



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

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PH APLICADO A
UN INVERNADERO DE LA ZONA ALTA SECTOR SALACHE.**

Proyecto de Titulación presentado previo a la obtención del Título de Ingenieros Eléctricos en
Sistemas Eléctricos de Potencia.

Autores:

Casa Toctaguano Jhonny Javier

Mañay Quinatoa Angel Orlando

Tutor Académico:

PhD. Secundino Marrero Ramírez.

LATACUNGA - ECUADOR

2023



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros **CASA TOTAGUANO JHONNY JAVIER** y **MAÑAY QUINATO A ANGEL ORLANDO**, declaramos ser autores del presente proyecto de investigación: “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PH APLICADO A UN INVERNADERO DE LA ZONA ALTA SECTOR SALACHE.**”, siendo el **PhD. MARRERO RAMÍREZ SECUNDINO** tutor del presente trabajo; y eximo expresamente a la Universidad Técnica de Cotopaxi y a sus representantes legales de posibles reclamos o acciones legales.

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

.....

Casa Toctaguano Jhonny Javier

C.C. 050402817-6

.....

Mañay Quinatoa Angel Orlando

C.C. 050322775-3




AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

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

“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PH APLICADO A UN INVERNADERO DE LA ZONA ALTA SECTOR SALACHE”, de los señores **CASA TOCTAGUANO JHONNY JAVIER** y **MAÑAY QUINATO A ANGEL ORLANDO**, de la carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia, considero que dicho Informe Investigativo cumple con los requerimientos metodológicos y aportes científico-técnicos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Validación de la propuesta que el Honorable Consejo Académico de la Facultad de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, agosto del 2023



.....

PhD. Marrero Ramírez Secundino

C.I. 175710790-7



APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe de Investigación de acuerdo a las disposiciones reglamentarias emitidas por la Universidad Técnica de Cotopaxi, y por la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas; por cuanto, los postulantes: **CASA TOCTAGUANO JHONNY JAVIER** y **MAÑAY QUINATO A ANGEL ORLANDO** con el título de Proyecto de Titulación “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PH APLICADO A UN INVERNADERO DE LA ZONA ALTA SECTOR SALACHE**”, han considerado las recomendaciones emitidas oportunamente y reúne los méritos suficientes para ser sometido al acto de sustentación de Proyecto.

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

Latacunga, agosto 2023

Para constancia firman:

Lector 1 (presidente)

Ing. Byron Paul Corrales Bastidas Msc.

C.C. 050234776-8

Lector 2

Ing. José Efren Barbosa Galarza Msc.

C.C. 050142072-3

Lector 3

Ing. Manuel Ángel León Segovia

C.C. 050204135-3



AVAL DE IMPLEMENTACIÓN

Mediante el presente documento pongo a consideración que el **Sr Casa Toctaguano Jhonny Javier** y **Mañay Quinatoa Angel Orlando** portadores de las cédulas N° **0504028176** y N° **050322775-3** estudiantes de la Universidad Técnica de Cotopaxi de la carrera de Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia, realizaron el diseño e implementación de su propuesta tecnológica bajo el nombre de “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PH APLICADO A UN INVERNADERO DE LA ZONA ALTA SECTOR SALACHE**”, trabajo que fue desarrollado de manera satisfactoria logrando obtener resultados positivos

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo al interesado hacer uso del presente documento en cuando estime conveniente mientras se encuentre dentro del marco legal.

Latacunga, agosto del 2023

Atentamente:

Ing. Marco Antonio Rivera Moreno Mg

C.C. 050151895-5

Director de la Carrera de Ingeniería Ambiental



AGRADECIMIENTO

Nuestro más sincero agradecimiento al PhD. Secundino Marrero por habernos guiado, compartiendo conocimientos y por ayudarnos en la realización de nuestro tema de tesis.

A nuestros padres, por darnos su apoyo constante y haber guiado de la mejor manera siendo el pilar fundamental para la culminación de nuestros objetivos.

Nuestro sincero reconocimiento y gratitud a la Universidad Técnica de Cotopaxi por abrirnos las puertas de la Institución, para poder formarnos como profesionales, impartiendo conocimientos de vital importancia para nuestro desempeño en el campo profesional, a mi gloriosa y grande carrera de Ingeniería Eléctrica.

Jhonny y Angel



DEDICATORIA

En primer lugar, dedico a Dios por darme la vida y la sabiduría necesaria para realizar todos mis objetivos hasta ahora, segundo a mis amados padres Kleber Casa y Ximena Toctaguano que con mucho esfuerzo y trabajo me ayudaron a culminar mis estudios universitarios.

