sensores de efecto

Hall de un solo elementos se ven seriamente afectados en el rendimiento debido a la presencia del voltaje de compensación y la sensibilidad a la temperatura. La salida del voltaje varía a medida que varía la distancia entre el dispositivo Hall y el imán de posición, provocado por el cambio de la intensidad en el campo magnético en el dispositivo Hall (Nyce, 2016).

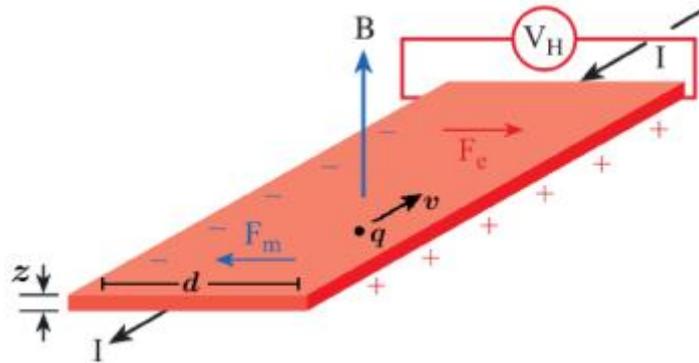


Figura 19. Efecto Hall en un conductor

Fuente: (Houari, 2007).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA

3.1.Descripción

El presente trabajo es de tipo experimental, como primer paso se realizó una revisión bibliográfica previa para obtener datos e información, por medio de libros, revistas, publicaciones electrónicas, etc., también, se utilizó softwares libres para el desarrollo de la parte experimental. El proceso experimental se lo realizó en un área de 30 x 15 m., que representa la tercera parte del invernadero en el que se realizará la parte experimental del trabajo.

3.1.1. Revisión bibliográfica

El propósito de la revisión bibliográfica es profundizar el trabajo de investigación mediante libros, bases bibliográficas, revistas, trabajos previos, publicaciones, etc., con el fin de orientar el trabajo y respaldar el proceso experimental. mediante la comprobación y justificar la implementación del sistema.

3.1.2. Aplicación de campo

El trabajo de campo pretende comprobar lo anteriormente indagado mediante la experimentación para justificar el trabajo de tesis. La naturaleza de la investigación precisa realizar pruebas experimentales para validar el funcionamiento de los elementos y cumplir con los objetivos.

3.2.Localización Geográfica de la Plantación de Rosas

La plantación se encuentra ubicado en la comunidad “Cuniburo” de la parroquia Cangahua, cantón Cayambe en la provincia de Pichincha.

Cangahua está ubicada al sureste del cantón Cayambe, a una altitud de 3186 msnm y una temperatura entre 4°C y 8°C. En la siguiente imagen se puede observar la ubicación de la plantación.



Figura 20. Vista satelital de la plantación del señor Bolívar Quishpe

Fuente: Autor

3.3.Descripción General

El sistema tiene como objetivo automatizar el sistema de riego basado en el monitoreo de la humedad del suelo, con el fin de evitar el desperdicio de líquido y evitar daños en el cultivo, específicamente en la rosa tipo PINK FLOYD, necesidades que tiene el usuario final; el dispositivo cuenta con una unidad central de procesamiento de datos, un sensor de humedad de suelo, una pantalla GLCD.

3.4.Requerimientos

Las necesidades que debe satisfacer el proyecto son:

- Medir la humedad del suelo de manera eficiente.
- Fácil calibración del sensor.
- Visualizar los datos en una pantalla.
- Fácil manipulación del sistema con el usuario.
- Mantener los circuitos libres de corrosión, para mayor durabilidad.
- Manual de mantenimiento y manejo del sistema.
- Proporcionar salidas de control para futuras expansiones al sistema.
- Control de humedad del suelo en las rosas tipo Pink Floyd.

3.5.Recursos disponibles para la realización del proyecto

Para el desarrollo del trabajo se dispone de la tercera parte del invernadero. El área total de la florícola es de 2500 m², la cual está dividida en 3 secciones, cuentan con aproximadamente 4 variedades de rosas. A continuación, se muestra el croquis de la plantación. El tipo de rosas a la que se va a monitorear la humedad del suelo es Pink Floyd por criterio del usuario final, debido a que esta variedad requiere de mayor cuidado.

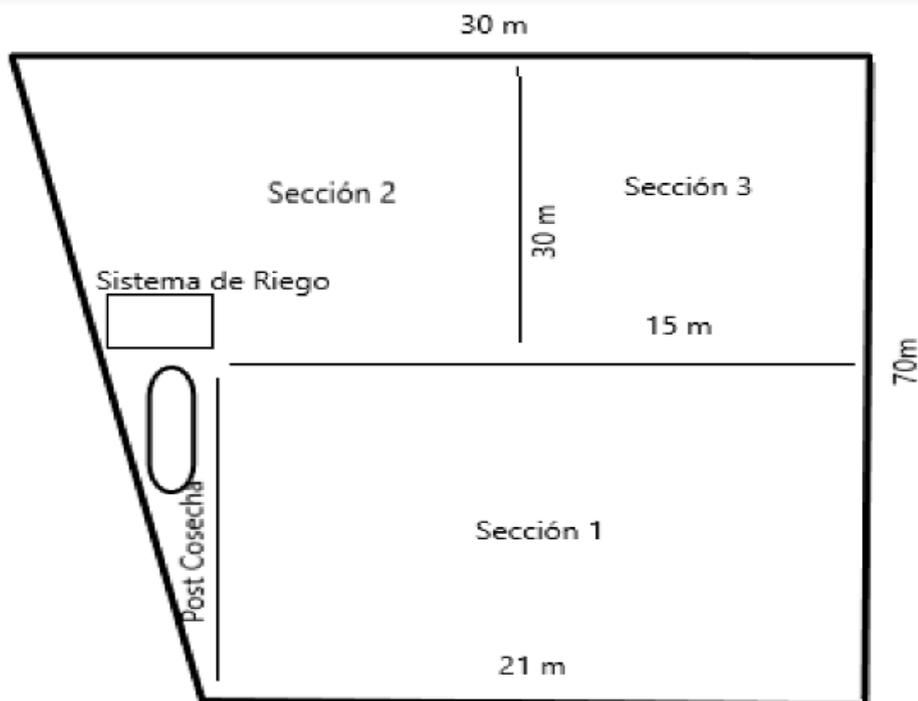


Figura 21. Croquis de la finca del señor Bolívar Quishpe

Fuente: Autor

3.6. Tipo de riego que se encuentra implementado

El sistema de riego implementado en el invernadero es riego por goteo, este tipo de sistema denominado riego localizado tiene una alta eficiencia pues el agua llega de forma directa a la raíz sin generar desperdicios de líquido y con buena adaptabilidad a todo tipo de superficies.

3.6.1. Partes del riego por goteo

- Tanque: es el lugar donde se almacena el agua para usarla de acuerdo con las necesidades.
- Bomba de agua: se tiene una electrobomba para impulsar el agua hacia todas las secciones del invernadero.

- Cabezal de riego: se tiene diferentes filtros para evitar posteriores taponamientos que dañen la bomba, obstruyan las tuberías o goteros.
- Tuberías: existen dos redes la principal que transporta el agua desde el tanque hacia los diferentes bloques y la línea secundaria son las que están en el interior de cada bloque.
- Válvulas: permiten abrir o cerrar el paso de agua hacia las diferentes secciones del invernadero.
- Goteros: permiten el suministro de agua hacia la raíz de la planta en forma de gota.

3.7. Materiales de la red de distribución que cuenta la florícola

3.7.1. Electrobomba de doble voltaje 110/220V

Modelo: ACm150B2

Potencia: 2.0 hp

Corriente nominal: 20/10 A

Caudal: 100-500 l/min

Frecuencia: 60 Hz

3.7.2. Tubería principal

La red principal es de 50 mm de diámetro, que inicia desde el tanque de reserva hacia cada sección del invernadero.

3.7.3. Tubería secundaria

La tubería secundaria que está en las camas de cada sección es de 12 mm de diámetro.

3.7.4. *Número de válvulas en cada sección*

Cada sección cuenta con 1 válvula de 1 1/2 pulgadas, permite el paso de agua para todas las camas que tiene la sección.

3.7.5. *Número de camas por válvula*

Válvula sección 1: 16 camas

Válvula sección 2: 15 camas

Válvula sección 3: 14 camas

3.7.6. *Largo de cada cama*

Cada cama tiene un largo de 30 metros desde el camino principal hasta el extremo.

3.7.7. *Gotero*

Tipo de gotero: pinchados

Espacio entre goteros: 45 cm

3.8. Diagrama de bloques



Figura 22. Diagrama de bloques del Sistema

Fuente: Autor

3.9. Matriz morfológica

En la tabla 1, se observa las diferentes alternativas de soluciones para el desarrollo del sistema de riego automatizado.

Tabla 1. *Matriz Morfológica*

<i>Componentes</i>	<i>Alternativas</i>
<i>Medición de humedad del suelo</i>	El Sensor de humedad de suelo capacitivo v1.2 Sensor de humedad del suelo resistente a corrosión Higrómetro Sensor de humedad del suelo SHT-10
<i>Tarjeta de procesamiento de datos</i>	Arduino Mega 2560 rev3 Arduino UNO
<i>Indicador local</i>	Pantalla GLCD 128x64 LCD 20x4

Fuente: Autor

Solución A, línea amarilla: Para esta alternativa la lectura de datos del sensor es de tipo analógica, el procesamiento de los datos se lo realiza mediante la placa Arduino UNO porque no existe gran consumo de memoria tanto del sensor como de la pantalla, el indicador de datos es una pantalla LCD de tamaño 20x4, según los datos enviados por el sensor se activará dos actuadores, para lo cual se dispone de dos relés con optoacoplador que permitirán el accionamiento.

Solución B, línea verde: La lectura de datos de este tipo de sensor es analógica o digital, ideal para ambientes húmedos; para este sistema se usará datos de tipo analógico,

la impresión de datos es por medio de una pantalla GLCD 128x64, el procesamiento de datos se realiza con Arduino Mega 2560 rev3 ya que existe mayor consumo de memoria por la pantalla. Al igual que la anterior alternativa los datos enviados por el sensor determinará el accionamiento o no de los actuadores por medio de relés.

Solución C, línea azul: Se usa un sensor más robusto con un precio elevado lo que resulta algo sobredimensionado para la función y lugar donde se implementará el sistema, envía lecturas de tipo analógicas; la impresión de los datos es en la GLCD 128x64, el procesamiento de datos es en un Arduino Mega, al igual que las otras alternativas cumple la misma función de activar los actuadores por medio de relés.

Las especificaciones de los elementos descritos en la matriz morfológica se encuentran en los anexos B, D y F. Con la información recolectada se podrá realizar la selección de alternativas mediante el método de criterios ponderados.

3.10. Selección de alternativas

Para realizar la selección de la mejor alternativa se utilizará el método de criterios ponderados donde se analizará la solución con relación a los criterios. La comparación se la hace mediante tablas donde se asignan los siguientes valores:

- 1: si el criterio de las filas es superior que el de las columnas
- 0.5: si los criterios de las filas y columnas tienen la misma importancia
- 0: si los criterios de las columnas son superiores que los de la fila

Una vez valorado cada criterio se suma y se añade una unidad con el fin de evitar que exista algún criterio con valor nulo. En otra columna se calcula los valores para cada criterio.

Los criterios que se consideran en esta investigación son:

- **Vida útil:** se considera la expectativa de vida que tienen los componentes.
- **Costo:** valor económico de cada elemento
- **Fiabilidad de la medición:** se toma en cuenta la precisión del sensor
- **Procesamiento de datos:** capacidad de memoria de la tarjeta

3.10.1. Evaluación del peso específico para cada Criterio

Tabla 2. *Evaluación del peso específico para cada Criterio*

Criterio	Vida útil	Costo	Fiabilidad de la medición	Procesamiento de datos	$\Sigma + 1$	Ponderación
Vida útil	-	0.5	0	0.5	2	0.2
Costo	0.5	-	0.5	0.5	2.5	0.25
Fiabilidad de la medición	1	0.5	-	1	3.5	0.35
Procesamiento de datos	0.5	0.5	0	-	2	0.2
Suma					10	1

Fuente: Autor

Según los resultados obtenidos en la tabla 2, sobre la evaluación del peso específico de cada criterio se determinó que el criterio de fiabilidad de la medición tiene mayor ponderación, seguido se encuentra el criterio de costo y por último el criterio de vida útil y procesamiento de datos tienen la misma ponderación.

3.10.2. Evaluación del Peso Específico del Criterio Vida Útil

Tabla 3. *Evaluación del peso específico del criterio Vida útil*

Vida útil	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A	-	0	0	1	0.167
Solución B	1	-	0	2	0.333
Solución C	1	1	-	3	0.5
			Suma	6	1

Fuente: Autor

En la tabla 3, se evalúa el peso específico del criterio de vida útil de cada una de las alternativas de solución obteniendo como resultado que la solución C tiene mayor ponderación con relación a las soluciones A y B, esto quiere decir que la solución C presenta una mejor vida útil.

3.10.3. Evaluación del Peso Específico del Criterio Costo

Tabla 4. *Evaluación del peso específico del criterio Costo*

Costo	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A	-	0	1	2	0.333
Solución B	1	-	1	3	0.5
Solución C	0	0	-	1	0.167
			Suma	6	1

Fuente: Autor

En la tabla 4, la evaluación del peso específico del criterio costo, indica que la solución B es la más idónea con relación a la solución A y C, que tienen menor puntuación respectivamente.

3.10.4. Evaluación del Peso Específico del Criterio Fiabilidad en la Medición

Tabla 5. *Evaluación del peso específico del criterio Fiabilidad en la medición*

Fiabilidad de la medición	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A	-	0	0	1	0.167
Solución B	1	-	0.5	2.5	0.416
Solución C	1	0.5	-	2.5	0.416
			Suma	6	1

Fuente: Autor

Los resultados que se obtiene de la tabla 5, muestra que la alternativa A es la menos idónea para el criterio de fiabilidad en la medición, por otro lado, la alternativa B y C tienen la misma ponderación.

3.10.5. Evaluación del Peso Específico del Criterio Procesamiento de Datos

Tabla 6. *Evaluación del peso específico del criterio Procesamiento de Datos*

Procesamiento de datos	Solución A	Solución B	Solución C	$\Sigma + 1$	Ponderación
Solución A	-	0	0	1	0.167
Solución B	1	-	0.5	2.5	0.416
Solución C	1	0.5	-	2.5	0.416
			Suma	6	1

Fuente: Autor

De la tabla 6, podemos deducir que para el criterio de procesamiento de datos las soluciones B y C son adecuadas ya que tienen el mismo valor de ponderación y son mayores con relación a la solución A.

3.10.6. Cálculo de la Tabla de Conclusiones

Tabla 7. *Cálculo de la tabla de conclusiones*

Conclusiones	Vida útil	Costo	Fiabilidad de la medición	Procesamiento de datos	Σ	Prioridad
Solución A	0.02783	0.056	0.02783	0.02783	0.139	3
Solución B	0.056	0.083	0.0693	0.0693	0.278	1
Solución C	0.083	0.02783	0.0693	0.06693	0.247	2

Fuente: Autor

Con los datos obtenidos de cada tabla en función de los diferentes criterios para cada solución, la tabla 7 demuestra que la solución B tiene mayor prioridad, seguida de la solución C y por último esta la solución A. demostrando así que la solución B es la óptima para este trabajo.

3.11. Descripción de componentes

3.11.1. Descripción de Arduino MEGA



Figura 23. Placa Arduino MEGA

Fuente: (Arduino, 2021b)

Arduino MEGA es un microcontrolador basado en el ATmega2560. Consta de 54 pines e/s digitales de los cuales 15 pueden ser utilizados como salidas PWM, 16 entradas analógicas, 4 UART (puestos serie de hardware), un cabezal ICSP y un botón de reinicio. En la tabla 8, se detalla las especificaciones técnicas del Arduino MEGA, ver anexo F.

Tabla 8. *Especificaciones técnicas Arduino MEGA*

Microcontrolador	ATmega2560
Tensión de funcionamiento	5V
Voltaje de entrada (recomendada)	7-12V
Voltaje de entrada (límite)	6-20V
Pines de E/S digitales	54(15 salidas PWM)
Pines de entrada analógicas	16
Corriente cc por pines de E/S	20mA
Corriente cc para pin de 3.3V	50mA
Memoria flash	256KB, 8 KB utilizado para gestor de arranque
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
Velocidad de reloj	16 MHz
LED_BUILTIN	13

Fuente (Arduino, 2021b)

3.11.2. Descripción Sensor humedad del suelo resistente a la corrosión

Este tipo de sensor está diseñado para controlar la humedad del suelo, el cuerpo del sensor tiene la capacidad para resistir la oxidación y alargar la vida útil con relación a otro tipo de sensores.

El sensor cuenta con una sonda de dos terminales metálicas y un módulo que trata los datos y entrega una salida de tipo analógica o digital, ver anexo B. En caso de que el

módulo entregue valores analógicos irán desde 0 que representaría al sensor sumergido en agua o suelo húmedo, a 1023 que indicaría que el sensor está en el aire o que el suelo este seco.

En la tabla 9, se destalla las principales características.

Tabla 9. *Sensor humedad del suelo HD-38*

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

Fuente: (Ferretrónica, 2021)



Figura 24. Sensor humedad del suelo HD-38

Fuente: (Ferretrónica, 2021)

3.11.3. Descripción GLCD 128x64

Pantalla de cristal 128x64 líquido para impresión de caracteres alfanuméricos. Placa interactiva con Arduino. Posee una pantalla retroiluminada, control en paralelo o serie. Ver anexo D.

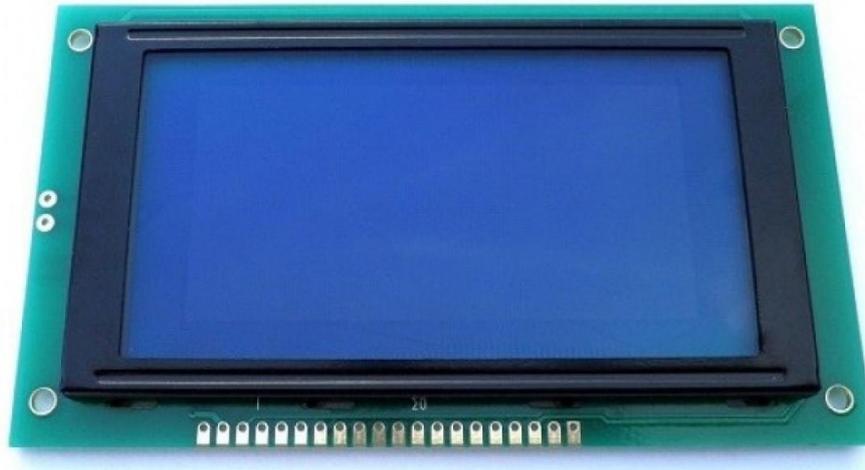


Figura 25. GLCD 128 x 64

Fuente: (ElectroStore, 2019)

En la siguiente tabla 10, se detalla las especificaciones técnicas.

Tabla 10. Especificaciones GLCD 128x64

Voltaje de alimentación	4.5 – 5.5 VCD
Microcontroladores	ST7920
Resolución	128 x 64
Pantalla de color	Azul con caracteres blancos
Angulo de visión	170 grados
Módulo CD	STN
Dimensiones	93 x 86 x 19mm
Peso	83 g

Fuente: (ElectroStore, 2019)

3.11.4. Descripción Sensor de flujo YF-S201

Instrumento para la medición de caudal, implementado en este proyecto para conocer si hay flujo o no por la tubería antes de accionar la bomba de agua, con el fin de evitar daños por carencia de agua al sistema de riego. Este tipo de sensor se lo ubica directamente en la tubería. El sensor de flujo de 1/2" YF-S201 mide el caudal de agua en tuberías de 1/2" de diámetro. El sensor posee tres cables: rojo (Vcc: 5vdc), negro(tierra) y amarillo (salida de pulsos del sensor de efecto hall), ver anexo G.



Figura 26. Sensor YF-S201

Fuente: (Naylamp-Mechatronics-SAC, 2021)

En la tabla 11 se detalla las especificaciones técnicas del sensor de flujo YF-S201

Tabla 11. Especificaciones técnicas del sensor YF-S201

Modelo	YF-S201
Voltaje de operación	5 – 18 VDC
Consumo de corriente	15 mA (5V)
Capacidad de carga	10 mA (5V)
Salida	Onda cuadrada pulsante
Rango de flujo	1-30 L/min
Volumen promedio por pulso	2.25 mL

Pulsos por litro	450
Factor de conversión	7.5
Rosca externa	1/2 " NPS
Presión de trabajo máx.	1.75 MPa (17 bar)
Temperatura de funcionamiento	-25°C – 80°C

Fuente: (Naylamp-Mechatronics-SAC, 2021)

3.11.5. Electroválvula solenoide 1 ½ " S390-2W

El solenoide compacto es diseñado para controlar el sistema de irrigación por medio de controladores. El solenoide funciona con corriente alterna, también puede adaptarse uno de corriente continua.



Figura 27. Electroválvula S390-2W

Fuente: (Riego Ecuador, 2021)

En la tabla 12 se detalla las especificaciones técnicas de la electroválvula S390-2W

Tabla 12. *Especificaciones técnicas de Electroválvula S390-2W*

Marca	Cepex / Bermad
Rosca	1 ½
Fuente eléctrica	24 VAC

Fuente: (Riego Ecuador, 2021)

3.11.6. Transformador

Para este proyecto es necesario la aplicación de un transformador, en este caso sirve para disminuir el voltaje de 120 VAC de entrada a 24 VAC de salida, que es el voltaje que necesita el solenoide para su activación.



Figura 28. Transformador 120 vac – 24 vac,

Fuente: (Climasmonterrey, 2021)

3.11.7. Gabinete para conexiones eléctricas

Para el proyecto se utilizó un gabinete de 50x40 para las conexiones de todo el sistema, tanto de la parte de potencia como la de control donde estará ubicado el controlador y la pantalla GLCD.



Figura 29. Gabinete metálico 50x40

Fuente: (MAZ-EN-LINEA, 2021)

CAPÍTULO IV

4. INGENIERÍA DEL PROYECTO

En este capítulo se desarrollará el proceso de implementación del proyecto, desde la conexión de los dispositivos a la placa, la programación de los sensores y actuadores que previamente fueron seleccionados, la elaboración de carcasas para la protección de la parte electrónica del proyecto y, por último, las pruebas de funcionamiento en el invernadero.