A mis queridas hermanas Sandy y Camila por ser un impulso para poder demostrar que nada es imposible cuando uno se lo propone, de igual manera a mi sobrina Ashly, para poder ser un apoyo en su futuro y a toda mi familia, primos y abuelitos quienes confiaron en mí.

Finalmente, a mi enamorada Estefani Lema que estuvo siempre a mi lado a pesar del tiempo y las adversidades, me ayudo con su apoyo incondicional en los últimos años de mi carrera universitaria.

Jhonny Casa



DEDICATORIA

El presente trabajo de titulación lo dedico a mi Abuelo Joaquín, quien me enseñó a nunca rendirme y a encarar las adversidades sin desfallecer en el intento. Quien me enseñó valores de lealtad y confianza, además que me brindó su apoyo de manera incondicional.

Además, hago una dedicatoria muy especial a mis padres quienes, con su ejemplo de superación, me enseñaron a no rendirme para alcanzar las metas propuesta, quienes me enseñaron a superar los obstáculos por más difíciles que sean.

Angel Mañay



ÍNDICE GENERAL



PORTADA.....	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLEMENTACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
DEDICATORIA	viii
ÍNDICE GENERAL	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	xiii
ÍNDICE DE TABLAS	xv
RESUMEN	xvi
ABSTRACT	xvii
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN:.....	2
2.1. EL PROBLEMA	3
2.1.1. Situación problemática	3
2.1.2. Formulación del problema.....	4
2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	4
2.2.1. Objeto:	4
2.2.2. Campo de Acción para el proyecto:	4
2.3. BENEFICIARIOS	4
2.3.1. Beneficiarios directos	4
2.3.2. Beneficiarios indirectos	4
2.4. JUSTIFICACIÓN	4
2.5. HIPÓTESIS	5
2.6. OBJETIVOS	5
2.6.1. General	5
2.6.2. Específicos.....	5
2.7. SISTEMA DE TAREAS	6
3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA	7
3.1. ANTECEDENTES.....	7
3.2. FUNCIONALIDAD DE UN INVERNADERO.....	8
3.2.1. Tipos de invernadero	9



3.2.2.	El cultivo en invernadero y la automatización	11
3.3.	RANGO ACEPTABLE DEL PH DEL SUELO Y AGUA PARA EL CULTIVO EN UN INVERNADERO	13
3.3.1.	Ventajas del monitoreo del pH del suelo en un invernadero.....	14
3.3.2.	Ventajas del monitoreo del pH del agua en un invernadero.....	15
3.3.3.	Perdidas por un mal control del pH del suelo y agua en los cultivos de un invernadero	17
3.4.	SISTEMA DE MONITOREO DE PH EN EL INVERNADERO	18
3.4.1.	Elementos para el monitoreo de pH en un invernadero.....	18
3.5.	SISTEMA DE CONTROL	20
3.5.1.	Regulador LM2596	20
3.5.2.	Módulo ESP8266	21
3.5.3.	Microcontrolador ATMEGA 328P	22
3.5.4.	Sensor pH de suelo.....	23
3.5.5.	Sensor de pH de agua	24
3.5.6.	Resistencias para un sistema de monitoreo de pH	25
3.5.7.	Sistema SCADA.....	26
3.5.8.	LabVIEW	28
3.6.	MONITOREO DE PH	29
3.6.1.	Valores Nominales del monitoreo del pH	30
3.6.2.	Rango Óptimo	31
4.	METODOLOGÍA.....	32
4.1.	MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN	32
4.1.1.	Método analítico y sintético	32
4.1.2.	Método de la medición	32
4.2.	TIPOS DE INVESTIGACIÓN	32
4.2.1.	Investigación Bibliográfica	32
4.2.2.	Investigación Exploratoria	32
4.2.3.	Investigación descriptiva	32
4.2.4.	Investigación de campo	32
4.2.5.	Investigación Experimental.....	33
4.3.	TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN	33
4.3.1.	Software LabVIEW	33
4.3.2.	Interfaz gráfica (SCADA)	33
4.4.	CALIBRACIÓN DE SENSORES	33



4.4.1.	Resultados del pH de la Coca Cola	33
4.4.2.	Resultados del pH de la leche pasteurizada.....	35
4.4.3.	Resultados del pH del agua destilada	36
4.5.	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MONITOREO	38
4.6.	MONITOREO DE PH DEL INVERNADERO.....	38
4.7.	SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE LOS DATOS	41
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS	42
5.1.	UBICACIÓN DEL INVERNADERO DEL CAMPUS SALACHE	42
5.2.	Metodología para la construcción del módulo de monitoreo del ph.....	43
5.2.1.	Ubicación de los sensores.....	43
5.2.2.	Diseño e implementación del circuito de transmisión.....	43
5.2.3.	Sensor del Suelo	45
5.2.4.	Conexionado del ATM328.....	45
5.2.5.	Modulo RS485	46
5.2.6.	Conexionado del Módulo RS485 y el Sensor del agua.....	46
5.3.	SISTEMA DE CONTROL DEL PH.....	47
5.4.	FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SCADA	48
5.5.	DATOS OBTENIDOS.....	49
5.6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO	52
5.7.	IMPACTOS DEL SISTEMA DE MONITOREO DEL PH	55
5.7.1.	Impacto Tecnológico.....	55
5.7.2.	Impacto Ambiental	55
6.	CONCLUSIONES Y RECOMEDACIONES.....	56
6.1.	CONCLUSIONES.....	56
6.2.	RECOMENDACIONES	56
7.	BIBLIOGRAFÍA.....	57
8.	ANEXOS.....	59
	ANEXO A. INFORME ANTIPLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN.....	59
	ANEXO B. INFORME ANTIPLAGIO.....	60
	ANEXO C. UBICACIÓN DEL INVERNADERO.....	61
	Figura C.1. Zona alta Campus Salache.....	61
	ANEXO D. INSTALACIÓN DE TUBERIA EMT Y FUENTES DC.	61
	Figura D.1 Ubicación de tubería EMT.....	61



Figura D.2. Instalación de fuentes DC

ANEXO E. DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS.....	62
Figura E.1. Esquema electrónico para pH suelo.....	62
Figura E.2. Diseño PCB para sensor de pH suelo.....	63
Figura E.3. Esquema electrónico para pH agua.....	63
Figura E.4. Diseño PCB para sensor de pH agua.....	63
ANEXO F. PROGRAMACIÓN EN EL ID DE ARDUINO PARA MODULO ESP8266 DE TRANSMISIÓN.....	64
ANEXO G. PROGRAMACIÓN EN EL ID DE ARDUINO PARA MODULO RECEPTOR.....	67
ANEXO H. PROGRAMACIÓN EN ID DE ARDUINO PARA ADQUISICIÓN DE DATOS DEL SENSOR DE AGUA.....	70
ANEXO I. PROGRAMACIÓN DE ENLACE ARDUINO – LABVIEW EN EL MODULO RECOLECTOR.....	74
ANEXO J. INTERFAS DE LABVIEW.....	75
ANEXO K. PANEL FRONTAL EN LabVIEW.....	76
ANEXO L. PANEL FRONTAL EN LabVIEW.....	76
Figura L.1. Módulos de pH suelo.....	76
Figura L.2. Módulo de pH agua.....	77
ANEXO M. CALIBRACIÓN DE SENSORES DE PH.....	77
Figura M.1. Equipo medidor de Ph agua y suelo marca HANNA.....	76
Figura M.2. Prueba con equipo certificado.....	77
Figura M.3. Prueba con Patrones (Coca-cola) (Agua destilada).....	78
ANEXO N. CERTIFICAÓN DE PROTOTIPO.....	80
ANEXO O. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.....	82
ANEXO P. ENTREGA DE PROYECTO.....	76



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. Invernaderos [7].	13
Figura 3.2. Valores establecidos del pH del suelo [3].	15
Figura 3.3. Valores establecidos del pH del agua [4].	17
Figura 3.4. Regulador LM2596 [10].	21
Figura 3.5. Módulo ESP8266 [10].	22
Figura 3.6. Microcontrolador ATMEGA 328P [3].	23
Figura 3.7. Sensor de pH suelo [4].	24
Figura 3.8. Sensor de pH de agua [10].	25
Figura 3.9. Resistencia para el monitoreo del pH [10].	26
Figura 3.10. Sistema SCADA [13].	28
Figura 3.11. LabVIEW [15].	29
Figura 3.12. Valores referenciales del pH [2].	31
Figura 4.1. pH de Coca-cola.	38
Figura 4.2. pH de leche pasteurizada.	36
Figura 4.3. pH del agua destilada.	37
Figura 4.4. Metodología de funcionamiento.	38
Figura 4.5. Conexión de las fuentes de alimentación.	39
Figura 4.6. Módulos para enviar y recibir los datos del sensor.	39
Figura 4.7. Construcción de módulos.	40
Figura 4.8. Diagrama de flujo para el monitoreo del pH.	40
Figura 4.9. Diagrama de flujo para el monitoreo del pH.	41
Figura 5.1. Ubicación de la hacienda en el campus Salache.	42
Figura 5.2. Ubicación del invernadero campus Salache.	42
Figura 5.3. Ubicación de los sensores.	43
Figura 5.4. Fuente de alimentación diseñado para el módulo.	44
Figura 5.5. Regulador de voltaje AMS1117.	44
Figura 5.6. Sensor del suelo.	45
Figura 5.7. Circuito del sensor del suelo.	45
Figura 5.8. Microcontrolador ATM328.	46
Figura 5.9. Modulo RS485.	46