4.1. CONEXIÓN DE SENSORES Y ACTUADORES A LA PLACA

En este apartado se realizó el diagrama de conexión de los diferentes elementos que se implementarán en el proyecto en la parte de control. Se hace uso de un simulador de circuitos denominado fritzing, en la figura 30 se observa de manera esquemática la conexión. Diagrama eléctrico del sistema de control, ver anexo L.

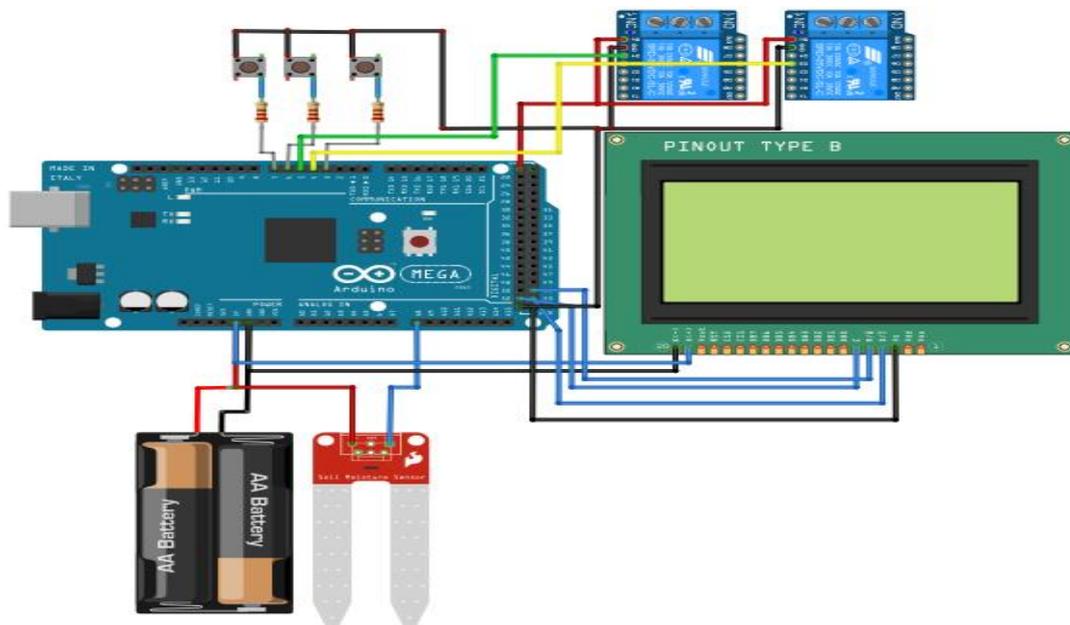


Figura 30. Diagrama de conexión del sistema de control del proyecto

Fuente: Autor

4.2.PROGRAMACIÓN

Para el correcto y eficiente desarrollo de la programación se realizó un diagrama de flujo y pseudocódigo, con el fin de explicar los distintos pasos que va a realizar el programa.

En la figura 31, observamos el diagrama de flujo que permite una mejor comprensión al ser humano y luego ser llevado a código de programación.

4.2.1. Diagrama de flujo

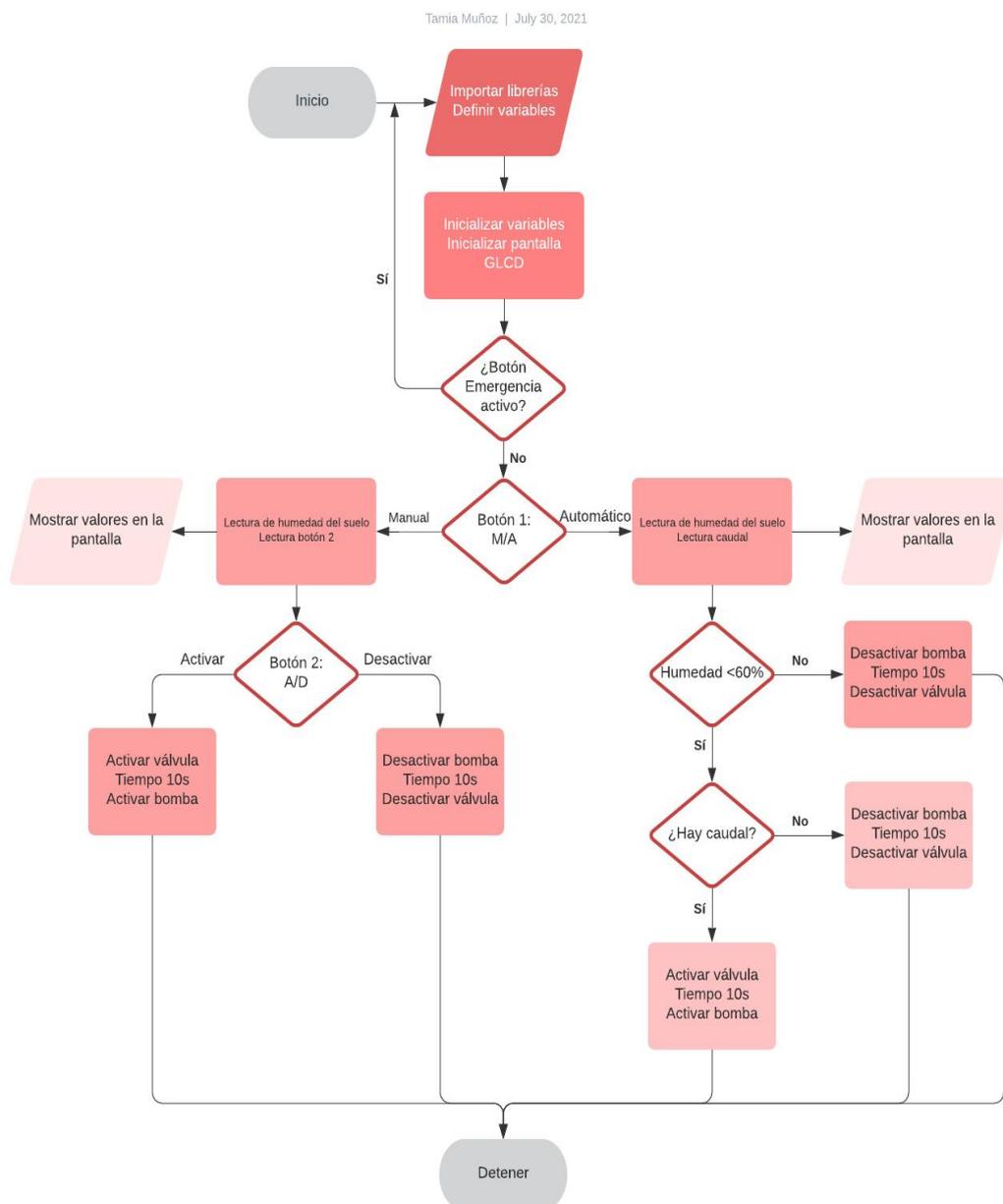


Figura 31. Diagrama de flujo

Fuente: Autor

4.2.2. Algoritmo 1: Programa principal

En este algoritmo declaramos el orden de prioridad dentro del programa general para ejecutar los siguientes algoritmos, siguiendo el orden del diagrama de flujo (Figura 31).

Inicio

Paso 1: ¿Está activo el paro de emergencia?

Paso 2: Ejecutar algoritmo 2

Paso 3: Ejecutar algoritmo 3

Paso 4: Ejecutar algoritmo 4

Fin

4.2.3. Algoritmo 2: Pantalla GLCD

En este segmento se inicializa la pantalla GLCD y ver el estado del botón de paro de emergencia. Anexo H pseudocódigo de impresión de datos.

Inicio

Paso 1: ¿Está activo el paro de emergencia?

Paso 2: Si no está activo el paro de emergencia se realiza el algoritmo 3 caso contrario indica el mensaje de error

Paso 3: Activa la pantalla GLCD e indica una portada

Paso 4: Ejecutar bucle que lee estado del botón 1 que indica si el sistema está en modo manual o automático

Paso 5: Ejecuta algoritmo 3 o 4

Fin

4.2.4. Algoritmo 3: Modo Manual

El algoritmo permite el manejo del sistema de manera manual, es decir, activar o desactivar el riego de acuerdo con las necesidades del usuario final. Se puede revisar a detalle el pseudocódigo en el anexo I.

Inicio

Paso 1: Si está en modo manual se imprime el valor de humedad en la pantalla y lee el estado del segundo botón que activa o desactiva el sistema de riego

Paso 2: Si activa el riego se prende primero la válvula

Paso 3: Espera un determinado tiempo

Paso 4: Prender la bomba

Paso 5: Si no activa el sistema, se desactiva primero la bomba posteriormente la válvula.

Paso 6: Ejecutar algoritmo 2

Fin

4.2.5. Algoritmo 4: Modo automático

En este segmento para el manejo automático del sistema se requiere de la adquisición de datos del sensor de humedad del suelo y de caudal, para determinar según las líneas de código si es necesario o no activar el sistema de riego, más a detalle revisar el anexo J.

Inicio

Paso 1: Si está en modo automático, lee estado del sensor de humedad y caudal, luego se imprime el valor de humedad en la pantalla.

Paso 2: Si la humedad es mayor a 60% no activa el sistema de riego

Paso 3: Si la humedad del suelo es menor a 60% y no hay caudal

Paso 4: No activa el sistema de riego, como medida de protección para la bomba de agua

Paso 5: Si la humedad del suelo es menor a 60% y hay caudal, activa el sistema de riego activando primero la válvula, esperar un tiempo y por último activar la bomba de agua.

Paso 4: Ejecutar algoritmo 2

Fin

En el anexo R se muestra el código realizado en Arduino.

4.3. ESTRUCTURA DE PROTECCIÓN

Se implementó una carcasa para alojar la placa Arduino Mega, un cuadro para la pantalla GLCD y una base para el módulo de relés como medida de protección para prolongar la vida útil de los componentes debido a que el ambiente en el invernadero es húmedo y provoca corrosión en los componentes electrónicos. Se detalla una tabla 13, con las piezas diseñadas para la protección. Todas las piezas se realizaron mediante impresión 3D usando material de tipo PLA.

Tabla 13. *Piezas para protección*

Pieza	Cantidad
Base para Arduino mega	1

Tapa para Arduino mega	1
Cuadro para pantalla	1
Base relés	1
Protección módulo sensor de humedad del suelo	2

Fuente: Autor

4.3.1. Base Arduino Mega

La base, es un cuerpo sólido en donde se alojará la tarjeta electrónica, tiene extensiones en cada una de las esquinas para sujetar la carcasa al doble fondo del gabinete.

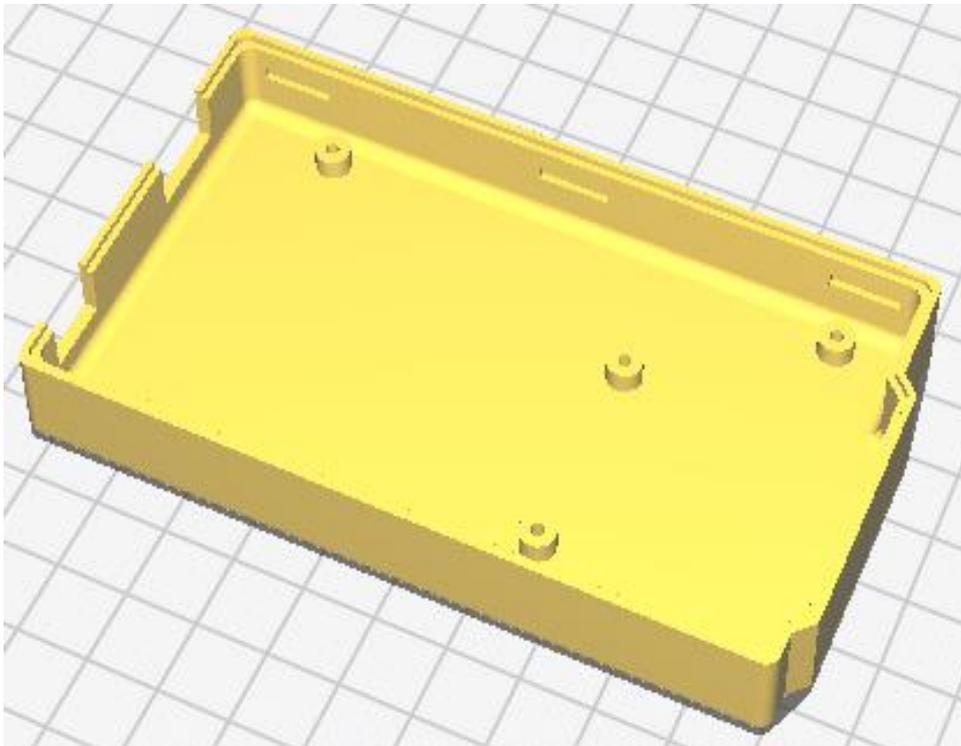


Figura 32. Base para Arduino Mega

Fuente: Autor

4.3.2. Tapa Arduino Mega

La parte superior de la carcasa es la tapa que cuenta con las respectivas ranuras para acceder a los pines de la placa, cuenta con perforaciones para ajustar la tapa a la base.

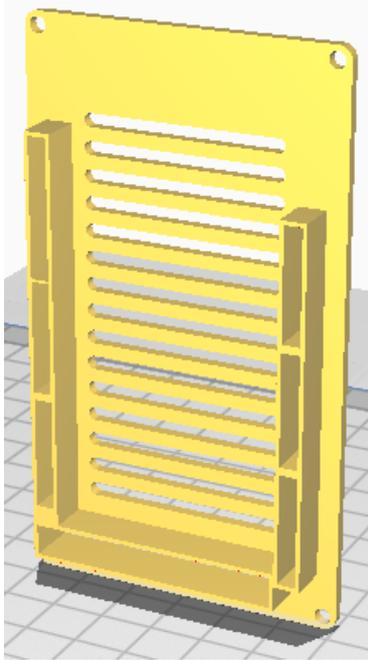


Figura 33. Tapa para Arduino Mega

Fuente: Autor

4.3.3. Cuadro de pantalla GLCD

Se diseñó un recuadro para alojar la pantalla GLCD como medida de protección y estética para colocarla en la parte frontal del gabinete.

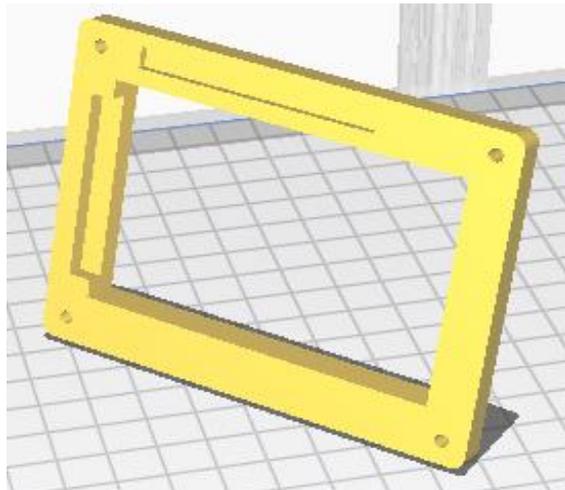


Figura 34. Cuadro para pantalla GLCD 128x64

Fuente: Autor

4.3.4. Base relés

La base para los relés es de tipo rectangular para evitar el contacto directo de los pines de la regleta y evitar cortocircuitos que dañen el sistema.

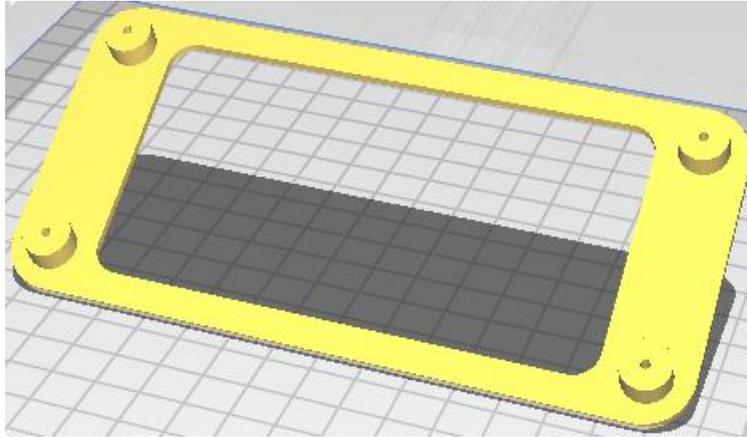


Figura 35. Base para regleta de relés

Fuente: Autor

4.3.5. Protección módulo sensor de humedad del suelo

Para evitar la corrosión del módulo del sensor de humedad del suelo se diseñó una carcasa que evita el contacto directo con el ambiente y provoque lecturas erróneas.

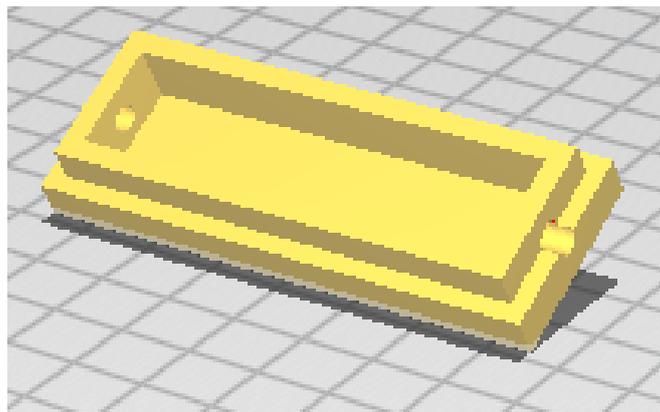


Figura 36. Base para módulo del sensor de humedad del suelo

Fuente: Autor

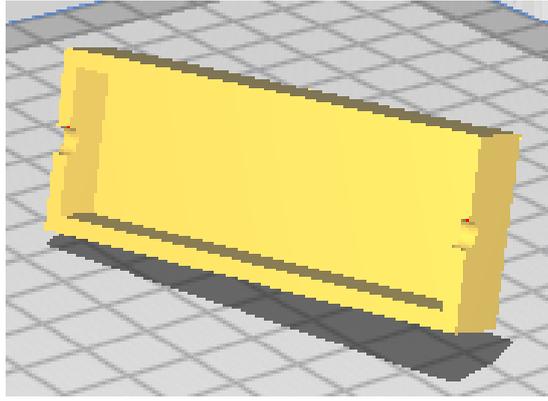


Figura 37. Tapa para módulo del sensor de humedad del suelo

Fuente: Autor

4.4.ANCLAJE DE LOS ELEMENTOS

4.4.1. Implementación de la red eléctrica

Se implementó dos redes, la red principal que es de 220V para alimentar los componentes de protección de la bomba y la red secundaria que es de 110V para alimentar al transformador que activará la electroválvula y el adaptador para alimentar la placa Arduino, los cables están guiados a través de los postes del invernadero.



Figura 38. Cables para la red principal 220V y secundaria 110V

Fuente: Autor



Figura 39. Cables guiados por los postes del invernadero

Fuente: Autor

4.4.2. Implementación del sensor de humedad del suelo

El cableado del sensor de humedad del suelo desde el gabinete hasta el área instalado tiene un aproximado de 20 metros de distancia.



Figura 40. Implementación del sensor de humedad del suelo

Fuente: Autor

4.4.3. Implementación de la electroválvula

Para cambiar la válvula de accionamiento manual por la electroválvula se desmontó los acoples y válvula manual, luego se colocó cinta teflón en la nueva válvula, se enroscó y por último se conectaron los cables de alimentación al gabinete donde va a ser controlada.



Figura 41. Válvula manual

Fuente: Autor



Figura 42. Electroválvula instalada

Fuente: Autor

4.4.4. Implementación del sensor de caudal

El sensor de caudal YF-S201, se lo implementó antes de la bomba de agua como medio de protección para activar o desactivar la bomba de agua en caso de no existir agua, así evitar daños en la misma.



Figura 43. Sensor YF-S201

Fuente: Autor

4.4.5. Implementación del gabinete

Se colocó una caja térmica en el puesto estratégico del invernadero donde se realizó el ensamble de la parte de control y potencia del proyecto.

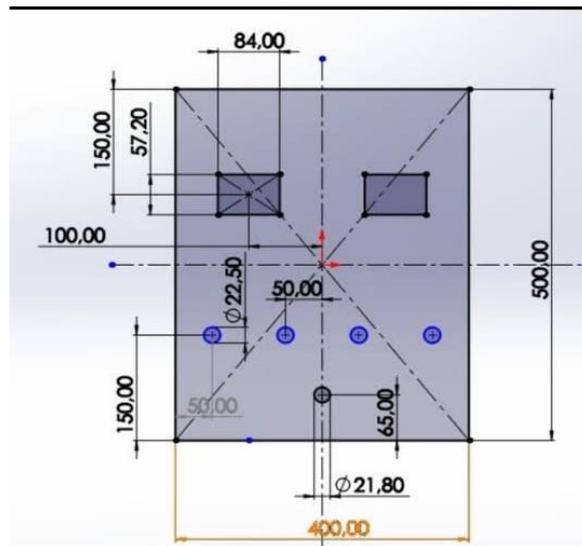


Figura 44. Diseño de la parte frontal del gabinete

Fuente: Autor

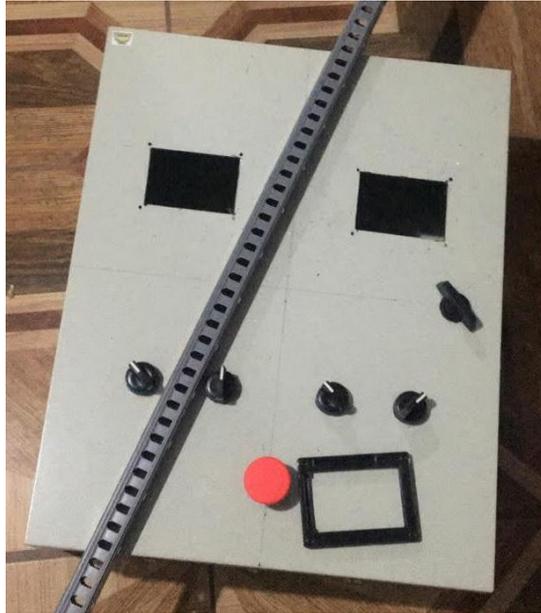


Figura 45. Ensamble de pantalla y botones de control

Fuente: Autor

4.4.5.1. Gabinete de control

En la parte de control se ensambló la placa Arduino y el módulo de relés, desde la cual se controlará cada uno de los actuadores en base a la señal enviada por el sensor de humedad de suelo y caudal. Diseño de gabinete, ver anexo P.