Figura 5.10. Módulos RS485 y el sensor de agua.....	47
Figura 5.11. Sensor del pH del suelo.....	48
Figura 5.12. Sensor de pH de agua.....	48
Figura 5.13. Pantalla principal del sistema SCADA.....	49
Figura 5.14. Datos obtenidos.....	50
Figura 5.15. Gráficos obtenidos.....	51
Figura 5.16. Informe obtenido.....	51



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Tipos de invernadero [3], [4].....	10
Tabla 5.1. Resultados del pH de la Coca Cola	33
Tabla 5.2. Resultados del pH de la leche pasteurizada.....	35
Tabla 5.6. Resultados del pH del agua destilada	36
Tabla 5.1. Pines de conexión del Módulo RS485 y el Sensor del agua	47
Tabla 5.2. Datos obtenidos de pH.	49
Tabla 5.3. Porcentaje error de pH de suelo.....	52
Tabla 5.7. Presupuesto para la implementación del módulo del monitoreo del pH.....	53
Tabla 5.8. Gastos de materiales externos	53
Tabla 5.9. Gastos indirectos de proyecto.....	54
Tabla 5.10. Presupuesto total.....	54



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

TITULO: “IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PH APLICADO A UN INVERNADERO DE LA ZONA ALTA SECTOR SALACHE.”

Autores: Casa Toctaguano Jhonny Javier

Mañay Quinatoa Ángel Orlando

RESUMEN

En la actualidad los cultivos se realizan en un Invernadero debido a que se puede controlar las condiciones climáticas con el fin de mejorar la producción y proporcionar un aislamiento con el exterior. Cuando los cultivos se producen en un medio protegido como un invernadero, los daños que pueden sufrir los cultivos se reducen al mínimo. Se detecta como problema la falta de un sistema de monitoreo de las variables que inciden en el desarrollo de las plantas en el invernadero, el pH del suelo y del agua afecta en el crecimiento de los cultivos. La presente propuesta tecnológica fue ejecutada en el sector Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi con el objetivo de monitorear el pH del suelo y del agua del invernadero de la zona alta, mediante la incorporación de sensores del pH del suelo y del agua y con la programación de un sistema SCADA que permita visualizar y monitorear de forma automática el pH del cultivo, con la finalidad de mejorar esta variable. El sistema cuenta con cuatro sensores del pH de suelo que son colocados en cada hilera del cultivo y un sensor para el pH del agua que se coloca en el reservorio del agua, los sensores envían las señales al sistema LabVIEW que permite decodificar las señales y enviar al sistema SCADA donde se tiene la visualización de los resultados del pH con sus respectivas graficas permitiendo el monitoreo constante del pH por parte de los estudiantes de la carrera de agronomía de la Universidad Técnica de Cotopaxi. La aplicación de este sistema de monitoreo automático del pH, representa un gran beneficio para los grandes agricultores, debido al aumento en el rendimiento de los cultivos y la reducción de las pérdidas económicas

Palabras Clave: pH, suelo, agua, automatización, monitoreo, SCADA, LabVIEW.



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI

ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES SCHOOL

TITLE: "IMPLEMENTATION OF A PH MONITORING SYSTEM APPLIED TO A GREENHOUSE IN THE UPPER SALACHE SECTOR".

Authors: Casa Toctaguano Jhonny Javier

Mañay Quinatoa Angel Orlando

ABSTRACT

Crops are now grown in a greenhouse because climatic conditions can be controlled in order to improve production and provide insulation from the outside. When crops are grown in a protected environment such as a greenhouse, crop damage is minimized. The lack of a monitoring system of the variables that affect the development of plants in the greenhouse is detected as a problem, the pH of the soil and water affects the growth of crops. This technological proposal was implemented in Salache sector of the Technical University of Cotopaxi with the objective of monitoring the pH of the soil and water of the greenhouse in the upper zone, by incorporating soil and water pH sensors and programming a SCADA system that allows automatic visualization and monitoring of the pH of the crop, in order to improve this variable. The system has four soil pH sensors that are placed in each row of the crop and a water pH sensor that is placed in the water reservoir. The sensors send signals to the LabVIEW system that decodes the signals and sends them to the SCADA system that allows the visualization of the pH results with their respective graphs, allowing the constant monitoring of the pH by the students of the agronomy career of the Technical University of Cotopaxi. The application of this automatic pH monitoring system represents a great benefit for large farmers, due to the increase in crop yields and the reduction of economic losses.