Figura 46. Implementación de la parte de control del sistema

Fuente: Autor

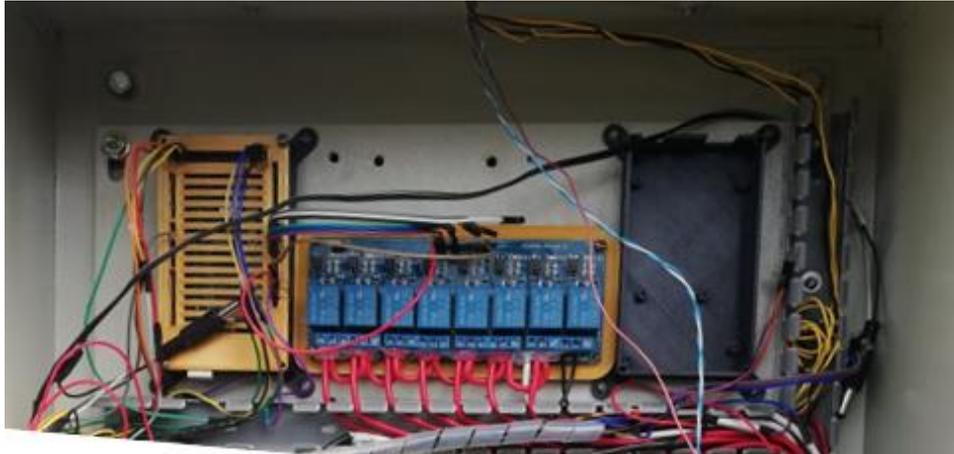


Figura 47. Sistema de control ensamblada

Fuente: Autor

4.4.5.2. Gabinete de potencia

El sistema de potencia contiene los elementos de protección para la bomba de agua que es: guardamotor y contactor de 10A cada uno, la selección de los elementos se lo hizo basado a la corriente nominal de la bomba. El diagrama de potencia se detalla en el anexo M.

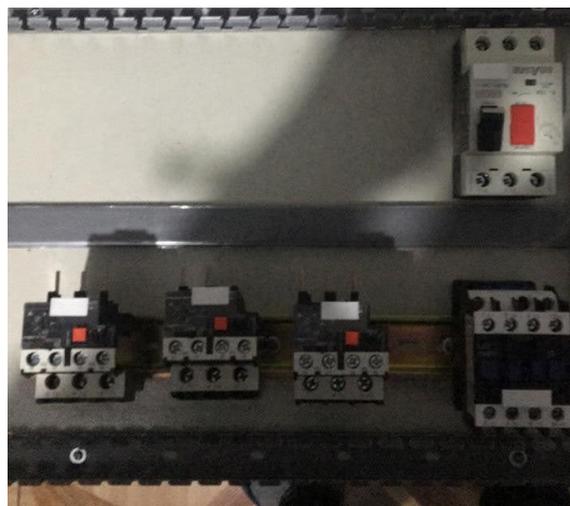


Figura 48. Elementos del sistema de potencia

Fuente: Autor



Figura 49. Conexiones del sistema de potencia

Fuente: Autor

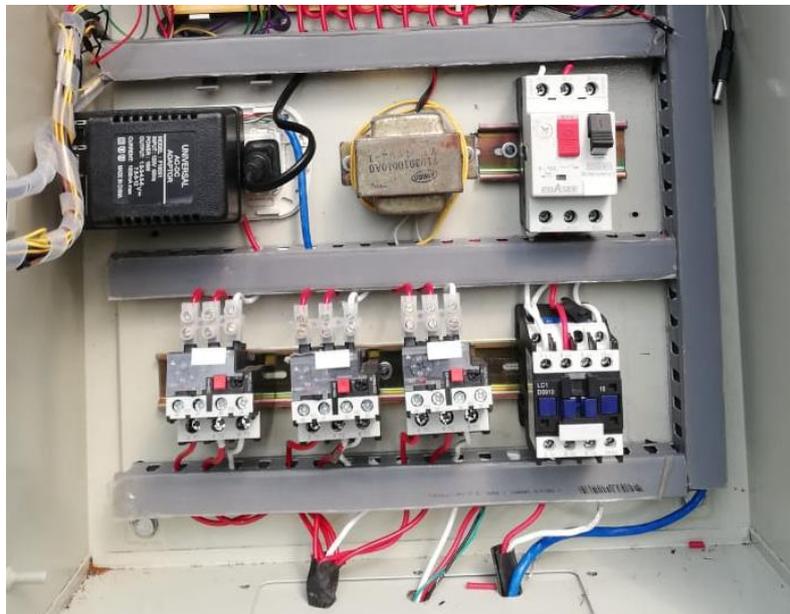


Figura 50. Sistema de potencia

Fuente: Autor

4.4.5.2.1. Guardamotor

Para el proyecto, el tipo de guardamotor que se implementará es de 10A, la selección se la hizo basándose en las especificaciones de la bomba de agua que tenían en el invernadero, donde especificaba que la corriente nominal es de 20/10 A. El guardamotor protege el circuito de potencia contra cortocircuitos, sobrecargas o fallos en la fase; actúa directamente en el arranque o paro de la bomba de forma manual, reacciona inmediatamente ante cortocircuitos apagando en milésimas de segundo el motor. La implementación de este dispositivo significa un ahorro de espacio y costo para la protección de los motores. Detalles técnicos, ver anexo N.



Figura 51. Guardamotor 6-10A,

Fuente: (OTECE, 2019b)

Tabla 14. *Detalles técnicos de Guardamotor*

Tipo de componente	Interruptor automático
Aplicación del dispositivo	Motor
Número de polos	3P

Frecuencia asignada de empleo	50/60 Hz
Poder de corte	Icu 100 kA en 230/240 VCA, 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
Corriente nominal (In)	10 A
Potencia total disipada por polo	2.5 W
Durabilidad mecánica	100000 ciclos
Durabilidad eléctrica	100000 ciclos para 440 VAC
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529
Temperatura de funcionamiento	-20 – 60 °C

Fuente: (OTECE, 2019b)

4.4.5.2.2. Contactor

El contactor seleccionado según los datos proporcionados de la corriente nominal de la bomba es de 12A. Este dispositivo permite el accionamiento a distancia mediante elementos de comando en este caso por medio de relés. Trabaja con cargas elevadas que resultan perjudiciales para el operador. Detalles técnicos, ver anexo O.



Figura 52. Contactor 12^a

Fuente: (OTECE, 2019a)

Tabla 15. *Detalles técnicos Contactor*

Tipo de producto	Conector
Aplicación del contactor	Carga resistiva Control del motor
Número de polos	3P
Tensión asignada de empleo	<=690 VAC 25-400 Hz
Corriente asignada de empleo	9A (a <60°C) a <= 440 VAC
Composición de los contactores auxiliares	1 NA + 1 NC
Durabilidad mecánica	15 M ciclos
Temperatura ambiente de trabajo	-40 ... 60 °C
Grado de protección IP	IP20 acorde a IEC 60529

Fuente: (OTECE, 2019a)

4.5.PRUEBA Y VALIDACIÓN DEL SISTEMA

El área en el que se implementó el sistema para realizar las pruebas corresponde a la tercera parte del total del invernadero que corresponde a 30 x 15 m; el sensor se introdujo a la mitad de la cama de rosas de tipo Pink Floyd cumpliendo con los requerimientos pedidos por el usuario final.

4.5.1. Prueba del sensor de humedad del suelo

Para calibrar el sensor de humedad del suelo se tomaron datos en el terreno en tres estados diferentes: tierra seca, tierra con humedad moderada y tierra totalmente húmeda. Los datos se obtuvieron en bits que iba a variar desde 0 a 1023, totalmente húmedo y seco respectivamente. En la programación mediante líneas de código se transformó esos datos a porcentaje para el fácil entendimiento del usuario cada 500 milisegundos.

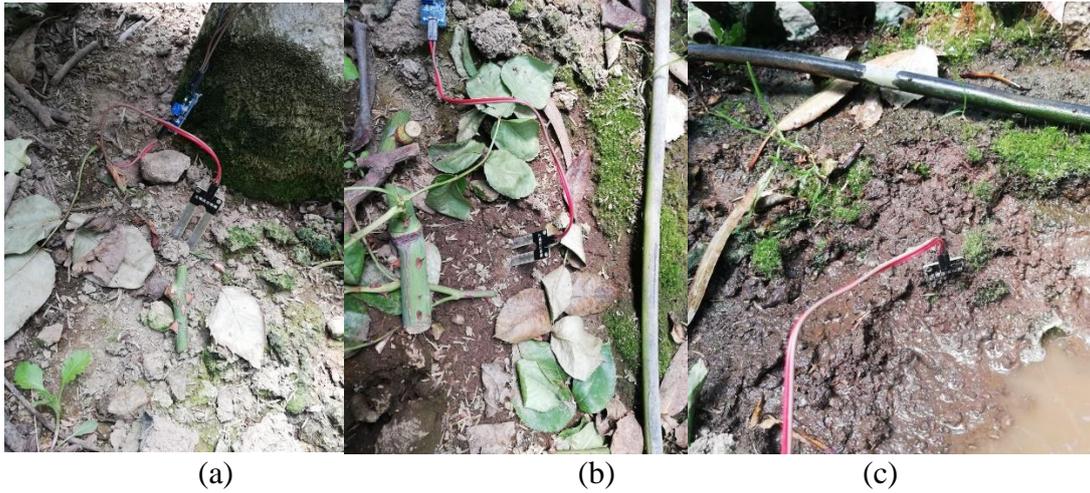


Figura 53. Suelo seco (a), suelo húmedo moderado (b), suelo totalmente húmedo (c)

Fuente: Autor

Humedad del suelo: 44%	Humedad del suelo: 91%
Valor en Bits: 581.000	Valor en Bits: 532.000
Humedad del suelo: 46%	Humedad del suelo: 93%
Valor en Bits: 566.000	Valor en Bits: 528.000
Humedad del suelo: 44%	Humedad del suelo: 94%
Valor en Bits: 577.000	Valor en Bits: 523.000
Humedad del suelo: 45%	Humedad del suelo: 93%
Valor en Bits: 574.000	Valor en Bits: 525.000
Humedad del suelo: 46%	Humedad del suelo: 92%
Valor en Bits: 568.000	Valor en Bits: 533.000
	Humedad del suelo: 95%
	Valor en Bits: 520.000

(a) Suelo seco

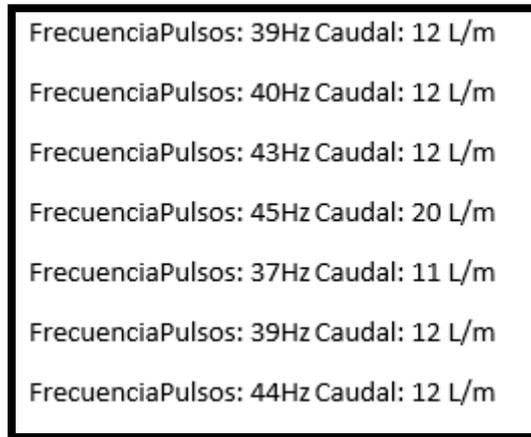
(b) Suelo húmedo

Figura 54. Validación de datos enviados por el sensor

Fuente: Autor

4.5.2. Prueba del sensor de caudal YF-S201

El sensor de caudal es utilizado para determinar si hay o no agua en el sistema antes de activar la bomba de agua, con el fin de que en el modo automático no provoque daños a la bomba cuando este necesite ser activada. Los datos se adquieren mediante la interrupción del pin digital 2 de la placa Arduino Mega.



A screenshot of a digital display showing seven lines of sensor data. Each line contains two values: 'FrecuenciaPulsos' followed by a frequency in Hz, and 'Caudal' followed by a flow rate in L/m. The data points are: (39Hz, 12 L/m), (40Hz, 12 L/m), (43Hz, 12 L/m), (45Hz, 20 L/m), (37Hz, 11 L/m), (39Hz, 12 L/m), and (44Hz, 12 L/m).

FrecuenciaPulsos: 39Hz	Caudal: 12 L/m
FrecuenciaPulsos: 40Hz	Caudal: 12 L/m
FrecuenciaPulsos: 43Hz	Caudal: 12 L/m
FrecuenciaPulsos: 45Hz	Caudal: 20 L/m
FrecuenciaPulsos: 37Hz	Caudal: 11 L/m
FrecuenciaPulsos: 39Hz	Caudal: 12 L/m
FrecuenciaPulsos: 44Hz	Caudal: 12 L/m

Figura 55. Validación de datos enviados por el sensor de caudal

Fuente: Autor

4.5.3. Prueba: Modo Manual

El sistema se activa automáticamente una vez energizada la placa Arduino, el gabinete tiene una perilla donde se selecciona el modo de control: manual o automático. En el caso de posicionar la perrilla en modo manual el sistema automáticamente comenzará a recibir los datos enviados por el sensor de humedad del suelo, el usuario podrá visualizar y podrá decidir a su criterio si desea activar o no el sistema de riego con la segunda perilla que se encuentra en el gabinete, de la misma forma se imprimirá el estado del sistema si está activo o no. En caso de activar el sistema el orden de encendido de los actuadores es el siguiente primero se activará la electroválvula, esperará un tiempo de 10 segundos y se activará a continuación la bomba de agua. Para desactivar el sistema los actuadores se

apagan a la inversa primero la bomba de agua, luego de 10 segundos se apagará la electroválvula esto con el fin de que el sobrante de agua pase por la válvula a las camas de rosas.



Figura 56. Sistema en modo Manual

Fuente: Autor



Figura 57. Funcionamiento manual

Fuente: Autor

4.5.4. Prueba: Modo Automático

Cuando la perilla está en modo automático el sistema inmediatamente comenzara a recibir los datos del sensor de humedad del suelo, posteriormente el programa analizará si el nivel de humedad es superior o inferior al 70%, en caso de que la humedad sea superior al porcentaje determinado el sistema de riego no se activará pues el terreno está en un nivel de humedad óptima. Si la humedad es inferior al porcentaje determinado se analiza el dato enviado por el sensor de caudal y se determinará si existe o no agua en el sistema, en caso de no existir agua y el nivel de humedad es bajo el sistema no se activará esto como motivo de seguridad para la bomba de agua; caso contrario, si hay caudal y la humedad es inferior al 70% el sistema de riego se activará en el orden anteriormente indicado, hasta que la humedad supere el porcentaje determinado.



Figura 58. Sistema en modo Automático

Fuente: Autor



Figura 59. Modo automático

Fuente: Autor

4.6.FUNCIONAMIENTO

Con la implementación del proyecto se evidenció un correcto funcionamiento de cada uno de los elementos. El funcionamiento del sistema es simple de manejar e idóneo para trabajar bajo las condiciones de un invernadero por las siguientes razones:

Los actuadores del sistema son: una bomba de agua y una electroválvula y, su funcionamiento está basado en un control On-Off. La lectura del estado de humedad del suelo se realiza cada 3 minutos. El sistema una vez energizado empieza a funcionar: inicializa las variables, por consiguiente, la adquisición de datos se envía a la tarjeta de procesamiento para analizar y enviar indicaciones a los actuadores, en este caso a la electroválvula y bomba de agua instalados en el sistema de riego por goteo.

Se realizó lecturas del estado de humedad del suelo para visualizar el funcionamiento del sistema, tomando datos durante 2 semanas en un rango de tiempo entre las 10:00 a 12:00

del día; se visualiza que la humedad del suelo no desciende drásticamente luego de haber implementado el control, permitiendo activar o desactivar el sistema de riego según el porcentaje mínimo determinado por el usuario que es el 70%.

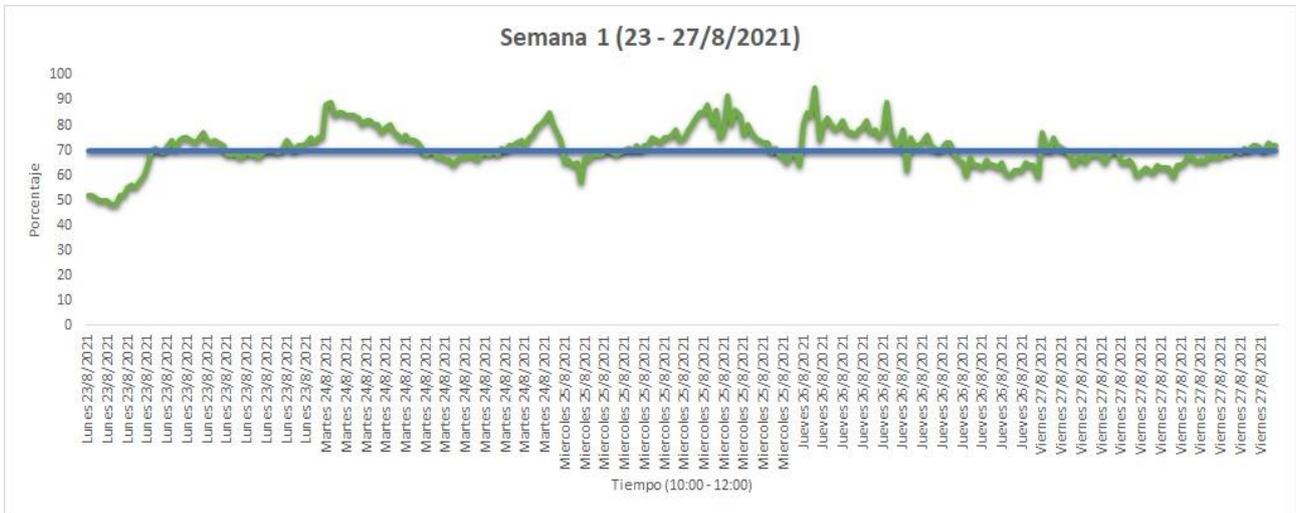


Figura 60. Lectura de humedad del suelo de la Semana 1

Fuente: Autor

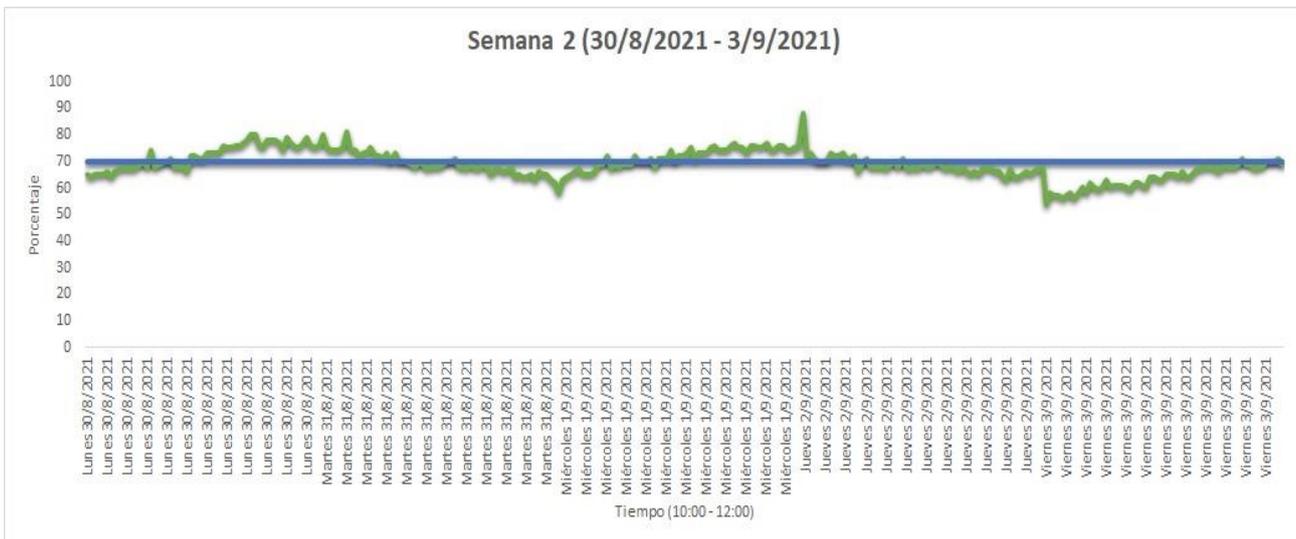


Figura 61. Lectura de humedad del suelo de la Semana 2

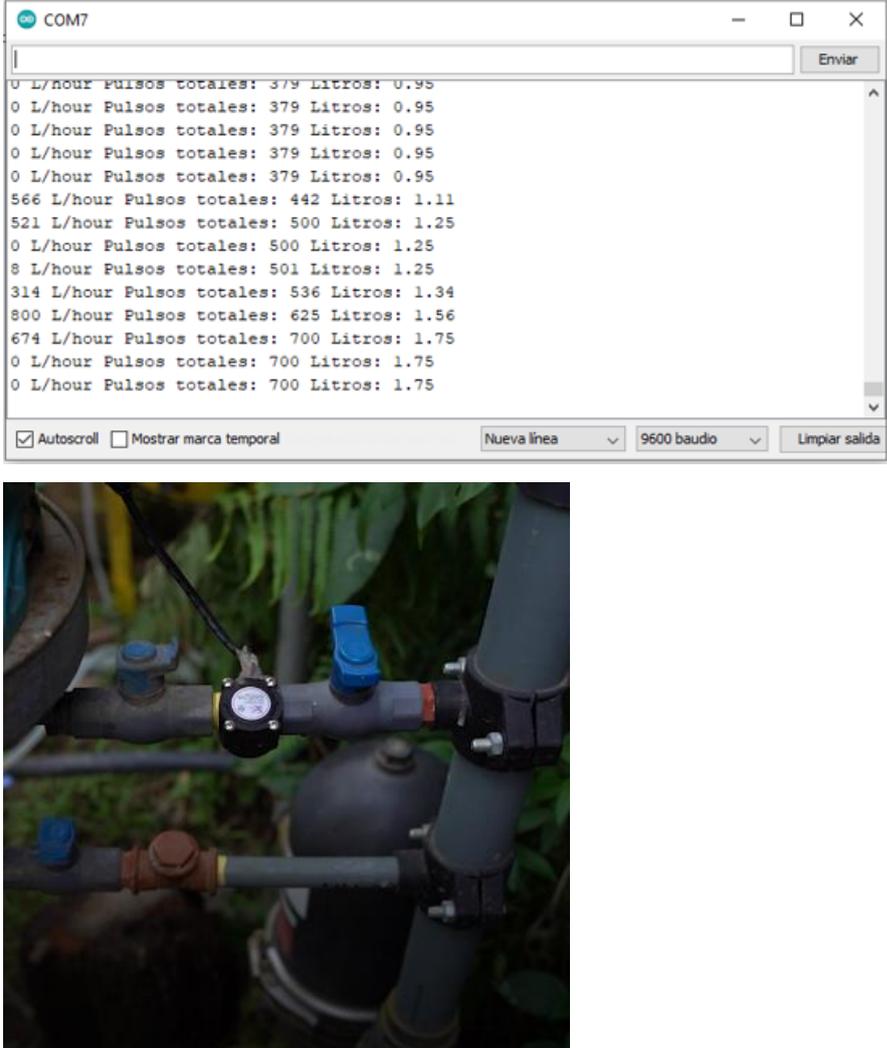
Fuente: Autor

Sensor de humedad del suelo: el módulo no requiere calibración. El rango de medición vería entre 0 a 100%. El envío de datos es instantáneo, no se registra retrasos en las lecturas ante cambios de humedad con tiempos de lectura cada 500 milisegundos.