KEYWORDS: pH, Soil, Water, Automation, Monitoring, SCADA, LabVIEW.



UNIVERSIDAD
TÉCNICA DE
COTOPAXI

CENTRO DE IDIOMAS

AVAL DE TRADUCCIÓN

En calidad de Docente del Idioma Inglés del Centro de Idiomas de la Universidad Técnica de Cotopaxi; en forma legal **CERTIFICO** que:

La traducción del resumen al idioma Inglés del trabajo de titulación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PH APLICADO A UN INVERNADERO DE LA ZONA ALTA SECTOR SALACHE.”** presentado por: **Casa Toctaguano Jhonny Javier y Mañay Quinatoa Angel Orlando** egresados de la Carrera de Ingeniería Eléctrica en sistemas eléctricos de Potencia perteneciente a la **Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas**, lo realizaron bajo mi supervisión y cumple con una correcta estructura gramatical del Idioma.

Es todo cuanto puedo certificar en honor a la verdad y autorizo a los peticionarios hacer uso del presente aval para los fines académicos legales.

Latacunga, agosto del 2023

Atentamente,

MSc. Alison Mena Barthelotty

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0501801252



CENTRO
DE IDIOMAS

1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: “Implementación de un sistema de monitoreo de PH aplicado a un invernadero de la zona alta sector Salache.”

Fecha de inicio:

Abril del 2023

Fecha de finalización:

Agosto del 2023

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica, sector Salache, cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi

Facultad que auspicia:

Unidad Académica de Ciencia de la Ingeniería y Aplicadas (CIYA)

Carrera que auspicia:

Carrera de Ingeniería en Electricidad mención en Sistemas Eléctricos de Potencia

Proyecto Macro Asociado:

Invernadero inteligente con autonomía energética para cultivos experimentales.

Tutor de Titulación:

PhD. Marrero Ramírez Secundino

Estudiantes:

Casa Toctaguano Jhonny Javier

Mañay Quinatoa Angel Orlando

Área de Conocimiento:

07 ingeniería, Industria y Construcción

Línea de investigación:

Energías Alternativas y Renovables, Eficiencia Energética y Protección Ambiental

Sub líneas de investigación de la Carrera:

Control y optimización en el uso de la energía del sector Industrial, comercial y residencial.

2. INTRODUCCIÓN:

Ecuador es un país que cuenta con una diversidad de recursos naturales y cuya economía depende de explotación de dichos recursos. En la actualidad, debido a la globalización de los mercados, se exige una mayor competitividad; para esto es necesario garantizar la producción de alimentos que tengan los mejores estándares de calidad. Para lograr aprovechar al máximo la actividad agrícola, es necesario implementar la tecnificación y automatización de la producción. En el Ecuador, existe una gran cantidad de invernaderos que requieren la intervención por parte del ser humano, por lo que es necesario plantear un sistema autónomo, que permita monitorear los parámetros ambientales que influyen en el crecimiento de las plantas comestibles.

Un invernadero es una estructura cerrada y cubierta con materiales transparentes que permite crear un microclima monitoreado de manera artificial. Esto permite cultivar cosechas en condiciones monitoreadas adecuadamente, lo que resulta en producciones de mayor calidad y precios superiores en cualquier momento del año [1]. El avance tecnológico en la agricultura ha permitido supervisar y regular las distintas etapas de crecimiento de los cultivos. Para lograr una cosecha de calidad, es fundamental mantener un microclima estable y adecuado a las necesidades específicas de cada producto cultivado. Por lo tanto, resulta crucial monitorear de manera precisa las variables de Ph para obtener un registro de datos en tiempo real.

En la actualidad, los avances tecnológicos permiten mejorar los procesos de producción de plantas y ofrecer soluciones que mejoren las condiciones del suelo y el agua. Estas mejoras incluyen el monitoreo de parámetros como es el Ph, que influye en el desarrollo de las plantas. Además, se utilizan elementos que facilitan el monitoreo continuo de las condiciones ambientales, como el suelo, dentro de un invernadero.

Al tener un monitoreo de manera remota del pH permitirá aumentar los índices de productividad del mismo, el monitoreo se realizará mediante sensores para la adquisición de datos en cuanto al registro de parámetros del invernadero. El monitoreo del pH presente en el suelo y el agua, permitirá identificar las ventajas que presenta la creación de un microclima interno, permitiendo obtener datos reales recopilados en un lapso de tiempo determinado.