Sensor de caudal: lectura de datos a través de la interrupción del pin digital 2, cuando el sistema funciona en modo automático. El rango de medición es en pulsos.

Tabla 16. *Activación de elementos*

Elemento	Activación		Evidencia
	Si	No	
Sensor de humedad del suelo hd-38	✓		

<p>Sensor YF-S201</p>	<p>✓</p>	 <p>The screenshot shows a serial terminal window titled 'COM7' with the following data output:</p> <pre> 0 L/hour Pulsos totales: 379 Litros: 0.95 566 L/hour Pulsos totales: 442 Litros: 1.11 521 L/hour Pulsos totales: 500 Litros: 1.25 0 L/hour Pulsos totales: 500 Litros: 1.25 8 L/hour Pulsos totales: 501 Litros: 1.25 314 L/hour Pulsos totales: 536 Litros: 1.34 800 L/hour Pulsos totales: 625 Litros: 1.56 674 L/hour Pulsos totales: 700 Litros: 1.75 0 L/hour Pulsos totales: 700 Litros: 1.75 0 L/hour Pulsos totales: 700 Litros: 1.75 </pre> <p>Below the terminal window is a photograph of the YF-S201 flow sensor installed on a grey pipe. The sensor is a small black device with a white dial and a blue cap. It is connected to a grey cable. The background shows green foliage.</p>
-----------------------	----------	---

Fuente: Autor

La calibración del sensor de humedad del suelo no es compleja, se registrar lecturas en diferentes rangos de humedad del suelo (suelo seco y húmedo). Por criterios del usuario final se determinó el porcentaje de humedad mínima que debe presentar el terreno (70%) para determinar si se activa el riego, cuando el proyecto funcione en modo automático.

El sensor de caudal permite proteger la bomba en caso de no existir agua de riego en el sistema, tomando lecturas continuas de caudal cuando el sistema trabaja en modo automático. Para la activación del sistema se tomó en cuenta una activación lineal de los componentes para evitar posibles daños o sobreesfuerzos. En el caso de la activación del sistema se encendió primero la válvula y después de un determinado tiempo se activó la

bomba con el fin de que el agua circule de inmediato hacia el sector deseado. Viceversa, para la desactivación primero se apagó la bomba para cortar el paso de agua a través de las tuberías y el sobrante pueda llegar hasta las camas de rosas, luego de determinado tiempo se evidenció la desactivación correcta de la válvula, cortando toda la circulación de agua. La lectura de datos se realiza a través de interrupciones en el pin digital 2 de la placa Arduino Mega.

El diseño compacto del sistema de control permite tener múltiples opciones de salida que facilitan futuras integraciones de controles, de tipo analógico o digital.

4.7.MANEJO Y MANTENIMIENTO DEL SISTEMA

4.7.1. Manejo

El sistema cuenta con una pantalla de visualización de parámetros, en el gabinete existen una perilla para determinar el modo de trabajo del sistema: manual o automático que se indicará en la pantalla; la segunda perilla funciona si el sistema está trabajando en modo manual, sirve para activar o desactivar el sistema de riego de acuerdo con las necesidades o criterio del usuario, en la pantalla se estará imprimiendo constantemente el porcentaje de humedad del suelo. El funcionamiento del sistema en modo automático controlará la activación del sistema de riego de acuerdo con los parámetros previamente programados, en la pantalla se mostrará el modo de trabajo, el porcentaje de humedad y el estado del suelo. Detalles del manejo del sistema, ver anexo Q.

4.7.2. Mantenimiento

El mantenimiento del sistema debe ser periódica debido a las condiciones climatológicas que se presentan en los invernaderos, para evitar pronta corrosión de los elementos y acortar la vida útil de los mismos. Existe dos secciones en las que se debe realizar

diferente mantenimiento preventivo y en casos extremos realizar mantenimiento correctivo, la sección de control y la de potencia. Detalles ver anexo Q.

4.8.COSTOS DEL PROYECTO

4.8.1. Costos de implementación

En este apartado se detallará el costo total de la implementación del proyecto para poder analizar si es viable la implementación de sistemas automatizados en las florícolas.

4.8.1.1.Costos directos

Son los elementos que se implementaron directamente en la ejecución del proyecto, se toma en cuenta materiales utilizados, instalaciones eléctricas, componentes para el gabinete.

Tabla 17. *Costo sistema de control, sensores y actuadores*

Detalle	Cantidad	Valor U.	Subtotal
Sensor humedad del suelo	1	15,00	15,00
Sensor YF-S201	1	7,00	7,00
Electroválvula 1 1/2	1	77,00	77,00
Arduino Mega 2560	1	15,00	15,00
Pantalla GLCD	1	13,70	13,70
Relay 2 canales	1	2,75	2,75
		Total	130.45

Fuente: Autor

Tabla 18. *Costos materiales para instalación eléctrica y de control*

Detalles	Cantidad	Valor U.	Subtotal
Transformador de 110 a 24 VAC	1	18,00	18,00
Guardamotor 10A	1	17,00	17,00

Contactor 10A	1	5,00	5,00
Interruptor 2 posiciones	2	2,00	4,00
Pulsador tipo hongo	1	2,00	2,00
Cable M/M / M/H	1	3,00	3,00
Cable UTP	60	0,20	12,00
Cable flexible #16	5	0,30	1,50
Espiral para cableado	1	1,00	1,00
Riel Din	1	1,35	1,35
Canaleta ranurada	1	4,00	4,00
Pernos	10	3,00	3,00
Taype	1	0,80	0,80
Tubo Térmico Termo retráctil	1	1,00	1,00
Gabinete metálico 50x40	1	45,75	45,75
		Total	119,40

Fuente: Autor

4.8.1.2. Costos indirectos

Tabla 19. *Costos indirectos de instalación*

Detalle	Cantidad/mes	Valor U.	Subtotal
Luz eléctrica	1	5,00	5,00
Mano de obra	1	50,00	50,00
		Total	55,00

Fuente: Autor

4.8.2. Costo total

Costo total de implementación del sistema, sumatoria de los costos directos e indirectos.

Tabla 20. *Costo directo total*

Detalle	Valor
Costo sistema de control, sensores y actuadores	130,45
Costos materiales para instalación eléctrica y de control	119,40
Total	249,85

Fuente: Autor

Tabla 21. *Costo total del proyecto*

Detalle	Valor
Costos directos del proyecto	249,85
Costos indirectos de instalación	55,00
Total	304,85

Fuente: Autor

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se desarrolló un sistema que realiza el monitoreo de humedad del suelo dentro de los rangos previstos para el cultivo de rosas, en función a los requerimientos determinados por el usuario final.

La selección de los elementos se determinó por medio del método de criterios ponderados, priorizando la fiabilidad en la medición y la vida útil de los mismos. Esto permitió tener cualidades optimas del sistema.

Se integraron los componentes para desarrollar un sistema preciso y no muy costoso para operar bajo las condiciones de un invernadero. La lectura del porcentaje de humedad de suelo se visualiza en tiempo real a través de una pantalla. El sistema de irrigación cuenta con elementos de protección que informan si existe o no agua para poner a funcionar el sistema, tanto en modo manual como en modo automatico, con el fin de evitar daños en la bomba de agua.

El sistema fue puesto a prueba bajo las condiciones reales del invernadero con el fin de comprobar y ajustar la respuesta de los elementos. La tarjeta de procesamiento realizó correctamente la lectura del sensor, el procesamiento de datos y los tiempos de acción de cada elemento. Los tiempos de activación de los actuadores son precisos e inmediatos.

5.2.Recomendaciones

Al trabajar en ambientes hostiles como es el caso del invernadero de rosas donde existe una constante humedad, es importante proteger el sistema de control y potencia para evitar corrosión en el sistema, lo que acortaría la vida útil de los mismos.

Se recomienda realizar un continuo mantenimiento predictivo a los elementos eléctricos, electrónicos y sensores para evitar la pronta corrosión del sistema.

Se recomiendo automatizar las secciones restantes del invernadero para evidenciar de mejor manera la mejora en la productividad de rosas.

La ubicación del sensor de humedad del suelo debe ser un lugar estratégico de la sección que permita tomar una decisión correcta al momento de activar o no el sistema de riego y que este favorezca a todo el cultivo.

Un mayor número de sensores permitiría monitorear de manera precisa toda el área del invernadero, pero esto implicaría un aumento en los costos.

Es necesario capacitar al personal que manejará el sistema para que funcione adecuadamente y evitar posibles fallos causados por desconocimiento.

Se recomienda realizar un retro lavado al cabezal de riego cuando se esté operando en modo manual, para garantizar que las mangueras que van a cada sección no se taponen o que los goteros se obstruyan.

BIBLIOGRAFÍA

- Alarcón López, A. (2017). Diseño de un sistema de control y automatización de temperatura, humedad del suelo y humedad relativa para optimizar el rendimiento de cultivos bajo cubierta en CORHUILA. *4to Congreso Internacional AmITIC*.
- Alocén, J. C. (2018). Manual práctico para el diseño de sistemas de minirriego. *Programa Especial Para La Seguridad Alimentaria (PESA)*, 9(5), 5876–5891.
- Araque, D. G., Sarmiento, M. V., & Gómez, J. C. (2017). Caracterización de Temperatura y Humedad de Suelos Agrícolas. *Letras ConCiencia TecnoLógica*, 0(16 SE-Otros). <https://revistas.itc.edu.co/index.php/letras/article/view/129>
- Arduino. (2021a). *¿Qué es Arduino?* <https://www.arduino.cc/en/Guide/Introduction>
- Arduino. (2021b). *ARDUINO MEGA 2560 REV3*. <https://store.arduino.cc/usa/mega-2560-r3>
- Ascencios, D., Meza, K., Lluen, J., & Simon, G. (2020). Calibración, Validación Y Automatización Del Sistema De Riego Por Goteo Subterráneo Usando Un Microcontrolador Arduino. *Revista de Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Research*, 22(1), 95–105. <https://doi.org/10.18271/ria.2020.540>
- Briceño, M., Álvarez, F., & Barahona, U. (2012). MANUAL DE RIEGO Y DRENAJE. In *Riego y drenaje*. [http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego y Drenaje.pdf%0Afile:///E:/1. Agricultural Resources and Technologies 9.2.2019/Deficit Irrigation review/Irrigation water requiremmts/Manual_de_Riego_y_Drenaje Modulo_5..pdf](http://www.ingenieria.uaslp.mx/Documents/Apuntes/Riego_y_Drenaje.pdf%0Afile:///E:/1.Agricultural%20Resources%20and%20Technologies%209.2.2019/Deficit%20Irrigation%20review/Irrigation%20water%20requiremmts/Manual_de_Riego_y_Drenaje%20Modulo_5..pdf)
- BROUWER, C., GOFFEAU, A., & HEIBLOEM, M. (1985). Introduction to irrigation, Irrigation Water Management Training Manual n° 1. *FAO*.
- Calvache, A., Yanchapaxi, J., & Lalama, M. (2017). Cultivo de Rosas para Exportación. *Rumipamba*, XXIV(November), 8. https://www.researchgate.net/publication/320387356_Cultivo_de_Rosas_para_Exportacion
- Cayo, G. H., & Segovia, J. (2015). Prototipo De Control De Riego Tecnificado Aplicando La Tecnología Del Arduino. *Revista Investigaciones Altoandinas - Journal of High Andean Investigation*, 17(1), 2–9. <https://doi.org/10.18271/ria.2015.84>
- Climasmonterrey. (2021). *Transformador, 120 Vac a 24 Vac*. <https://www.climasmonterrey.com/transformador-120-vac-a-24-vac-at120b1028-10813>
- Creus Solé, A. (2012). *Neumatica e Hidráulica*.
- ElectroStore. (2019). *GLCD 128 x 64*. <https://grupeelectrostore.com/shop/displays-y-pantallas/glcd-lcd-12864-128x64-12864/>
- Emerson Automation Solutions. (2020). GUÍA DE VÁLVULAS DE CONTROL. *FISHER*, 212–218. <https://doi.org/10.1109/ICIOT48696.2020.9089577>
- EXPOFLORES. (2019). *Informe Anual de Exportaciones*.

- Fernández Gómez, R., Ávila Alabarces, R., López Rodríguez, M., Gavilán Zafra, P., & Oyonarte Gutiérrez, N. (2010). Manual de Riego para Agricultores Módulo 1. Fundamentos del Riego. In *Instituto de Investigación y Formación Agraria y Pesquera* (Vol. 1).
https://www.juntadeandalucia.es/export/drupaljda/1337160941Fundamento_del_riego_1.pdf
- Fernández Gómez, R., Milla Milla, M., Ávila Alabarces, R., Berengena Herrera, J., Gavilán Zafra, P., & Oyonarte Gutiérrez, N. (2010). Riego por superficie. In *Consejería de Agricultura y Pesca*. <https://digital.csic.es/handle/10261/17141>
- Fernández Gómez, R., Oyonarte Gutiérrez, N., García Bernal, J., Yruela Morillo, M. del C., Milla Milla, M., Ávila Alabarces, R., & Gavilán Zafra, P. (2010). *Riego por aspersión*.
- Fernández Gómez, R., Yruela Morillo, M. del C., Milla Milla, M., García Bernal, J., & Oyonarte Gutiérrez, N. (2010). *Riego Localizado*.
- Ferretrónica. (2021). *Modulo Sensor Humedad del suelo Resistente a Corrosion*.
<https://ferretronica.com/products/modulo-sensor-humedad-del-suelo-resistente-a-corrosion>
- Galarraga Carvajal, D. R., & Pinanjota Gualavisi, J. E. (2016). *El crecimiento acelerado de las plantaciones florícolas en el sector de Guachalá y su incidencia en las comunidades aledañas de la parte baja de la parroquia Cangahua, Cantón Cayambe, Provincia de Pichincha, durante los últimos cinco años*.
<http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/6197>
- Gavilán, P., Ruiz, N., Lozano, D., Bohórquez, J., & Molina, F. (2015). EFECTO DE LA FRECUENCIA DE RIEGO SOBRE LA EFICIENCIA DEL RIEGO Y LA PRODUCCIÓN DE UN CULTIVO DE FRESA. XXXIII Congreso Nacional de Riegos. <https://doi.org/10.4995/CNRiegos.2015.1425>
- Guallasamin Constante, K., & Simón-Baile, D. (2018). Huella de carbono del cultivo de rosas en Ecuador comparando dos metodologías: GHG Protocol vs. PAS 2050. *Letras Verdes. Revista Latinoamericana de Estudios Socioambientales*, 24, 27–56.
<https://doi.org/10.17141/letrasverdes.24.2018.3091>
- Houari, A. (2007). Useful pedagogical applications of the classical Hall effect. *Physics Education*, 6(40), 603.
- Leon Moya, L. I. (2013). RENTABILIDAD DEL CULTIVO DE ROSAS (Rosa Sp) VARIEDAD MONDIAL DE LA EMPRESA SEDAFY FLORAL. UNIVERSIDAD TECNICA ESTATAL DE QUEVEDO.
- Liotta, M. (2015). Riego por Goteo. *UCAR*, 15.
https://inta.gob.ar/sites/default/files/inta_manual_riego_por_goteo.pdf%0Afile:///C:/Users/SURI/OneDrive/Documentos/inta_manual_riego_por_goteo.pdf
- López, R. (2017). *Manual para el manejo del cultivo de Rosas Bajo condiciones de invernadero*.
- Martínez Pascual de Lallana, R. (2020). *Sistema para la caracterización del bulbo húmedo en riego localizado Índice*.

- MAZ-EN-LINEA. (2021). *Gabinete metálico*. <https://mazcr.com/gabinetes-y-cajas-de-metal/459049-gabinete-metalico-50-x-40-x-20-ip54-nxw5-chint.html>
- Naylamp-Mechatronics-SAC. (2021). *SENSOR DE FLUJO DE AGUA 1/2" YF-S201*. <https://naylampmechatronics.com/sensores-liquido/108-sensor-de-flujo-de-agua-12-yf-s201.html>
- Nuñez, A. (2015). Manual del cálculo de eficiencia para sistemas de riego. *Dirección General de Infraestructura Agraria y Riego (DGIAR)*, 54.
- Nyce, D. S. (2016). *THE HALL EFFECT*. <https://doi.org/10.1002/9781119069164.ch10>
- Osorio, A., & Tapia, F. (1999). Elementos de riego tecnificado. *INSTITUTO DE INVESTIGACIONES AGROPECUARIA*, 1–17.
- OTECE. (2019a). *Contactador Trifásico*. <https://www.otece.com.ec/producto/contactador-ac-magnetico-tripolar-chint-nc1-1210/>
- OTECE. (2019b). *Guardamotor*. <https://www.otece.com.ec/producto/guardamotor-ul-chint-ns2-25-100ka-220v230v/>
- Perea Palacios, J. W. (2016). *DISEÑO DE UN SISTEMA DE MONITOREO, REGISTRO Y CONTROL DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA UN CULTIVO DE INVERNADERO* [Universidad Tecnológica de Pereira]. <https://doi.org/82'260.122>.
- Pizarro Cabello, F. (1996). *Riego Localizado de Alta Frecuencia* (Ediciones).
- Riego Ecuador. (2021). *Electroválvula S390-2W*. <https://www.riegoecuador.com/index.php/productos/valvula-electrica>
- Rincón Vieda, P. A., Silva Plazas, J. A., & Torres Camacho, A. F. (2018). Automatización de invernadero para producción agrícola con tecnología de punta a bajo costo. *Revista de Investigaciones Agroempresariales*, 3, 10–23. <https://doi.org/10.23850/25004468.1419>
- Rodriguez de Avila, J. E. (2012). Buenas prácticas para el diseño de HMI de alto rendimiento. *Universidad Tecnológica de Bolivar*, 1–46.
- Santos Pereira, L., de Juan Valero, J., Picornell Buendía, M., & Tarjuelo Martín-Benito, J. (2010). *EL RIEGO Y SUS TECNOLOGÍAS*.
- Sotelsek, D. F., & Laborda, L. (2019). Desarrollo y productividad agrícola en América Latina: el problema de la medición. *Agricultura Sociedad y Desarrollo*, 1(1), 61–83. <https://doi.org/10.22231/asyd.v1i1.981>
- Superintendencia de Industria y Comercio. (2014). *TECNOLOGÍAS RELACIONADAS CON INVERNADEROS PARA FLORES*. *Boletín Tecnológico*.
- Trade Map. (2019). *ITC*. https://www.trademap.org/Country_SelProduct_Graph.aspx?nvpm=1%7C%7C%7C%7C%7C0603%7C%7C%7C4%7C1%7C1%7C2%7C1%7C1%7C2%7C1%7C1%7C2%7C1%7C1%7C2
- Valencia, Y., & Sepúlveda, Y. (2019). Implementación de sensores en los sistemas de

- riego automatizado. *ECAPMA*, 68–70. <https://doi.org/10.22490/ECAPMA.3417>
- Vargas, M. C., & Galindo, D. S. (2017). *Dispositivo móvil para la caracterización de suelos Agrícolas*. 123.
- Yépez, M. R. (2017). *Cobro de regalías por la venta de variedad de rosas, utilizada en la producción y comercialización de este producto*.
<https://www.scpm.gob.ec/sitio/wp-content/uploads/2019/03/VERSION-PUBLICA-SECTOR-FLORES-revisado.pdf>
- Yong, A. (2004). El Cultivo Del Rosal Y Su Propagación. *Cultivos Tropicales*, 25(2), 53–67. <https://doi.org/10.1234/ct.v25i2.510>

ANEXOS

Anexo A: Evaluación de Sensores de humedad del suelo

Tamaño	El Sensor de humedad de suelo capacitivo v1.2	Sensor de humedad del suelo resistente a corrosión Higrómetro	Sensor de humedad del suelo SHT-10	$\Sigma+1$	Ponderación
El Sensor de humedad de suelo capacitivo v1.2	-	0.5	1	2.5	0.42
Sensor de humedad del suelo resistente a corrosión Higrómetro	0.5	-	1	2.5	0.42
Sensor de humedad del suelo SHT-10	0	0	-	1	0.16
SUMA				6	1

Conectividad	El Sensor de humedad de suelo capacitivo v1.2	Sensor de humedad del suelo resistente a corrosión Higrómetro	Sensor de humedad del suelo SHT-10	$\Sigma+1$	Ponderación
El Sensor de humedad de suelo capacitivo v1.2	-	0.5	1	2.5	0.42
Sensor de humedad del suelo resistente a corrosión Higrómetro	0.5	-	1	2.5	0.42

Sensor de humedad del suelo SHT-10	0	0	-	1	0.16
SUMA				6	1

Disponibilidad	El Sensor de humedad de suelo capacitivo v1.2	Sensor de humedad del suelo resistente a corrosión Higrómetro	Sensor de humedad del suelo SHT-10	$\Sigma+1$	Ponderación
El Sensor de humedad de suelo capacitivo v1.2	-	0.5	1	2.5	0.42
Sensor de humedad del suelo resistente a corrosión Higrómetro	0.5	-	1	2.5	0.42
Sensor de humedad del suelo SHT-10	0	0	-	1	0.16
SUMA				6	1

Precisión	El Sensor de humedad de suelo capacitivo v1.2	Sensor de humedad del suelo resistente a corrosión Higrómetro	Sensor de humedad del suelo SHT-10	$\Sigma+1$	Ponderación
El Sensor de humedad de suelo capacitivo v1.2	-	0	0	1	0.17
Sensor de humedad del suelo resistente a corrosión Higrómetro	1	-	0	2	0.33
Sensor de humedad del suelo SHT-10	1	1	-	3	0.5
SUMA				6	1

Protección	El Sensor de humedad de suelo capacitivo v1.2	Sensor de humedad del suelo resistente a corrosión Higrómetro	Sensor de humedad del suelo SHT-10	$\Sigma+1$	Ponderación
El Sensor de humedad de suelo capacitivo v1.2	-	0	0	1	0.16
Sensor de humedad del suelo resistente a corrosión Higrómetro	1	-	0.5	2.5	0.42
Sensor de humedad del suelo SHT-10	1	0.5	-	2.5	0.42
SUMA				6	1

Anexo B: Sensor de humedad del suelo



Descripción:

Nombre del producto: Sensor de humedad del suelo

Tamaño: 36x15x7mm

Voltaje: 3,3-12V CC

Actual:

Trabajo <20mA

Salida <30mA

Interfaz: DO: digital, AO: analógico

Principio:

La sonda de humedad del suelo detecta la humedad y el comparador de voltaje determina la humedad. La salida DO es baja cuando la humedad es mayor que el valor establecido.