2.1. EL PROBLEMA

2.1.1. Situación problemática

El cultivo que se realiza en un Invernadero permite determinar condiciones óptimas para el desarrollo eficiente de la producción, ya que se encuentra aislado con las condiciones climáticas exteriores. El cultivo en invernaderos permite obtener una mayor cantidad de productos por unidad de área en comparación con los cultivos al aire libre, llegando incluso a triplicar el rendimiento. Dependiendo de la tecnología empleada, esta productividad puede ser aún mayor. Aunque no es posible evitar los daños causados por el cambio climático, sí es posible disminuirlos. Cuando la producción se lleva a cabo en un entorno protegido como un invernadero, los daños sufridos se reducen al mínimo. Un invernadero diseñado y construido adecuadamente permite un mejor control de plagas y enfermedades, gracias a su aislamiento del exterior y su sistema de monitoreo meticuloso [6].

En la actualidad el cultivo que se realiza en el Ecuador en los invernaderos, se lo hace empleando métodos poco tecnificados, donde la mayoría de los invernaderos cuentan simplemente con riego por goteo o sistemas de micro aspersion, esto significa que no se emplean sistemas que permiten tomar decisiones favorables basados en variables que influyen directamente con la calidad de la producción lo que ocasiona escenarios ambientales no favorables para los cultivos tales como: exceso de humedad en el suelo, los valores del pH fuera de los rangos nominales, temperaturas elevadas, etc., esto puede ocasionar enfermedades en las plantas como plagas; disminuyendo la producción y aumentando el tiempo de duración del cultivo.

Como alternativa de solución las grandes industrias han desarrollado varios sistemas de monitoreo para invernaderos a gran escala como por ejemplo interruptores y programadores de horarios, termóstatos, autómatas programables, etc., lo que significa una gran inversión económica, esto implica que los agricultores ecuatorianos no tecnifiquen sus invernaderos, debido a esto es necesario crear y desarrollar un sistema de monitoreo de las variables que afectan al desarrollo del cultivo, en este caso el pH del suelo y del agua, para que tenga un alcance económico medio y que sea accesible para el productor ecuatoriano.

En el invernadero de la zona alta de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache en la provincia Cotopaxi, cantón Latacunga, es importante mantener las variables ambientales como el pH estable, debido que al no hacerlo no se produce una correcta absorción de los suministros y vitaminas que necesitan las plantas.

2.1.2. Formulación del problema

La inexistencia de un sistema de monitoreo del pH no proporciona un desarrollo adecuado y eficaz de las plántulas existentes en el invernadero de la zona alta de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache.

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto:

Invernadero de la zona alta sector Salache

2.2.2. Campo de Acción para el proyecto:

330000 ciencias Tecnológicas / 3311 Tecnología de la Instrumentación / 331101 Tecnología de Automatización.

2.3. BENEFICIARIOS

2.3.1. Beneficiarios directos

Estudiantes y docentes de la carrera de agronomía.

2.3.2. Beneficiarios indirectos

Productores y agricultores de la ciudad de Latacunga y la provincia Cotopaxi.

2.4. JUSTIFICACIÓN

La importancia de monitorear las variables que influyen en el crecimiento de las plantas de los invernaderos tales como el pH, incide positivamente en la planeación de estrategias apropiadas para cada cultivo y así mejorar el proceso de la producción de las plantas, además de reducir el gasto y consumo de agua, pesticidas, fertilizantes y productos químicos, reduce el empleo de la mano de obra, etc. El nivel de acidez (pH) juega un papel crucial en la aplicación de fertilizantes en las plantas, lo cual hace que el monitoreo de esta variable sea de suma importancia para maximizar su aprovechamiento. El proceso de monitoreo resulta esencial para el crecimiento saludable de las plantas, pero actualmente se lleva a cabo de manera manual, lo que implica invertir demasiado tiempo en este procedimiento. Este proyecto tiene como objetivo desarrollar una solución que beneficie a los productores, incluso aquellos que no cuenten con grandes empresas, ya que el manejo será práctico y mejorará técnicamente el cultivo de las plantas.

El proyecto es factible ya que se cuenta con amplias fuentes bibliográficas para poder cubrir cada parte de la investigación. El costo de implementar el sistema no es exorbitante, ya que los elementos, dispositivos y equipos necesarios se pueden adquirir fácilmente en el país. Todo esto beneficiará a la población en general, no solo a los productores, también a los comerciantes y

consumidores, sin dejar de lado que es un sistema amigable con el medio ambiente ya que permitiría el ahorro de agua y agro-insumos.