Aspectos destacados:

Procesador Texas Instruments importado a bordo, alta precisión, respuesta rápida, buena calidad

Potenciómetro ajustable a bordo, sensibilidad ajustable

Instrucciones de uso:

1. [+] está conectado al polo positivo de la fuente de alimentación, [-] está conectado al polo negativo de la fuente de alimentación. Por favor, no dé marcha atrás la conexión Es responsable de quemar el chip. Después de conectar la alimentación, el indicador de potencia [P] se ilumina y el módulo funciona normalmente.

2. El potenciómetro azul se ajusta en sentido horario/antihorario para aumentar/disminuir la sensibilidad de detección de la sonda. Tome el "sensor térmico" como ejemplo, si el valor predeterminado es un disparador de 25 grados, la salida [DO] está activa baja. Ajuste en sentido horario, la temperatura puede activarse por debajo de 25 grados. En sentido antihorario es superior a 25 grados de disparo.

3. Indica que el rango de ajuste ha superado el umbral de prueba cuando el potenciómetro se ajusta en el sentido de las agujas del reloj hasta que el indicador de salida esté encendido. El valor umbral se excede cuando el ajuste en sentido antihorario no se puede ajustar. El umbral no se puede superar al ajustar, de lo contrario no se puede utilizar.

4. La salida [AO] es analógica (voltaje), que puede ser detectada directamente por el puerto AD de la MCU.

Anexo C: Evaluación de pantallas

Tamaño	GLCD 128x64	LCD 20x4	$\Sigma+1$	Ponderación
GLCD 128x64	-	1	2	0.67
LCD 20x4	0	-	1	0.33
		SUMA	3	1

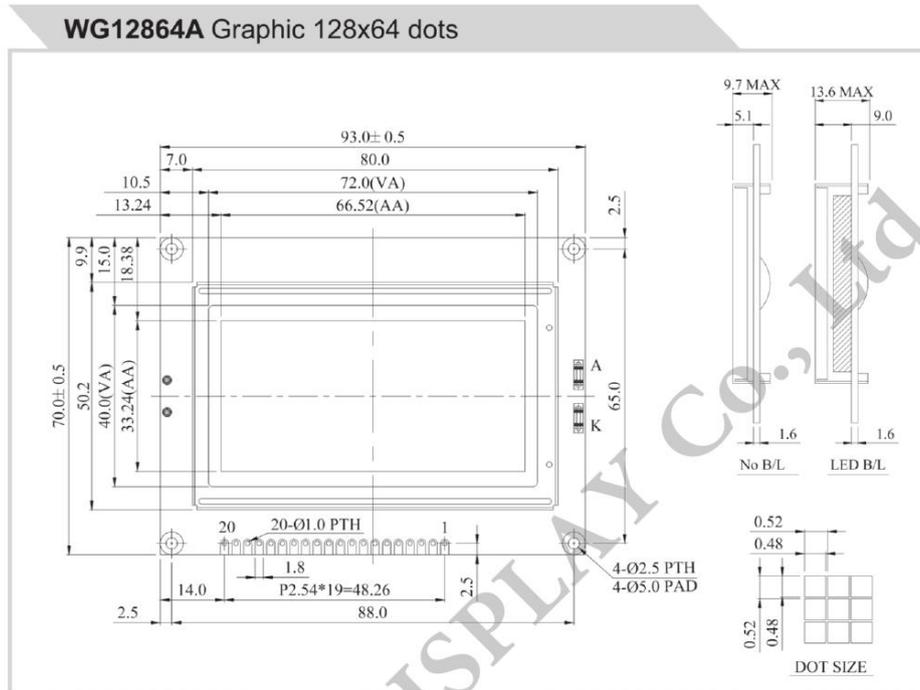
Resolución	GLCD 128x64	LCD 20x4	$\Sigma+1$	Ponderación
GLCD 128x64	-	1	2	0.67
LCD 20x4	0	-	1	0.33
		SUMA	3	1

Comunicación	GLCD 128x64	LCD 20x4	$\Sigma+1$	Ponderación
GLCD 128x64	-	0.5	1.5	0.5
LCD 20x4	0.5	-	1.5	0.5
		SUMA	3	1

Costo	GLCD 128x64	LCD 20x4	$\Sigma+1$	Ponderación
GLCD 128x64	-	0	1	0.33
LCD 20x4	1	-	2	0.67
		SUMA	3	1

Disponibilidad	GLCD 128x64	LCD 20x4	$\Sigma+1$	Ponderación
GLCD 128x64	-	0.5	1.5	0.5
LCD 20x4	0.5	-	1.5	0.5
		SUMA	3	1

Anexo D: Pantalla GLCD 128x64



Feature

1. Built-in controller (NT 7108 or equivalent)
2. 5V power supply
3. 1/64 duty cycle
4. WG12864AB: N.V. option for 3.3V
5. WG12864A1: double-row interface

Pin No.	Symbol	Description
1	V _{SS}	Ground
2	V _{DD}	Power supply for logic
3	V _O	Contrast Adjustment
4	D/I	Data/Instruction select signal
5	R/W	Read/Write select signal
6	E	Enable signal
7	DB0	Data bus line
8	DB1	Data bus line
9	DB2	Data bus line
10	DB3	Data bus line
11	DB4	Data bus line
12	DB5	Data bus line
13	DB6	Data bus line
14	DB7	Data bus line
15	CS1	Select Column 1~ Column 64
16	CS2	Select Column 65~ Column 128
17	/RES	Controller reset signal, Active Low
18	V _{EE}	Negative Voltage Output
19	A	Power supply for B/L +
20	K	Power supply for B/L -

74

Mechanical Data

Item	Standard Value	Unit
Module Dimension	93.0 x 70.0	mm
Viewing Area	72.0 x 40.0	mm
Mounting Hole	88.0 x 65.0	mm
Dot Pitch	0.52 x 0.52	mm
Dot Size	0.48 x 0.48	mm

Electrical Characteristics

Item	Symbol	Standard Value	Unit
		typ.	
Input Voltage	VDD	5.0	V
Recommended LCD Driving Voltage for Normal Temp. Version module @25°C	VDD-V _O	8.90	V

Anexo E: Evaluación de placa de control

Tamaño	Arduino UNO	Arduino MEGA	$\Sigma+1$	Ponderación
Arduino UNO	-	1	2	0.67
Arduino MEGA	0	-	1	0.33
		SUMA	3	1

Pines	Arduino UNO	Arduino MEGA	$\Sigma+1$	Ponderación
Arduino UNO	-	0	1	0.33
Arduino MEGA	1	-	2	0.67
		SUMA	3	1

Procesamiento	Arduino UNO	Arduino MEGA	$\Sigma+1$	Ponderación
Arduino UNO	-	0	1	0.33
Arduino MEGA	1	-	2	0.67
		SUMA	3	1

Precio	Arduino UNO	Arduino MEGA	$\Sigma+1$	Ponderación
Arduino UNO	-	0.5	1.5	0.5
Arduino MEGA	0.5	-	1.5	0.5
		SUMA	3	1

Anexo F: Arduino Mega 2560



Arduino Mega 2560 Datasheet



Summary

Microcontroller	ATmega2560
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	54 (of which 14 provide PWM output)
Analog Input Pins	16
DC Current per I/O Pin	40 mA
DC Current for 3.3V Pin	50 mA
Flash Memory	256 KB of which 8 KB used by bootloader
SRAM	8 KB
EEPROM	4 KB
Clock Speed	16 MHz

Power

The Arduino Mega can be powered via the USB connection or with an external power supply. The power source is selected automatically.

External (non-USB) power can come either from an AC-to-DC adapter (wall-wart) or battery. The adapter can be connected by plugging a 2.1mm center-positive plug into the board's power jack. Leads from a battery can be inserted in the Gnd and Vin pin headers of the POWER connector.

The board can operate on an external supply of 6 to 20 volts. If supplied with less than 7V, however, the 5V pin may supply less than five volts and the board may be unstable. If using more than 12V, the voltage regulator may overheat and damage the board. The recommended range is 7 to 12 volts.

The Mega2560 differs from all preceding boards in that it does not use the FTDI USB-to-serial driver chip. Instead, it features the Atmega8U2 programmed as a USB-to-serial converter.

The power pins are as follows:

- **VIN.** The input voltage to the Arduino board when it's using an external power source (as opposed to 5 volts from the USB connection or other regulated power source). You can supply voltage through this pin, or, if supplying voltage via the power jack, access it through this pin.
- **5V.** The regulated power supply used to power the microcontroller and other components on the board. This can come either from VIN via an on-board regulator, or be supplied by USB or another regulated 5V supply.
- **3V3.** A 3.3 volt supply generated by the on-board regulator. Maximum current draw is 50 mA.
- **GND.** Ground pins.

Memory

The ATmega2560 has 256 KB of flash memory for storing code (of which 8 KB is used for the bootloader), 8 KB of SRAM and 4 KB of EEPROM (which can be read and written with the [EEPROM library](#)).

Input and Output

Each of the 54 digital pins on the Mega can be used as an input or output, using [pinMode\(\)](#), [digitalWrite\(\)](#), and [digitalRead\(\)](#) functions. They operate at 5 volts. Each pin can provide or receive a maximum of 40 mA and has an internal pull-up resistor (disconnected by default) of 20-50 kOhms. In addition, some pins have specialized functions:

- **Serial: 0 (RX) and 1 (TX); Serial 1: 19 (RX) and 18 (TX); Serial 2: 17 (RX) and 16 (TX); Serial 3: 15 (RX) and 14 (TX).** Used to receive (RX) and transmit (TX) TTL serial data. Pins 0 and 1 are also connected to the corresponding pins of the ATmega8U2 USB-to-TTL Serial chip.
- **External Interrupts: 2 (interrupt 0), 3 (interrupt 1), 18 (interrupt 5), 19 (interrupt 4), 20 (interrupt 3), and 21 (interrupt 2).** These pins can be configured to trigger an interrupt on a low value, a rising or falling edge, or a change in value. See the [attachInterrupt\(\)](#) function for details.
- **PWM: 0 to 13.** Provide 8-bit PWM output with the [analogWrite\(\)](#) function.
- **SPI: 50 (MISO), 51 (MOSI), 52 (SCK), 53 (SS).** These pins support SPI communication using the [SPI library](#). The SPI pins are also broken out on the ICSP header, which is physically compatible with the Uno, Duemilanove and Diecimila.
- **LED: 13.** There is a built-in LED connected to digital pin 13. When the pin is HIGH value, the LED is on, when the pin is LOW, it's off.
- **I²C: 20 (SDA) and 21 (SCL).** Support I²C (TWI) communication using the [Wire library](#) (documentation on the Wiring website). Note that these pins are not in the same location as the I²C pins on the Duemilanove or Diecimila.

The Mega2560 has 16 analog inputs, each of which provide 10 bits of resolution (i.e. 1024 different values). By default they measure from ground to 5 volts, though it is possible to change the upper end of their range using the AREF pin and [analogReference\(\)](#) function.

There are a couple of other pins on the board:

- **AREF.** Reference voltage for the analog inputs. Used with [analogReference\(\)](#).
- **Reset.** Bring this line LOW to reset the microcontroller. Typically used to add a reset button to shields which block the one on the board.

Communication

The Arduino Mega2560 has a number of facilities for communicating with a computer, another Arduino, or other microcontrollers. The ATmega2560 provides four hardware UARTs for TTL (5V) serial communication. An ATmega8U2 on the board channels one of these over USB and provides a virtual com port to software on the computer (Windows machines will need a .inf file, but OSX and Linux machines will recognize the board as a COM port automatically). The Arduino software includes a serial monitor which allows simple textual data to be sent to and from the board. The RX and TX LEDs on the board will flash when data is being transmitted via the ATmega8U2 chip and USB connection to the computer (but not for serial communication on pins 0 and 1). A [SoftwareSerial library](#) allows for serial communication on any of the Mega2560's digital pins.

The ATmega2560 also supports I²C (TWI) and SPI communication. The Arduino software includes a [Wire library](#) to simplify use of the I²C bus; see the [documentation on the Wiring website](#) for details. For SPI communication, use the [SPI library](#).

Anexo G: Sensor YF-S201

MODELO: YF-S201

Descripción:

El sensor de flujo de agua consta de un cuerpo de válvula de plástico, un rotor de agua y un sensor de efecto Hall. Cuando el agua fluye a través del rotor, el rotor rueda. Su velocidad cambia con diferentes tasas de flujo. El sensor de efecto Hall emite la señal de pulso correspondiente. Éste es adecuado para detectar el flujo en el dispensador de agua o en la máquina de café. Contamos con una línea completa de sensores de flujo de agua en diferentes diámetros. Échales un vistazo para encontrar el que más se adapte a tus necesidades.

Características:

Alto rendimiento de sellado compacto, fácil de instalar
Sensor de efecto Hall de alta calidad compatible con RoHS

Especificaciones:

Voltaje de funcionamiento: DC 4.5V ~ 24V Voltaje normal: DC 5V ~ 18V
Max. Corriente de trabajo: 15mA (DC 5V)
Capacidad de carga: ≤ 10 mA (DC 5V) Rango de caudal: 1 ~ 30L / min
Capacidad de carga: ≤ 10 mA (DC 5V)
Temperatura de funcionamiento: $\leq 80^{\circ}\text{C}$
Temperatura del líquido: $\leq 120^{\circ}\text{C}$
Humedad de funcionamiento: 35%~90% RH
Presión permitida: ≤ 1.75 MPa Temperatura de almacenamiento: $-25 \sim +8^{\circ}\text{C}$
Humedad de almacenamiento: 25%~95% RH
Resistencia eléctrica 1250 V / min
Resistencia de aislamiento ≥ 100 M Ω
Roscas externas: 1/2"
Diámetro exterior: 20 mm
Diámetro de admisión: 9 mm
Diámetro de salida: 12 mm



Solicitud:

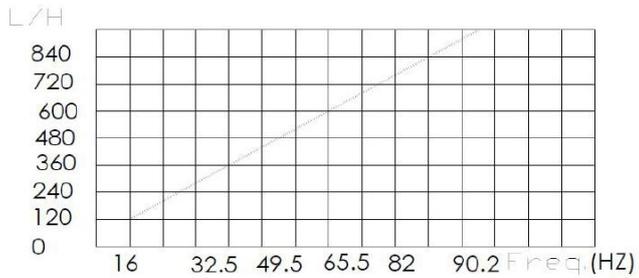
Calentadores de agua, máquinas para tarjetas de crédito, máquinas expendedoras de agua, dispositivos de medición de flujo.

Cercuit:

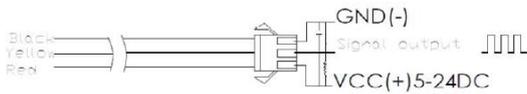
Rojo: positivo
Negro: GND
Amarillo: señal de salida

Rango de flujo: 100L / H- / 1800H / H

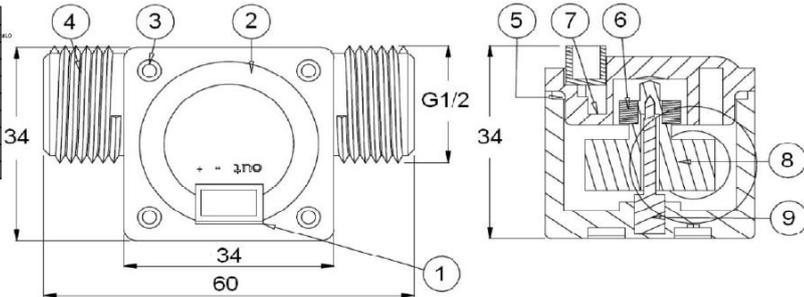
Flujo (L / H)	Frecuencia (Hz)	Gama Erro
120	32,5	± 10 5%
240	65,5	
360	99,3	
480	133,1	
600	166,7	
720	199,9	



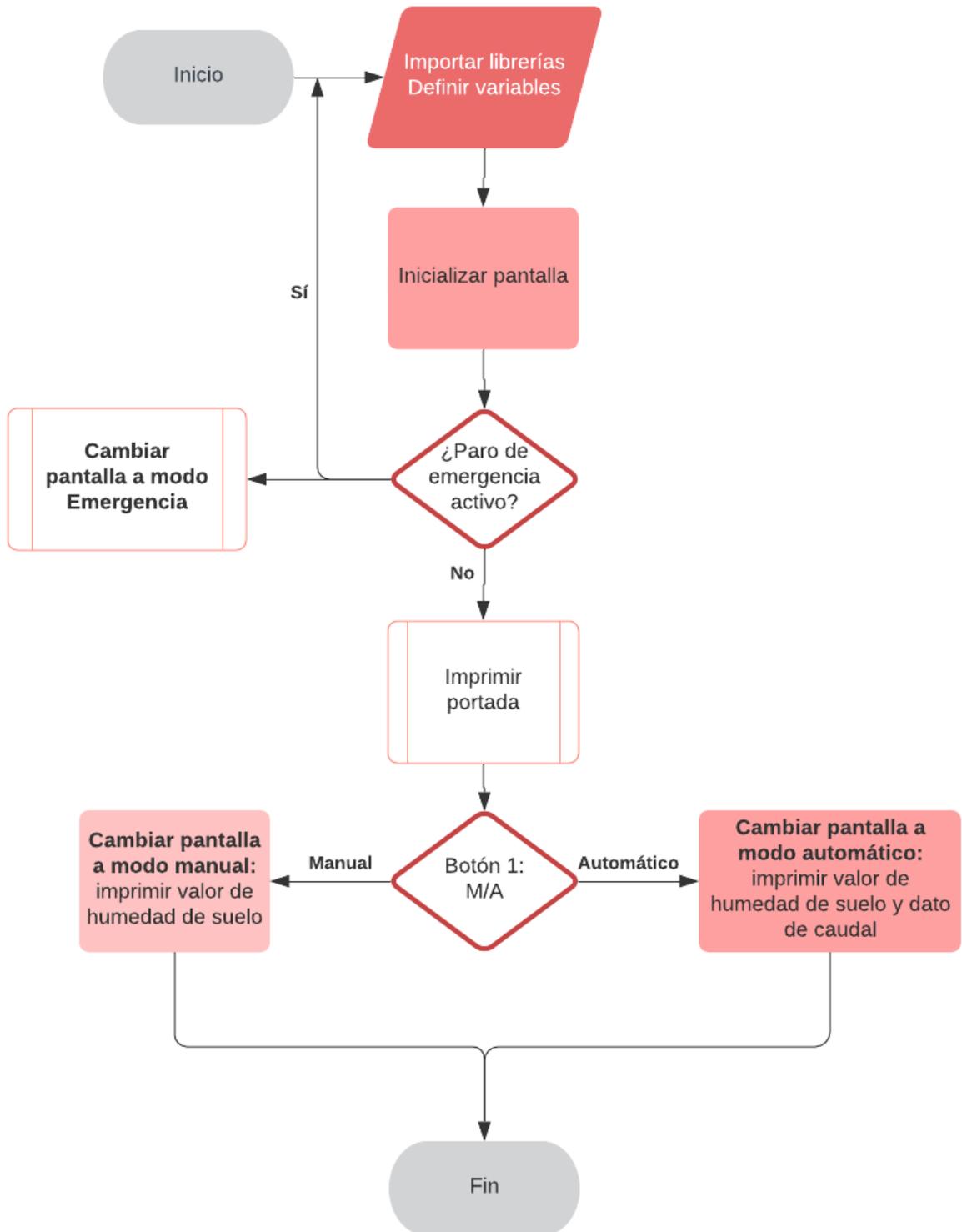
Connection method:



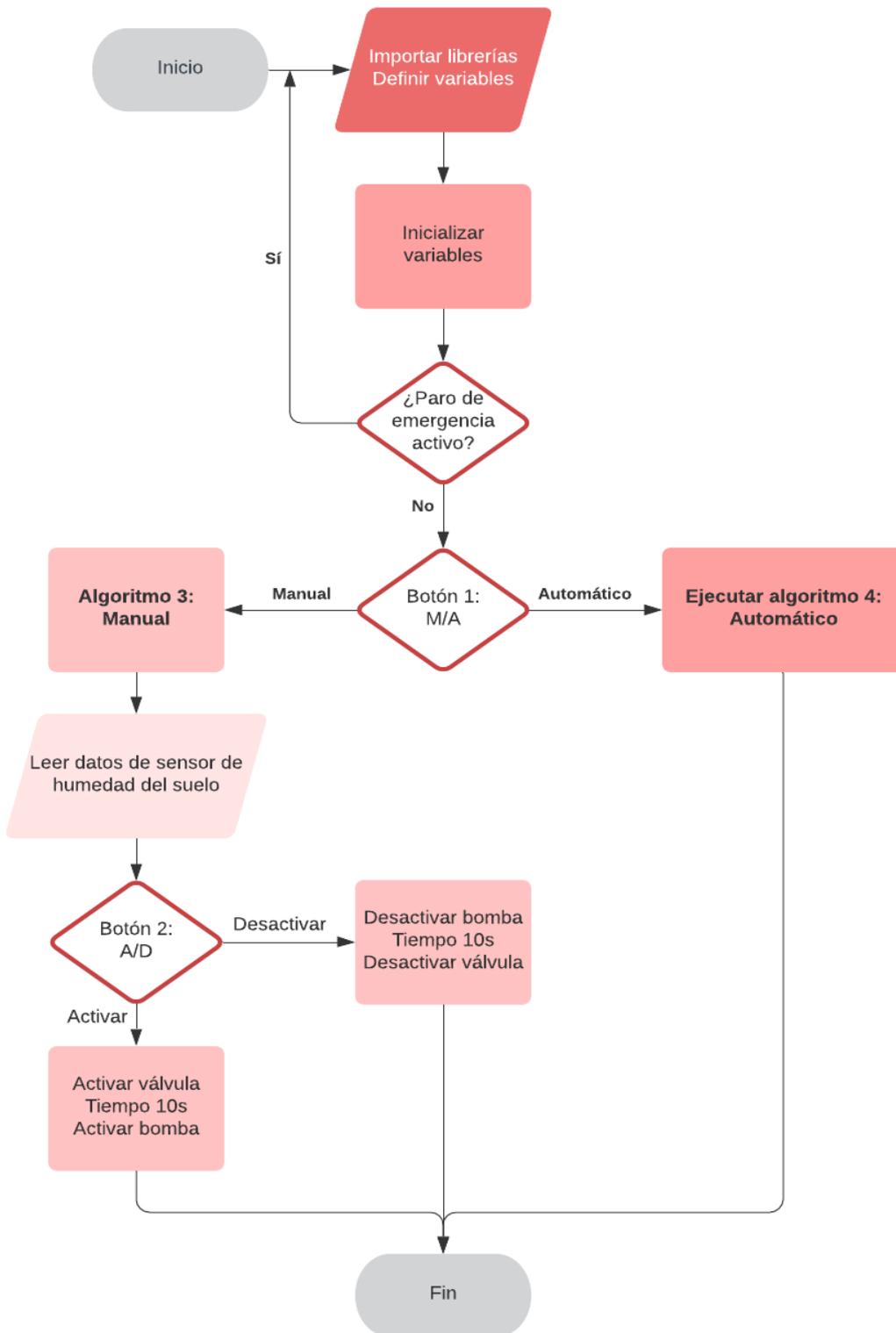
N°	Artículo	Material
1	Cable	GRABADO DE BOBINADO
2	Capó	Presiónes
3	Tornillo	Chapa de zinc
4	Cuerpo de la válvula	Presiónes
5	Presión de la válvula	
6	Imán	
7	sala	
8	Impulso	POM
9	Shaft de acero	SUS304



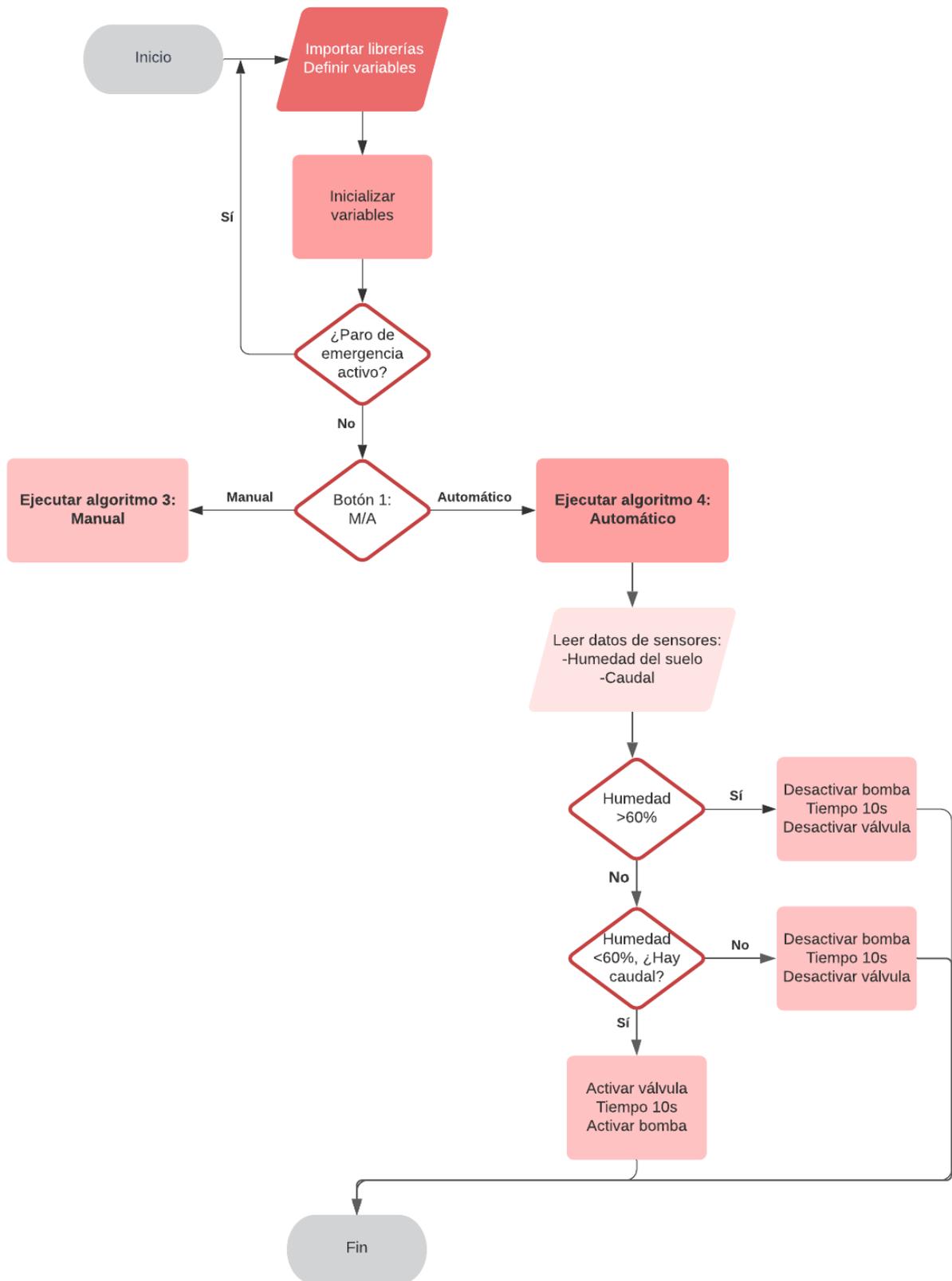
Anexo H: Pseudocódigo Pantalla GLCD



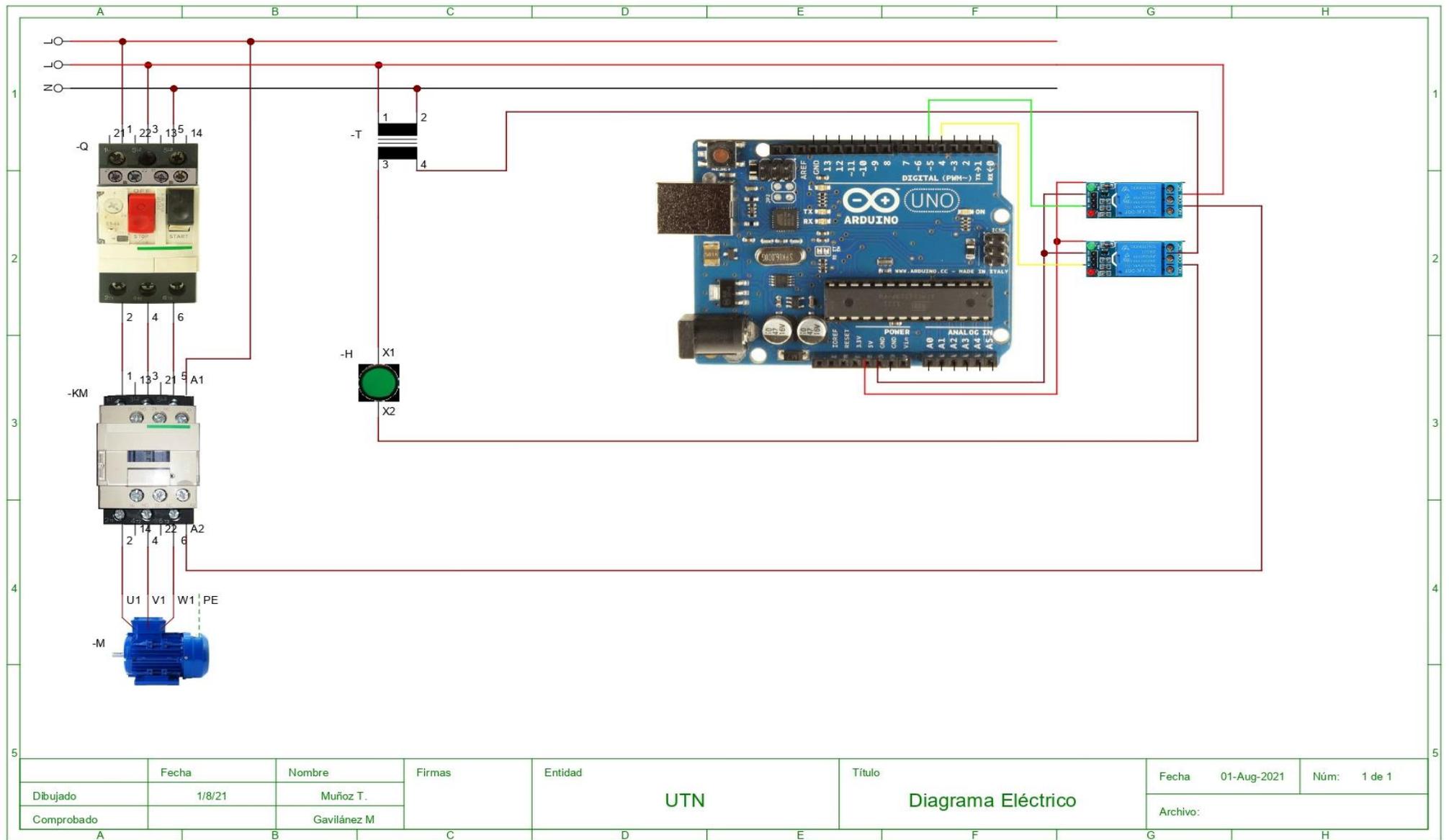
Anexo I: Pseudocódigo algoritmo 3: Manual



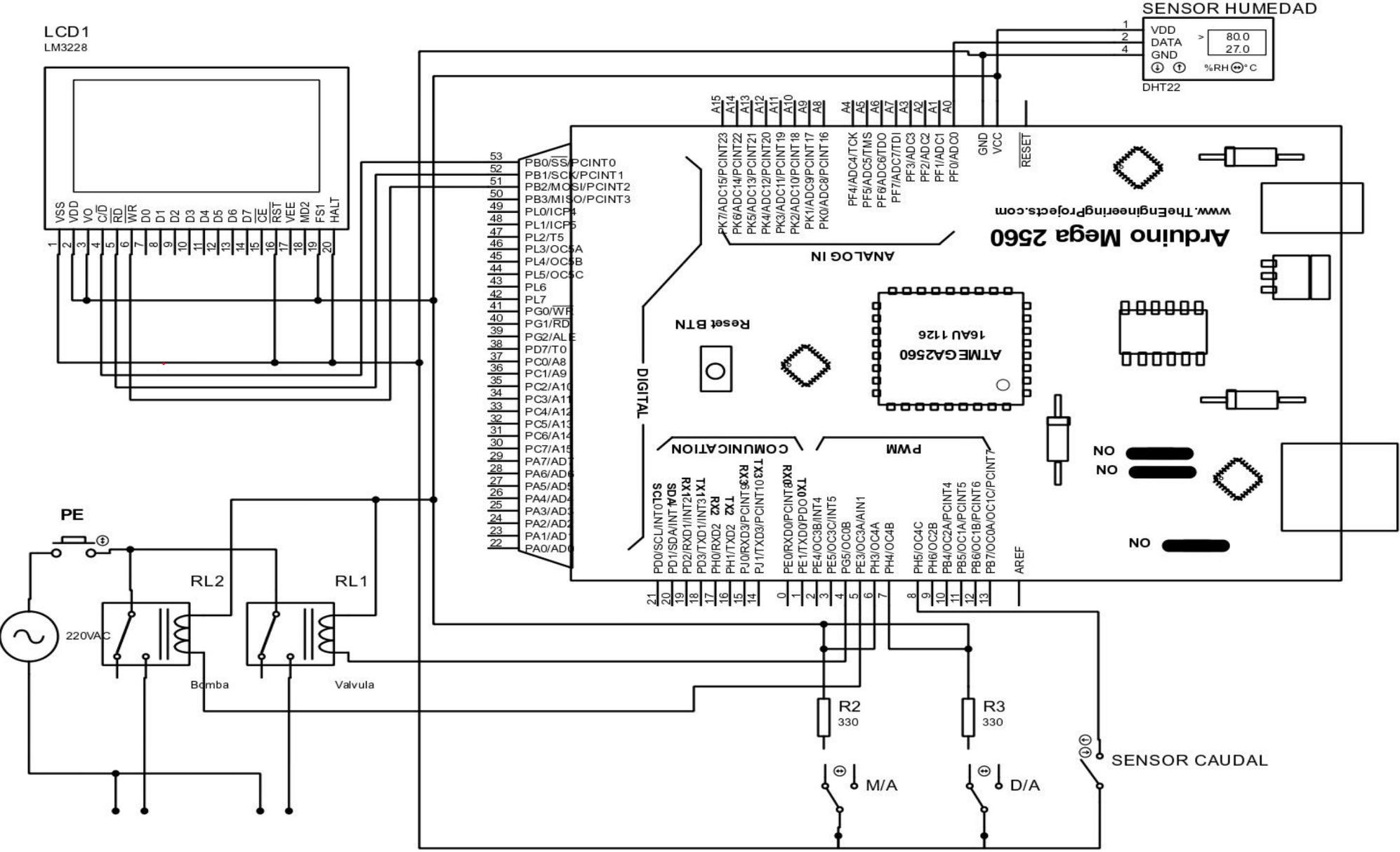
Anexo J: Pseudocódigo algoritmo 4: Automático



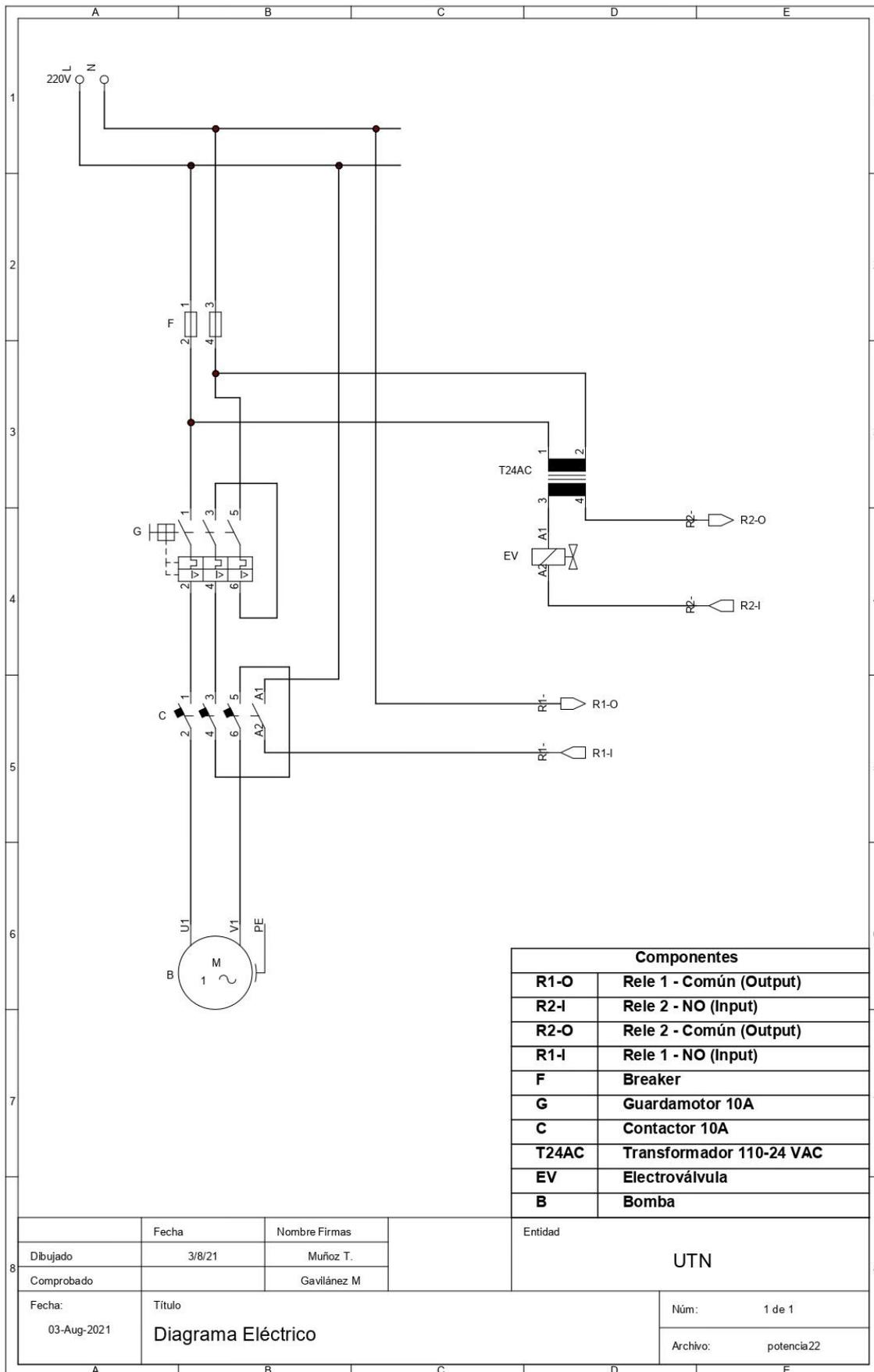
Anexo K: Diagrama Eléctrico-Electrónico



Anexo L: Diagrama electrónico del sistema de control



Anexo M: Diagrama eléctrico del sistema de potencia



Anexo N: Guardamotor

Ficha técnica del producto Características

GV2ME14

Guardamotor Termomagnético TeSys GV2 AC-3
6-10A 100kA 3P3D



Principal

Gama	TeSys
Nombre del producto	TeSys GV2
Tipo de producto o componente	Interrupor automático
Nombre corto del dispositivo	GV2ME
Aplicación del dispositivo	Motor
Tecnología de unidad de disparo	Térmico-magnético

Complementario

Número de polos	3P
Tipo de red	CA
Categoría de utilización	AC-3 acorde a IEC 60947-4-1 Category A conforming to IEC 60947-2
Frecuencia asignada de empleo	50/60 Hz acorde a IEC 60947-4-1
Modo de fijación	Carril DIN simétrico de 35 mm, estado 1 encliquetado Panel, estado 1 atornillado - tipo de cable: with adaptor plate)
Posición de funcionamiento	Cualquier posición
Potencia del motor en kW	3 kW en 400/415 V CA 50/60 Hz 4 kW en 400/415 V CA 50/60 Hz 4 kW en 500 V CA 50/60 Hz 5.5 kW en 690 V CA 50/60 Hz 7.5 kW en 690 V CA 50/60 Hz 5.5 kW en 500 V CA 50/60 Hz
Poder de corte	100 kA Icu en 230/240 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 100 kA Icu en 400/415 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 3 kA Icu en 690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 10 kA Icu at 500 V AC 50/60 Hz conforming to IEC 60947-2 15 kA Icu en 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
[Ics] poder de corte de servicio nominal en cortocircuito	100 % en 500 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 100 % en 230/240 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 100 % en 440 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2 100 % en 400/415 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2

02/08/2021

Life is On | Schneider
Electric

1

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

75 % en 690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2

Tipo de control	Pulsador
Corriente nominal (In)	10 A
Thermal protection adjustment range	6...10 A
Intensidad de disparo magnético	138 A
[Ue] tensión asignada de empleo	690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
[Ui] tensión asignada de aislamiento	690 V CA 50/60 Hz acorde a IEC 60947-2
[Ith] corriente térmica convencional	10 A acorde a IEC 60947-4-1
[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 kV acorde a IEC 60947-2
Potencia total disipada por polo	2.5 W
Endurancia mecánica	100000 ciclos
Durabilidad eléctrica	100000 ciclos para AC-3 en 440 V
Maximum operating rate	25 cyc/h
Servicio nominal	Continuo acorde a IEC 60947-4-1
Par de apriete	1.7 N.m en terminales de fijación por tornillo
Apto para seccionamiento	Sí acorde a IEC 60947-1
Sensibilidad de fallo de fase	Sí acorde a IEC 60947-4-1
Altura	89 mm
Anchura	45 mm
Profundidad	78.5 mm
Peso del producto	0.26 kg

Entorno

Normas	EN/IEC 60947-2 EN/IEC 60947-4-1 CSA C22.2 No 60947-4-1 UL 60947-4-1
Certificaciones de producto	IECEE CB Scheme UL CSA CCC EAC ATEX BV LROS (Lloyds Register of Shipping) DNV-GL RINA
Tratamiento de protección	TH
Grado de protección IP	IP20 conforming to IEC 60529
Grado de protección IK	IK04
Temperatura ambiente de funcionamiento	-20...60 °C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...80 °C
Resistencia al fuego	960 °C conforming to IEC 60695-2-1
Altitud máxima de funcionamiento	2000 m

Packing Units

Tipo de Unidad de Paquete 1	PCE
Número de Unidades en el Paquete 1	1
Paquete 1 Peso	272 g
Paquete 1 Altura	4.5 cm
Paquete 1 ancho	8.5 cm
Paquete 1 Largo	9 cm

2

Life Is On |  Schneider Electric

Offer Sustainability

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin mercurio	Sí
Información sobre exenciones de RoHS	Sí
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Producto fuera del ámbito de RoHS China. Declaración informativa de sustancias
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 months
---------------------	-----------

Anexo O: Contactor

Ficha técnica del producto Características

LC1D09F7

Contactor TeSys D D 3P AC-3 440V 9A Bobina
110 VAC



Principal

Gama	TeSys
Nombre del producto	TeSys D
Tipo de producto o componente	Conector
Nombre corto del dispositivo	LC1D
Aplicación del contactor	Carga resistiva Control del motor
Categoría de empleo	AC-1 AC-3 AC-4
Número de polos	3P
Power pole contact composition	3 NA
[Ue] tensión asignada de empleo	Power circuit: ≤ 690 V AC 25...400 Hz Power circuit: ≤ 300 V DC
[Ie] corriente asignada de empleo	9 A (at <60 °C) at ≤ 440 V AC AC-3 for power circuit 25 A (at <60 °C) at ≤ 440 V AC AC-1 for power circuit
Potencia del motor en kW	2.2 kW at 220...230 V AC 50/60 Hz (AC-3) 4 kW at 380...400 V AC 50/60 Hz (AC-3) 4 kW at 415...440 V AC 50/60 Hz (AC-3) 5.5 kW at 500 V AC 50/60 Hz (AC-3) 5.5 kW at 660...690 V AC 50/60 Hz (AC-3) 2.2 kW at 400 V AC 50/60 Hz (AC-4)
Motor power HP (UL / CSA)	1 hp at 230/240 V AC 50/60 Hz for 1 phase motors 2 hp at 200/208 V AC 50/60 Hz for 3 phases motors 2 hp at 230/240 V AC 50/60 Hz for 3 phases motors 5 hp at 460/480 V AC 50/60 Hz for 3 phases motors 7.5 hp at 575/600 V AC 50/60 Hz for 3 phases motors 0.33 hp at 115 V AC 50/60 Hz for 1 phase motors
Tipo de circuito de control	AC at 50/60 Hz
[Uc] tensión del circuito de control	110 V AC 50/60 Hz
Composición de los contactos auxiliares	1 NA + 1 NC

2/08/2021

Life Is On | Schneider
Electric

1

Descargo de responsabilidad: Esta documentación no ha sido diseñada como reemplazo, ni se debe utilizar para determinar la idoneidad o la confiabilidad de estos productos para aplicaciones específicas de usuarios.