De acuerdo a lo expuesto anteriormente, se denota la importancia de llevar la investigación, debido a que aporta al desarrollo social, económico y productivo del sector agrícola, debido a la incorporación de nuevas tecnologías para mejorar el proceso de producción en invernaderos, lo que significa una mejora en la calidad del producto y el aumento de la cantidad de producción de los cultivos obtenidos.

2.5. HIPÓTESIS

El monitoreo adecuado y constante del pH facilitara el cuidado de las plantas, mejorando su crecimiento y producción en el invernadero de la zona alta de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache

2.6. OBJETIVOS

2.6.1. General

Implementar un sistema de monitoreo inalámbrico de pH en el invernadero de la zona alta del campus Salache mediante la incorporación de módulos de adquisición datos, que permitan adecuar las condiciones del suelo y del agua en el Invernadero.

2.6.2. Específicos

- Examinar el estado del arte a través de fuentes bibliográficas sobre los sistemas de monitoreo automático de pH en un invernadero.
- Diseñar un sistema de monitoreo automático que permita el registro de los niveles de PH del suelo y agua, dentro de un invernadero en tiempo real.
- Implementar el sistema de monitoreo de pH y evaluar su funcionamiento mediante la recopilación de datos, que permita conocer el correcto comportamiento de sensores.

2.7. SISTEMA DE TAREAS

Objetivos Específicos	Actividad (tareas)	Resultados esperados	Medios e Instrumentos
<p>Examinar el estado del arte a través de fuentes bibliográficas sobre los sistemas de monitoreo automático de pH en un invernadero</p>	<p>Investigación bibliográfica referente a los parámetros de Ph adecuados en los invernaderos para el desarrollo adecuado de las plantas.</p> <p>Análisis de las variables que interfieren en el monitoreo del pH de los Invernaderos</p>	<p>Aporte bibliográfico y guía metodológico referente a los fundamentos técnicos, teóricos y ambientales necesario para el desarrollo del proyecto.</p>	<p>Referencia Bibliográfica: Libros</p> <p>Tesis</p> <p>Artículos</p> <p>Revistas</p>
<p>Diseñar un sistema de monitoreo automático que permita el registro de los niveles de PH del suelo y agua dentro de un invernadero en tiempo real.</p>	<p>Simulación del sistema inicial del funcionamiento del sistema de automatización para el monitoreo del pH del invernadero.</p> <p>Realizar la programación mediante el software LabVIEW para el registro de datos monitoreados.</p> <p>Realizar la Instalación de los sensores, Fuentes DC y equipos para monitorear el pH del invernadero.</p>	<p>Simulación del principio de funcionamiento del sistema de monitoreo del pH</p> <p>Adecuación del sistema de monitoreo a los parámetros constructivos del invernadero</p> <p>Planos de ubicación de los sensores.</p>	<p>Instrumento HANNA Multiparámetro HI 9829</p> <p>Diseño de circuitos mediante software Proteus.</p> <p>Simulación mediante el Software LabVIEW,</p> <p>Sistema SCADA.</p> <p>Diseño de plano en AutoCAD</p>

<p>Implementar el sistema de monitoreo de Ph y evaluar el funcionamiento mediante la recopilación de datos que permita conocer el correcto comportamiento de los sensores.</p>	<p>Recopilación de los datos requeridos para comprender las condiciones iniciales, antes de realizar la implementación del proyecto.</p> <p>Calibración de prototipo a implementar</p> <p>Evaluación de los niveles del pH del invernadero, dentro de los parámetros ambientales preestablecidos</p>	<p>Adquisición y registro de los valores de pH en un archivo ejecutable de Microsoft office.</p>	<p>Software LabVIEW, SCADA. Microsoft office.</p>
--	--	--	---

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

3.1. ANTECEDENTES

De acuerdo al trabajo desarrollado por Mary J. y Lozada R. [1], se presenta el diseño y la implementación de una red de sensores inalámbricas para el control de las variables climáticas que influyen en la producción cafetal y así desarrollar un sistema bajo costo y que sea energicamente autosustentable, este sistema se lo realiza a través del HMI para que el agricultor pueda usarlo fácilmente al momento de analizar las condiciones climáticas en la plantación, para así poder tomar acciones preventivas y correctivas y así optimizar la actividad de producción del café.

Según la investigación realizado por Palomo J. y Velasco D. [2], identifica como problema la falta de un sistema de control y monitoreo produciendo efectos negativos en el desarrollo de las plantas en el Invernadero dificultando el proceso de fotosíntesis por un porcentaje insuficiente del Dióxido Carbono CO₂ y al tener un pH desconocido. El objetivo de esta Investigación es implementar un sistema que les ayude a monitorear el pH y el control del CO₂, esto lo realizan a través de la programación de un PLC, además de la incorporación de sensores, para mejorar el monitoreo de las variables que inciden en la mejora del invernadero.