[Uimp] Tensión asignada de resistencia a los choques	6 kV conforming to IEC 60947
Categoría de sobretensión	III
[Ith] corriente térmica convencional	25 A (at 60 °C) for power circuit 10 A (at 60 °C) for signalling circuit
Irms poder de conexión nominal	250 A at 440 V for power circuit conforming to IEC 60947 140 A AC for signalling circuit conforming to IEC 60947-5-1 250 A DC for signalling circuit conforming to IEC 60947-5-1
Poder asignado de corte	250 A at 440 V for power circuit conforming to IEC 60947
[Icw] Corriente temporal admisible	105 A 40 °C - 10 s for power circuit 210 A 40 °C - 1 s for power circuit 30 A 40 °C - 10 min for power circuit 61 A 40 °C - 1 min for power circuit 100 A - 1 s for signalling circuit 120 A - 500 ms for signalling circuit 140 A - 100 ms for signalling circuit
Fusible asociado	10 A gG for signalling circuit conforming to IEC 60947-5-1 25 A gG at <= 690 V coordination type 1 for power circuit 20 A gG at <= 690 V coordination type 2 for power circuit
Impedancia media	2.5 mOhm - Ith 25 A 50 Hz for power circuit
[Uj] tensión asignada de aislamiento	Power circuit: 690 V conforming to IEC 60947-4-1 Power circuit: 600 V CSA certified Power circuit: 600 V UL certified Signalling circuit: 690 V conforming to IEC 60947-1 Signalling circuit: 600 V CSA certified Signalling circuit: 600 V UL certified
Durabilidad eléctrica	0.6 Mcycles 25 A AC-1 at Ue <= 440 V 2 Mcycles 9 A AC-3 at Ue <= 440 V
Potencia disipada por polo	1.56 W AC-1 0.2 W AC-3
Front cover	Con
Tipo de montaje	Placa Carril
Normas	CSA C22.2 No 14 EN 60947-4-1 EN 60947-5-1 IEC 60947-4-1 IEC 60947-5-1 UL 508
Certificaciones de producto	UL GOST GL CCC BV LROS (Lloyds Register of Shipping) CSA DNV RINA
Conexiones - terminales	Power circuit: screw clamp terminals 1 cable(s) 1...4 mm ² flexible without cable end Power circuit: screw clamp terminals 2 cable(s) 1...4 mm ² flexible without cable end Power circuit: screw clamp terminals 1 cable(s) 1...4 mm ² flexible with cable end Power circuit: screw clamp terminals 2 cable(s) 1...2.5 mm ² flexible with cable end Power circuit: screw clamp terminals 1 cable(s) 1...4 mm ² solid without cable end Power circuit: screw clamp terminals 2 cable(s) 1...4 mm ² solid without cable end Control circuit: screw clamp terminals 1 cable(s) 1...4 mm ² flexible without cable end Control circuit: screw clamp terminals 2 cable(s) 1...4 mm ² flexible without cable end Control circuit: screw clamp terminals 1 cable(s) 1...4 mm ² flexible with cable end Control circuit: screw clamp terminals 2 cable(s) 1...2.5 mm ² flexible with cable end Control circuit: screw clamp terminals 1 cable(s) 1...4 mm ² solid without cable end Control circuit: screw clamp terminals 2 cable(s) 1...4 mm ² solid without cable end
Par de apriete	Power circuit: 1.7 N.m - on screw clamp terminals - with screwdriver flat Ø 6 mm Power circuit: 1.7 N.m - on screw clamp terminals - with screwdriver Phillips No 2 Control circuit: 1.7 N.m - on screw clamp terminals - with screwdriver flat Ø 6 mm Control circuit: 1.7 N.m - on screw clamp terminals - with screwdriver Phillips No 2
Duración de maniobra	12...22 ms closing 4...19 ms opening
Nivel de fiabilidad de seguridad	B10d = 1369863 cycles contactor with nominal load conforming to EN/ISO 13849-1 B10d = 2000000 cycles contactor with mechanical load conforming to EN/ISO 13849-1

Endurancia mecánica	15 Mcycles
Rango de operación	3600 cyc/h 60 °C

Complementario

Característica de la bobina	Sin filtro antiparasitario de serie
Límites de tensión del circuito de control	0.3...0.6 Uc (-40...70 °C):drop-out AC 50/60 Hz 0.8...1.1 Uc -40...60 °C operativa AC 50 Hz 0.85...1.1 Uc -40...60 °C operativa AC 60 Hz 1...1.1 Uc (60...70 °C):operational AC 50/60 Hz
Consumo a la llamada en VA	70 VA 60 Hz cos phi 0.75 (at 20 °C) 70 VA 50 Hz cos phi 0.75 (at 20 °C)
Consumo de mantenimiento en VA	7.5 VA 60 Hz cos phi 0.3 (at 20 °C) 7 VA 50 Hz cos phi 0.3 (at 20 °C)
Disipación de calor	2...3 W at 50/60 Hz
Tipo de contactos auxiliares	type mechanically linked 1 NO + 1 NC conforming to IEC 60947-5-1 type mirror contact 1 NC conforming to IEC 60947-4-1
Frecuencia del circuito de señalización	25...400 Hz
Corriente mínima de conmutación	5 mA for signalling circuit
Tensión mínima de conmutación	17 V for signalling circuit
Tiempo de no superposición	1.5 ms on de-energisation between NC and NO contact 1.5 ms on energisation between NC and NO contact
Resistencia de aislamiento	> 10 MOhm for signalling circuit

Entorno

Grado de protección IP	IP20 front face conforming to IEC 60529
Tratamiento de protección	TH conforming to IEC 60068-2-30
Grado de contaminación	3
Temperatura ambiente de funcionamiento	-40...60 °C 60...70 °C with derating
Temperatura ambiente de almacenamiento	-60...80 °C
Altitud máxima de funcionamiento	0...3000 m
Resistencia al fuego	850 °C conforming to IEC 60695-2-1
Resistencia a las llamas	V1 acorde a UL 94
Resistencia mecánica	Vibrations contactor open: 2 Gn, 5...300 Hz Vibrations contactor closed: 4 Gn, 5...300 Hz Shocks contactor open: 10 Gn for 11 ms Shocks contactor closed: 15 Gn for 11 ms
Altura	77 mm
Ancho	45 mm
Profundidad	86 mm
Peso del producto	0,32 kg

Packing Units

Tipo de Unidad de Paquete 1	PCE
Número de Unidades en el Paquete 1	1
Paquete 1 Peso	353 g
Paquete 1 Altura	5 cm
Paquete 1 ancho	9,2 cm
Paquete 1 Largo	11,2 cm
Tipo de Unidad de Paquete 2	S02
Número de Unidades en el Paquete 2	20
Paquete 2 Peso	7,39 kg
Paquete 2 Altura	15 cm
Paquete 2 Ancho	30 cm

Paquete 2 Largo	40 cm
Tipo de Unidad de Paquete 3	P06
Número de Unidades en el Paquete 3	320
Paquete 3 Peso	130,555 kg
Paquete 3 Altura	80 cm
Paquete 3 Ancho	80 cm
Paquete 3 Largo	60 cm

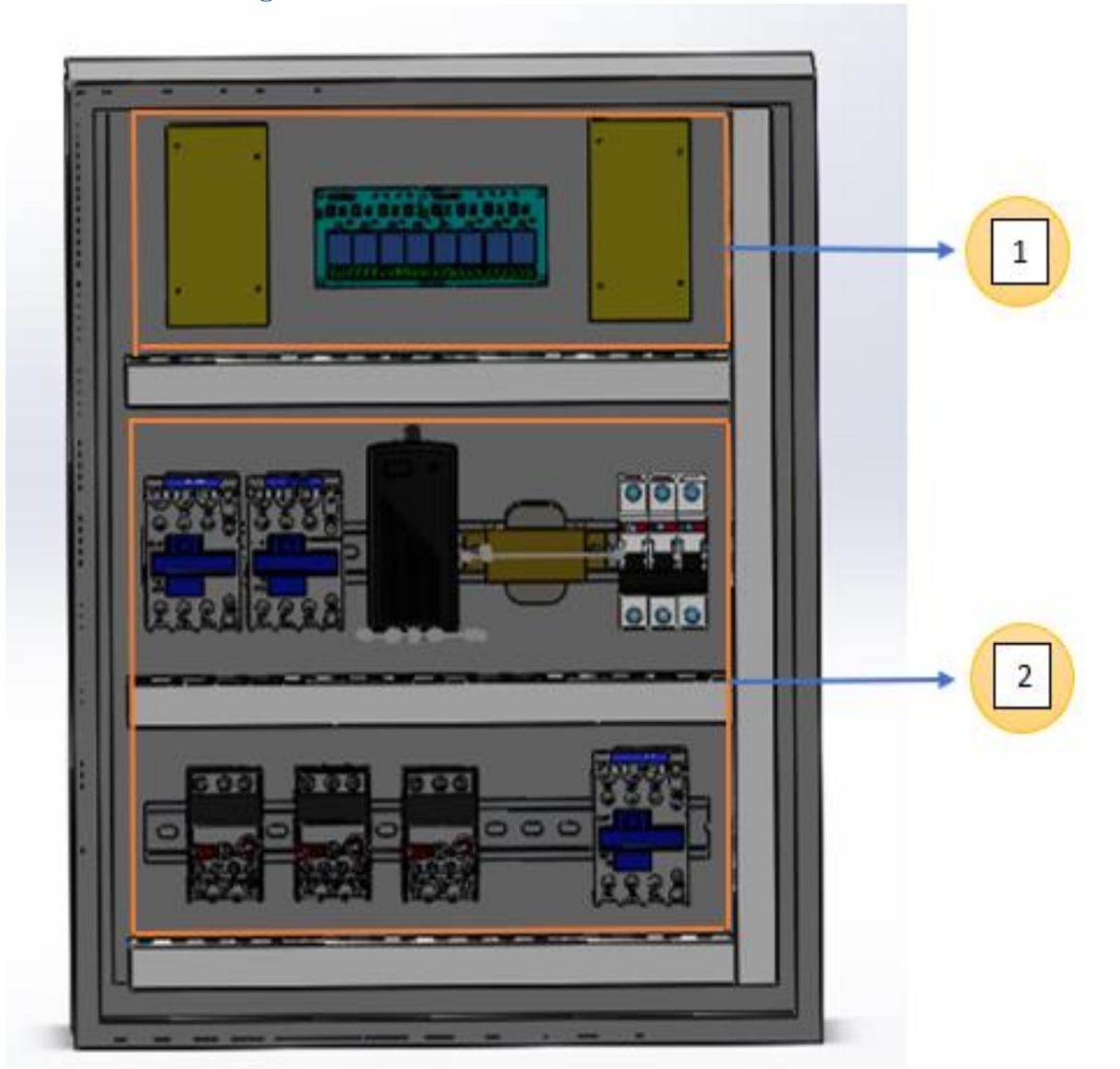
Offer Sustainability

Estado de oferta sostenible	Producto Green Premium
Reglamento REACH	Declaración de REACH
Conforme con REACH sin SVHC	Si
Directiva RoHS UE	Conforme Declaración RoHS UE
Sin metales pesados tóxicos	Si
Sin mercurio	Si
Información sobre exenciones de RoHS	Si
Normativa de RoHS China	Declaración RoHS China Declaración proactiva de RoHS China (fuera del alcance legal de RoHS China)
Comunicación ambiental	Perfil ambiental del producto
Perfil de circularidad	Información de fin de vida útil
RAEE	En el mercado de la Unión Europea, el producto debe desecharse de acuerdo con un sistema de recolección de residuos específico y nunca terminar en un contenedor de basura.
Sin PVC	Si

Garantía contractual

Periodo de garantía	18 Meses
---------------------	----------

Anexo P: Diseño de gabinete



Número	Sistema
1	Control
2	Potencia

Anexo Q: Manual de usuario



UNIVERSIDAD TÉCNICA DEL NORTE
FACULTAD DE INGENIERÍA EN CIENCIAS APLICADAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

“Manual de usuario”

TAMIA MUÑOZ

Ibarra 2021

Introducción

El objetivo del manual es ayudar al operario a manipular de manera correcta el sistema implementado en el invernadero.

COMPONENTES

Gabinete

Para la automatización del sistema se implementó un gabinete de 50x40, el sistema de control y potencia están ubicadas estratégicamente. En la parte frontal del gabinete se encuentran los botones de manejo del sistema y la pantalla donde se visualizará la información. En la parte interna se encuentran todos los elementos necesarios para que el sistema funcione correctamente.

Gabinete parte externa:



Tabla 1

Descripción controladores del sistema

Número	Elemento	Descripción
1	Pantalla	Visualización de la información
2	Paro de emergencia	Detener el sistema en caso de existir fallos
3	Perilla 1	Modo de funcionamiento: manual / automático

4	Perilla 2	Modo manual: activar o desactivar sistema
---	-----------	---

Gabinete parte interna:

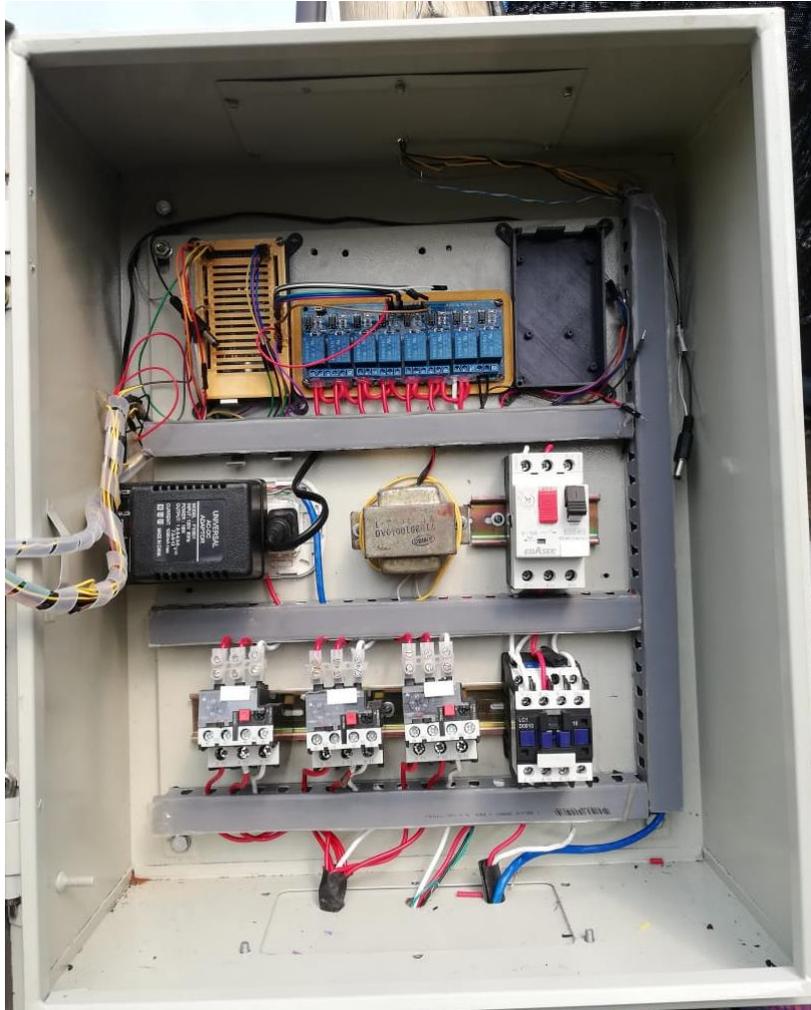


Tabla 2

Ubicación de componentes

Número	Sistema	Elementos
1	Control	Arduino Mega 2560
		Relés
2	Potencia	Guardamotor
		Contactador
		Transformador 110/24 VAC
		Fuente 7.5 VDC

Emergencia

El pulsador de paro de emergencia detiene todo el sistema en caso de existir fallos, automáticamente detiene todo el sistema y se visualiza un mensaje de alarma. El sistema no se iniciará hasta que el operador desactive el paro de emergencia.



Portada

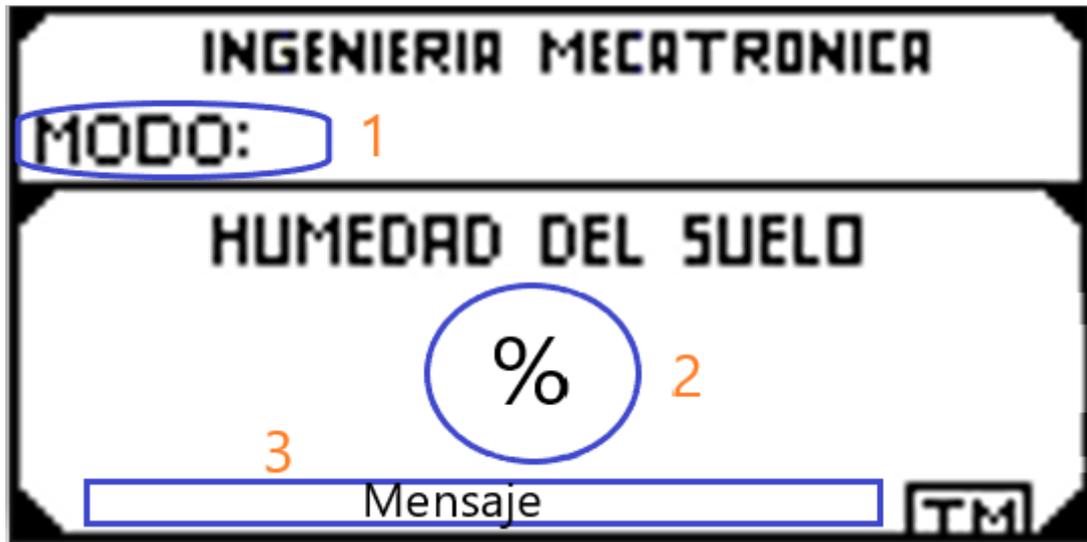
El sistema inicia automáticamente al ser energizada la placa Arduino, se observa una portada por 7 segundos y las variables se inicializan.



Pantalla

La perilla 1 determina el modo de funcionamiento del sistema, el programa leerá el estado de la perilla e imprimirá en la pantalla el modo de funcionamiento, esta segunda pantalla

contiene el modo de funcionamiento en la parte superior (1), la humedad del suelo en la parte central de la pantalla (2) y en la parte inferior un aviso (3).



El orden de activación del sistema de riego es:

Activar válvula

Esperar 10 segundos

Activar bomba

El orden de desactivación del sistema de riego es:

Desactivar bomba

Esperar 10 segundos

Desactivar válvula

Tabla 2

Partes de la pantalla:

Número	Asignación
1	Modo: indicará que el sistema está trabajando en modo automático
2	Humedad del suelo: mostrará constantemente el porcentaje
3	Aviso: imprime los mensajes según los estados.

FUNCIONAMIENTO

Modo automático

La perilla inicia en 0, por lo que el programa determina que el funcionamiento es automático.

El sistema lee datos del sensor de humedad del suelo y el sensor de caudal, para tomar decisiones con relación al riego.

Tabla 3

Funcionamiento

Acciones		Descripción	Acción
Acción 1:		Humedad del suelo mayor al 60%:	-No activar el sistema de irrigación. -Mensaje: Suelo Húmedo
Acción 2:	Acción 2.1	-Humedad del suelo menor al 60% -Hay caudal	-Activar el sistema de riego -Mensaje: Suelo seco
	Acción 2.2	-Humedad del suelo menor al 60% -No hay caudal	-Desactivar el sistema de riego -Mensaje: No hay caudal

Modo Manual:

La perilla 1 cambia de estado de 0 a 1, el programa determina que se ha cambiado a modo manual.

La segunda perilla funciona solo cuando el sistema está en modo manual, esta perilla permite activar o desactivar el sistema de riego cuando el operario lo considere necesario o cuando necesite hacer un mantenimiento al cabezal de riego.

Tabla 4

Funcionamiento de la perilla 2

Estado	Acción
0	-Desactivar sistema de riego -Mensaje: Sistema desactivado
1	-Activar sistema de riego -Mensaje: Sistema activo

CONEXIONES

Asignación de pines de cada componente

Para la realización de este proyecto se usó una tarjeta Arduino mega 2560, al cual se conectaron diversos componentes utilizados para la automatización del sistema de riego del invernadero.

Tabla 5

Elementos

Número	Elemento	Conexión	
1	Sensor de humedad del suelo resistente a la corrosión	5 VDC	
		Pin: A0	
		GND	
2	Sensor de caudal	5 VDC	
		Pin: 2	
		GND	
3	Pantalla LCD 128x64	BLK	GND
		PSB	
		GND	
		BLA	5 VDC
		VCC	
		RS	53
		E	52
		R/W	51
4	Relé: electroválvula (NA)	5 VDC	
		Pin: 4	
		GND	
5	Relé: bomba (NA)	5 VDC	
		Pin: 5	
		GND	
6	Perilla 1: manual/automático	5 VDC	
		Pin: 6	
		GND	
7	Perilla 2: activar/desactivar	5 VDC	
		Pin: 7	
		GND	

8	Paro de emergencia	5 VDC
		Pin: 3
		GND

MANUAL DE MANTENIMIENTO

Gabinete

Es importante realizar un mantenimiento periódico de los elementos que conforma el sistema automático de riego por goteo. El siguiente manual detalla los procedimientos a seguir para realizar un mantenimiento general.

Tabla 6

Tablero de control

TIEMPO	ACTIVIDAD POR REALIZAR
Trimestral	Verificar continuidad en los componentes del gabinete
	Revisar elementos de potencia
	Revisar cableado
	Revisar terminales
	Verificar las conexiones de la bomba de agua
	Verificar las conexiones de la electroválvula
Mensual	Verificar pantalla
	Verificar que las perillas funciones correctamente
	Revisar Arduino
	Revisar relés
	Revisar envío de datos del sensor del caudal
	Comprobar calibración del sensor de humedad del suelo
Semanal	Revisar impermeabilidad del gabinete
	Revisar protectores de elementos de control

Mantenimiento general

Para realizar un mantenimiento general se debe realizar los siguientes pasos:

Analizar los problemas

Analizar las posibles causas

Buscar las soluciones

Mantenimiento correctivo

Para los siguientes posibles problemas a presentarse en el proyecto se debe realizar un mantenimiento correctivo, a continuación, se describe las posibles fallas y que acciones debe realizar el operario.

Tabla 7

Mantenimiento sistema de control

Problema	Causa	Solución
Sistema de control no enciende	No hay alimentación	-Verificar continuidad
	Corto circuito	-Verificar conexiones
	Terminales desconectadas	-Cambio de componentes
	Pines mal conectados	-Verificar sensores de
	Componentes quemados	humedad del suelo y caudal
	Sensores desconectados o averiados	

Tabla 8

Mantenimiento sistema de potencia

Problema	Causa	Solución
Sistema de potencia no acciona	No hay alimentación	-Verificar continuidad
	Terminales desconectadas	-Verificar conexiones
	Corto circuito	-Verificar elementos de
	Componentes dañados	protección
	Bomba averiada	-Mantenimiento de
	Solenoides quemados	actuadores
	-Cambio de elementos quemados o averiados	

Mantenimiento preventivo

Es importante realizar mantenimiento preventivo para alargar la vida útil de los componentes, y asegurar el correcto funcionamiento del sistema, el mantenimiento debe realizarse en un intervalo de 2 meses.

Revisar sensores

Sensor de humedad del suelo

Con el pasar del tiempo las sondas de conductividad pueden corroerse, lo que podría dar datos erróneos de la humedad del suelo, aunque esto es poco probable. Por lo general, existe daños en el cableado, esto puede ser debido a cortes, aplastamiento, etc.

Tener cuidado al momento de realizar limpieza del suelo, o realizar la fertilización.

Si necesita reubicar el sensor, cambiarlo retirarlo, de ninguna forma tire de los cables. Evitar que los rayos del sol incidan directamente en el sensor.

Si desea guardar el sensor asegúrese de limpiarlo para que no queden restos de tierra y guárdelos en una funda plástica.

Revisar alimentación

Es necesario verificar el estado de la fuente variable de alimentación, para evitar que no sobre pase el voltaje permitido en la placa Arduino o de los sensores.

Revisar que no existan componentes quemados, continuidad en el cableado, posibles corto circuitos, revisar que las terminales estén en buen estado.

Es importante que no haya humedad alrededor de la alimentación.

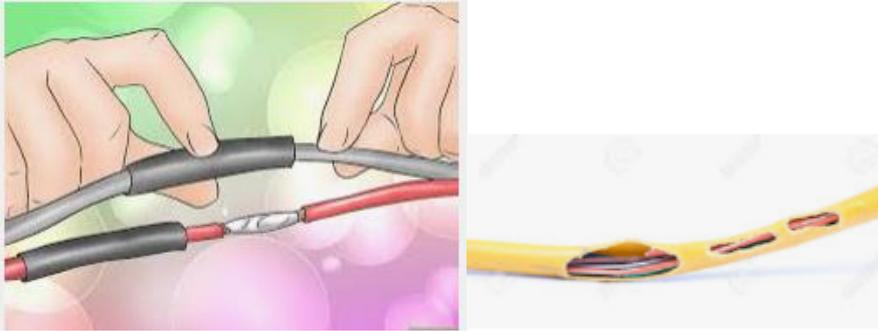


Revisar cableado

Verificar que no existan cables cortados

Las conexiones no hagan cortocircuito

Los cables al estar sujetos en los postes del invernadero deben estar protegidos para evitar que el recubrimiento de los cables se dañe.



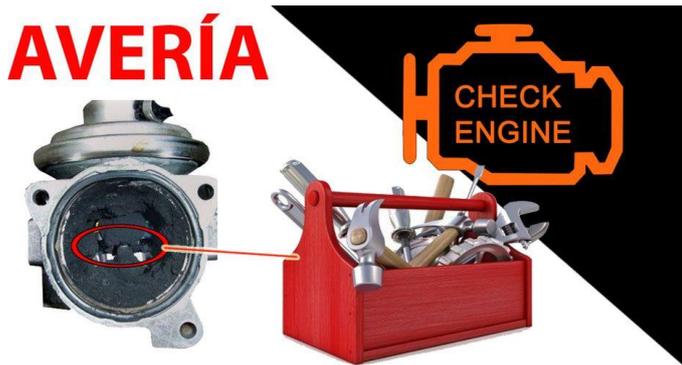
Limpiar gabinete

El gabinete debe ser limpiado constantemente del polvo ya que podrían causar daños en los elementos eléctricos y electrónicos del sistema.

Revisar electroválvula

Evitar taponamientos en las vías de la válvula.

Revisar daños eléctricos del solenoide



Revisar bomba de agua

Examinar las bridas por si existen fugas, fisuras, desgastes o partes oxidadas que puedan hacer peligrar el funcionamiento.

Examinar y reparar sellos.

Eliminar la acumulación de polvo y suciedad del motor.

Inspeccionar el sello mecánico y embalaje.

TARJETA DE MANTENIMIENTO

	UNIVERSIDAD TECNICA DEL NORTE				Código	TM-001
					Versión	2021
	Tarjeta de Mantenimiento				Página	
Responsable				Código		
Equipo				Marca		
Modelo				Serie		
Información	Manual		Planos		Repuestos	
	Si	No	Si	No	Si	No
Partes	Actividad				Tiempo	

Anexo R Código Arduino

```
/*
-----LIBRERIAS-----
*/
#include <U8g2lib.h>           //Librería de LCD 128x64

/*
-----PANTALLA-----
*/
//ASIGNACIONES
U8G2_ST7920_128X64_F_SW_SPI    //Asignación de LCD
u8g2(U8G2_R0, 52, 51, 53, U8X8_PIN_NONE); //E=52, R/W=51, RS=53,
PSB=gnd, BLK=gnd, BLA=vcc,

/*
-----COMPONENTES-----
*/
const int SH = A0;           //pin sensor humedad
const int SC = 2;           //pin sensor de caudal
const int Va = 4;           //pin electrovalvula
const int Mo = 5;           //pin bomba
const int Em = 11;          //pin led emergencia
const int MA = 6;           //pin botón manual/automatico
const int AD = 7;           //pin botón de activacion/desactivacion del sistema
const int PE = 3;           //pin botón de paro de emergencia
const int Rst = 11;         //pin para resetear sistema

/*
-----VARIABLES UNIVERSALES-----
*/
float lecturaSH;           //variable para leer sensor de humedad
```

```

int valorHumedad;      //variable para convertir humedad
float caudal;          //variable para imprimir el caudal
int botonMA;           //variable para leer boton manual/automatico
int botonAD;           //variable para leer boton de activar/desactivar el sistema
int botonPE;           //variable para leer boton de paro de emergencia
String modo;
String modo1;
volatile int NumPulsos; //variable para la cantidad de pulsos recibidos

/*
-----PORTADAS-----
*/

//Display LCD 128x64
int display = 1;      //Display 1
//Códigos imagenes
const uint8_t pnt[] U8X8_PROGMEM = {
    0xff, 0xff,
    0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x0f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
    0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0, 0x07, 0x00, 0x00, 0x00,
    0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xe0,
    0x03, 0x00, 0x80, 0xd2, 0x5b, 0x6a, 0xaf, 0x83, 0x68, 0x77, 0xdf, 0xbb,
    0xd4, 0x1d, 0x00, 0xc0, 0x01, 0x00, 0x80, 0x56, 0xc8, 0x2a, 0xa9, 0x82,
    0x2d, 0x51, 0x44, 0xaa, 0x55, 0x14, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x80, 0x5e,
    0xdb, 0x6b, 0xaf, 0x82, 0x6a, 0x51, 0xc4, 0xab, 0x57, 0x14, 0x00, 0x80,
    0x01, 0x00, 0x80, 0x5a, 0x4a, 0x2b, 0xa5, 0x83, 0x28, 0x71, 0x44, 0xa9,
    0x56, 0x1c, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x80, 0xd2, 0x5b, 0x6a, 0xa9, 0x82,
    0x68, 0x57, 0x44, 0xba, 0xd4, 0x15, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
    0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80,
    0x01, 0x00, 0x00,
    0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,

```

0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80,
0x01, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x89, 0x9c, 0xc7, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xd9, 0xa2, 0x28, 0x0a,
0x00, 0x80,
0xa9, 0xa2, 0x28, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x89, 0xa2, 0x28, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x89, 0xa2, 0x28, 0x0a,
0x00, 0x80,
0x89, 0x9c, 0xc7, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80,
0xff,
0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x1f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf8, 0x0f, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf0,
0x07, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0xe0, 0x03, 0x00, 0x00, 0x29, 0x45, 0x77, 0xde, 0x81,
0x73, 0x01, 0x97, 0x2e, 0x1e, 0x00, 0x00, 0xc0, 0x01, 0x00, 0x00, 0x29,
0x6d, 0x91, 0x52, 0x82, 0x14, 0x01, 0x91, 0x22, 0x12, 0x00, 0x00, 0x80,
0x01, 0x00, 0x00, 0x2f, 0x55, 0x97, 0x52, 0x82, 0x74, 0x01, 0x97, 0x2e,
0x12, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x29, 0x45, 0x91, 0x5e, 0x82,
0x14, 0x01, 0x94, 0x22, 0x12, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x29,
0x45, 0x91, 0x52, 0x82, 0x14, 0x01, 0x94, 0x22, 0x12, 0x00, 0x00, 0x80,
0x01, 0x00, 0x00, 0xe9, 0x45, 0x77, 0xd2, 0x81, 0x73, 0x07, 0xf7, 0xee,
0x1e, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80,


```
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80,
0x01, 0x00, 0x00,
0x00, 0xfc, 0xff, 0x81, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x04, 0x00, 0xc1, 0x07, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf4, 0x45, 0xe1,
0x0f, 0x00, 0x00,
0x00, 0x44, 0x6c, 0xf1, 0x1f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x44, 0x54, 0xf9, 0x3f, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x44, 0x44, 0xfd,
0xff, 0xff,
0xff, 0xff, 0xff, 0xff };
```

```
const uint8_t prtd[] U8X8_PROGMEM = {
0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x01, 0xc0, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x03,
0x60, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x06, 0x30, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x18, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x18,
0x0c, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x30, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x60, 0x82, 0xd2, 0xbb, 0xd4,
0xbd, 0x1e, 0x5c, 0x42, 0x74, 0xf7, 0xbe, 0xef, 0xa5, 0xee, 0x01, 0x40,
0x82, 0x56, 0x8a, 0x55, 0xa4, 0x12, 0xc4, 0xc2, 0x16, 0x91, 0x88, 0x28,
0xad, 0x22, 0x01, 0x40, 0x82, 0x5e, 0xb8, 0xd7, 0xbd, 0x12, 0xdc, 0x43,
0x75, 0x91, 0x88, 0x2f, 0xbd, 0x22, 0x01, 0x40, 0x82, 0x5a, 0x8b, 0x56,
0x94, 0x1e, 0x44, 0x43, 0x14, 0xf1, 0x88, 0x24, 0xb5, 0xe2, 0x01, 0x40,
```

0x82, 0x52, 0x8a, 0x54, 0x94, 0x12, 0x44, 0x42, 0x14, 0x91, 0x88, 0x24,
0xa5, 0x22, 0x01, 0x40, 0x82, 0xd2, 0xbb, 0xd4, 0x95, 0x12, 0x5c, 0x42,
0x74, 0x97, 0x88, 0xe4, 0xa5, 0x2e, 0x01, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40,
0x02, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40,
0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0xfc, 0x01, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0x03, 0x00, 0x80, 0x01,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xfe, 0x03, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00,
0x03, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0xc0, 0x04, 0x1a, 0x00, 0x40,
0x82, 0x3f, 0x00, 0x00, 0x03, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40,
0x73, 0x15, 0x00, 0x40, 0x82, 0x3f, 0x00, 0x00, 0x03, 0x00, 0x80, 0x01,
0x00, 0x00, 0x00, 0x40, 0x19, 0x13, 0x00, 0x40, 0x82, 0x01, 0x00, 0x00,
0x03, 0x00, 0x80, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40, 0xc9, 0x12, 0x00, 0x40,
0x82, 0x81, 0x7f, 0x7b, 0xbf, 0xed, 0x9f, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40,
0xdb, 0x1a, 0x00, 0x40, 0x82, 0x81, 0x7f, 0x7f, 0xbf, 0xef, 0x9f, 0x01,
0x00, 0x00, 0x00, 0xc0, 0x36, 0x1b, 0x00, 0x40, 0x82, 0x81, 0x61, 0x63,
0x83, 0x63, 0x98, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x80, 0xa5, 0x09, 0x00, 0x40,
0x82, 0x81, 0x61, 0x63, 0x83, 0x61, 0x98, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0xdb, 0x0c, 0x00, 0x40, 0x82, 0x81, 0x61, 0x63, 0x83, 0x61, 0x98, 0x01,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x42, 0x06, 0x00, 0x40, 0x82, 0x81, 0x61, 0x63,
0x83, 0x61, 0x98, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xbc, 0x01, 0x00, 0x40,
0x82, 0xbf, 0x7f, 0x63, 0xbf, 0xe1, 0x9f, 0x01, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x04, 0x00, 0x00, 0x40, 0x82, 0xbf, 0x7f, 0x63, 0xbf, 0xe1, 0x9f, 0x01,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x04, 0x00, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x00, 0x00, 0x40,
0x02, 0x00,
0x0c, 0xc0, 0x01, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,

0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x18, 0x70, 0x01, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x18, 0x18, 0x01, 0x40,
0x02, 0x60, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xe0,
0x33, 0x8c, 0x01, 0x40, 0x02, 0x60, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x38, 0x67, 0xc4, 0x00, 0x40, 0x02, 0x60, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x68, 0x64, 0x00, 0x40,
0x02, 0x60, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x18,
0xd8, 0x1a, 0x00, 0x40, 0x02, 0x7e, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x70, 0x86, 0x01, 0x00, 0x40, 0x02, 0x66, 0x09, 0xfc,
0x0f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xc0, 0x83, 0x03, 0x00, 0x40,
0x02, 0x66, 0x0d, 0xfc, 0x0f, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x07, 0x00, 0x40, 0x02, 0x66, 0x01, 0x0c, 0x0c, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0e, 0x00, 0x40, 0x02, 0x7e, 0x07, 0x0c,
0x6c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x00, 0x40,
0x02, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x6c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x08, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x0c, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0xfc,
0x6f, 0xff, 0xfc, 0xf3, 0x07, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40,
0x02, 0x00, 0x00, 0xfc, 0x6f, 0xc3, 0xfc, 0xf3, 0x07, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x66, 0xc3, 0x0c, 0x33,
0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x0c,
0x66, 0xc3, 0x0c, 0x33, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x40,
0x02, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x66, 0xff, 0x0c, 0x33, 0x06, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x66, 0x03, 0x0c, 0x33,
0x06, 0x00, 0xc0, 0xff, 0x18, 0x03, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x0c,
0x66, 0x03, 0x0c, 0x33, 0x06, 0x00, 0xc0, 0xff, 0xb8, 0x03, 0x00, 0x40,
0x02, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x66, 0x3f, 0xfc, 0xf3, 0x07, 0x00, 0x00, 0x0c,
0x58, 0x03, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x66, 0x3f, 0xfc, 0xf3,
0x07, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x18, 0x03, 0x00, 0x40, 0x02, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x18, 0x03, 0x00, 0x60,

```

0x06, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0c,
0x18, 0x03, 0x00, 0x30, 0x0c, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0xf8, 0x03,
0x00, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x1a, 0x03, 0x00, 0x18, 0x18, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0xf8, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x0c, 0x1a, 0x03, 0x00, 0x0c,
0x30, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x06, 0x60, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x00, 0x03, 0xc0, 0xff, 0xff, 0xff,
0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0xff, 0x01,
0x00, 0x00,
0x00, 0x00, 0x00, 0x00 };

```

```

/*

```

```

-----GRAFICAS-----

```

```

*/

```

```

void Portada(void){
    u8g2.drawXBMP(0, 0, 128, 64, prtd);
    u8g2.sendBuffer();
    delay(7000);
}

```

```

void Pantalla(void){
    u8g2.drawXBMP(0, 0, 128, 64, pnt);
    u8g2.sendBuffer();
}

```

```

void Emergencia(void){
    u8g2.clearBuffer();
    u8g2.setFont(u8g2_font_ncenB10_tr);
    u8g2.drawStr(7,55,"EMERGENCIA!");
    u8g2.setFont(u8g2_font_open_iconic_check_4x_t);
}

```

```

u8g2.drawGlyph(45, 38, 0x0042);
u8g2.drawRFrame(0,0,128,64,5);
u8g2.sendBuffer();

}
/*
-----SENSOR CAUDAL-----
*/
void Pulsos ()
{
  NumPulsos++; //incrementamos la variable de pulsos
}

//---Función para obtener frecuencia de los pulsos-----
int ObtenerFrecuencia()
{
  int frecuencia;
  NumPulsos = 0; //Ponemos a 0 el número de pulsos
  interrupts(); //Habilitamos las interrupciones
  delay(1000); //muestra de 1 segundo
  noInterrupts(); //Desabilitamos las interrupciones
  frecuencia=NumPulsos; //Hz(pulsos por segundo)
  return frecuencia;
}

/*
-----INICIALIZACIÓN-----
*/
void setup() {
  //GLCD

```

```

u8g2.begin();          //inicia lcd
u8g2.setFontMode(1);   //Ajustar el Tipo de Fondo
u8g2.setDrawColor(1);  //Ajustar el Color
Portada();             //Graficar portada
Serial.begin(9600);     //inicia comunicacion serial
pinMode(SH,INPUT);     //pin de entrada para sensor humedad
pinMode(SC,INPUT);     //pin de entrada para sensor caudal
pinMode(Va,OUTPUT);    //pin de salida para electrovalvula
pinMode(Mo,OUTPUT);    //pin de salida para bomba de agua
pinMode(MA,INPUT);     //pin de entrada para boton manual/automatico
pinMode(AD,INPUT);     //pin de entrada para boton de activacion/desactivacion
del sistema
pinMode(Em,INPUT);     //pin de entrada para led emergencia

attachInterrupt(digitalPinToInterrupt(PE),emer, LOW); //leer la interrupcion del boton
paro de emergencia cuando este cambie de 1 a 0

attachInterrupt(0,ContarPulsos,RISING); //(Interrupcion 0(Pin2),funcion,Flanco de
subida)
}

void loop() {

  MnAt();               //Funcion manual/automatica

}

/*
-----EMERGENCIA-----
*/

void emer(){            //funcion de interrupcion de boton paro de
emergencia

  botonPE = digitalRead(PE);
  while(botonPE == LOW){
    Serial.println("emergencia");
  }
}

```

```

    botonPE = digitalRead(PE);

    Emergencia();

    digitalWrite(Mo,HIGH);           //bomba OFF
    digitalWrite(Va,HIGH);         //valvula OFF

}

}
/*
-----PERILLA 1-----
*/

void MnAt(){
    botonMA = digitalRead(MA);       //leer estado del boton manual/actual
    if(botonMA == LOW ){             //si estado de boton = 0 se va a modo
    automatico
        Automatico();                //llamar a la funcion automatico
    }
    if (botonMA == HIGH ){           //si estado de boton = 1 se va a modo
    manual
        Manual();                     //llamar a la funcion manual
    }
}
/*
-----MODO: MANUAL-----
*/

void Manual(){
    if(botonMA == HIGH){
        Serial.println("manual");
        lecturaSH = analogRead(SH);  //leer pin de sensor de humedad
        valorHumedad = map(lecturaSH, 300, 700, 100, 0); //convertir humedad a
        porcentaje
        Pantalla();

```

```

u8g2.setFont(u8g2_font_nokiafc22_tf);
u8g2.drawStr(35,19,"MANUAL");
u8g2.setFont(u8g2_font_helvB18_te);
u8g2.setCursor(35,50);
u8g2.print(valorHumedad);
u8g2.drawStr(75,50,"%");
u8g2.sendBuffer();

//PERILLA 2

  botonAD = digitalRead(AD);           //leer estado del boton de
  Activar/desactivar sistema

  if(botonAD == LOW && botonMA == HIGH){           //si boton AD sistema esta
  en 0 y boton MA esta en 1, el sistema se apaga

    u8g2.setFont(u8g2_font_6x10_tf);
    u8g2.drawStr(15,60,"Sistema Apagado");
    u8g2.sendBuffer();

    digitalWrite(Mo,HIGH);           //bomba OFF
    delay(5000);
    digitalWrite(Va,HIGH);           //valvula OFF
  }

  if(botonAD == HIGH && botonMA == HIGH){           //si boton AD sistema esta
  en 1 y boton MA esta en 1, el sistema se prende

    u8g2.setFont(u8g2_font_6x10_tf);
    u8g2.drawStr(15,60,"Sistema Activo");
    u8g2.sendBuffer();

    digitalWrite(Va,LOW);           //valvula ON
    delay(5000);
    digitalWrite(Mo,LOW);           //bomba ON
  }
}
}
}
/*

```

```

-----MODULO: AUTOMÁTICO-----
*/
void Automatico(){
  if(botonMA == LOW){                                //apagar emergencia
    Serial.println("Automatico");
    lecturaSH = analogRead(SH);
    valorHumedad = map(lecturaSH, 300, 700, 100, 0);
    Pantalla();
    u8g2.setFont(u8g2_font_nokiafc22_tf);
    u8g2.drawStr(35,19,"AUTOMATICO");
    u8g2.setFont(u8g2_font_helvB18_te);
    u8g2.setCursor(35,50);
    u8g2.print(valorHumedad);
    u8g2.drawStr(75,50,"%");
    u8g2.sendBuffer();
    Pulsos();
    float frecuencia=ObtenerFrecuencia();           //obtenemos la Frecuencia de los
    pulsos en Hz                                   //leer pin de sensor caudal
    Serial.println(frecuencia);
    if (valorHumedad <= 60 && frecuencia <= 20){    //si humedad menor a 60 y
    caudal en 0, el sistema se apaga
    Serial.println("seco no caudal");
    u8g2.setFont(u8g2_font_6x10_tf);
    u8g2.drawStr(25,60,"No hay caudal");
    u8g2.sendBuffer();
    //delay(500);
    digitalWrite(Mo,HIGH);                          //bomba OFF
    delay(5000);
    digitalWrite(Va,HIGH);                          //valvula OFF
  }
}

```

```

    if (valorHumedad > 60){                                     //si humedad mayor a 60, sistema
apagado
    Serial.println("humedo");
    u8g2.setFont(u8g2_font_6x10_tf);
    u8g2.drawStr(25,60,"Suelo Humedo");
    u8g2.sendBuffer();
    digitalWrite(Mo,HIGH);                                     //bomba OFF
    delay(5000);
    digitalWrite(Va,HIGH);                                     //valvula OFF
    }
    if (valorHumedad <= 60 && caudal >20 1) {                 //si humedad menor igual a 60
y caudal 1, el sistema se activa
    Serial.println("seco");
    u8g2.setFont(u8g2_font_6x10_tf);
    u8g2.drawStr(25,60,"Suelo Seco");
    u8g2.sendBuffer();
    digitalWrite(Va,LOW);                                     //valvula ON
    delay(5000);
    digitalWrite(Mo,LOW);                                     //bomba ON
    }
}
}

```