Según [3] en su investigación titulado “Desarrollo de un Sistema de Monitoreo de Temperatura Ambiental y Nivel de pH con controles de humedad relativa del suelo y nivel de iluminación basado en PWM, orientado al estudio del cultivo de plantas”, desarrolla un sistema de monitoreo de los parámetros como: temperatura ambiental, lux, nivel de acidez y humedad

relativa del suelo, para controlar la cantidad de agua de riego y, por medio de Pulse Width Modulation (PWM), esto con el objetivo de mejorar e impulsar la agronomía. Para esto se diseñó una placa con una matriz de diodos Led y una interfaz gráfica y una aplicación para los celulares Android que facilitará el monitoreo y control de los parámetros necesario e investigar el efecto que tiene las luces LED sobre los cultivos agrícolas.

En base a la investigación realizado por [4] en su investigación denominado como “Diseño de un sistema inteligente para el control automatizado de invernaderos”, esta investigación se desarrolla. Ya que los invernaderos es una opción importante para cuando los lugares con climas extremos y desfavorables para ciertos cultivos. Es importante que el invernadero cuente con un sistema autónomo del proceso de cultivo facilita la eficiencia de los cultivos, así como aumenta la velocidad del trabajo, pero el problema radica en que el sistema de automatización suele tener costos elevados. El proyecto tiene como objetivo presentar una opción más económica, utilizando un código abierto Arduino para el diseño del sistema de control y que puede funcionar en dispositivos móviles. A través de esta aplicación, se puede observar el seguimiento de las diferentes variables que se encuentran en el invernadero, tales como la temperatura, humedad relativa, humedad del suelo, nivel de luz, presión atmosférica y altitud. Además, es posible establecer condiciones para el control automático y verificar el correcto desempeño del sistema. También se realiza el cálculo de un sistema de energía solar fotovoltaica, ya que existe un interés en utilizar fuentes renovables de suministro eléctrico en cualquier proceso que requiera energía en este proyecto.

De acuerdo con la investigación realizado por Olvera, V. [5], indica la implementación de un invernadero hidropónico con un sistema hidráulico que permite un riego uniforme a las plantas y la recirculación de los fluidos. Para la automatización se realizó la medición y el registro de las variables de temperatura del ambiente, humedad del interior del invernadero, el potencial del Hidrógeno (pH) y la conductividad del riego y la temperatura interna de la raíz de la planta. El monitoreo del pH y CE que permitió cambiar la cantidad nutritiva de la planta.

3.2. FUNCIONALIDAD DE UN INVERNADERO

La funcionalidad de un invernadero se basa en crear un entorno controlado que proporcione condiciones óptimas para el cultivo de plantas, por ejemplo, las funcionalidades de un invernadero pueden ser la protección de las plantas contra condiciones climáticas adversas como viento, lluvia intensa, granizo, heladas y altas temperaturas. Esto permite cultivar plantas en condiciones más estables y prevenir daños causados por condiciones climáticas extremas.

El control del entorno permite visualizar los factores ambientales como la temperatura, la humedad, la luz y la ventilación. Estos parámetros se pueden ajustar según las necesidades específicas de las plantas, lo que optimiza su crecimiento y desarrollo. Además, el control del entorno en un invernadero también ayuda a prevenir enfermedades y plagas, ya que se pueden crear condiciones menos favorables para su proliferación [1].

La extensión de la temporada de crecimiento ya que permiten cultivar plantas durante todo el año, independientemente de las estaciones. Esto es especialmente beneficioso en áreas con climas fríos o con estaciones cortas de crecimiento. Al controlar el entorno, se puede simular la estación adecuada para el crecimiento de las plantas, lo que permite una producción continua y un aprovechamiento máximo del espacio.

Mejora de la calidad y rendimiento de los cultivos debido a que se pueden crear condiciones ideales para el crecimiento de las plantas, lo que se traduce en una mejor calidad y rendimiento de los cultivos. El control de factores como la iluminación, la temperatura y los niveles de nutrientes permite maximizar el potencial de las plantas y obtener productos de mayor calidad, como hortalizas más sabrosas o flores más vistosas.

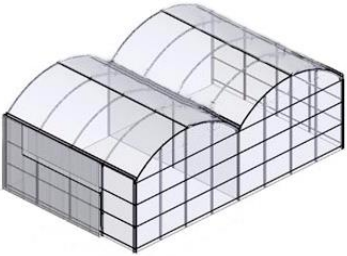

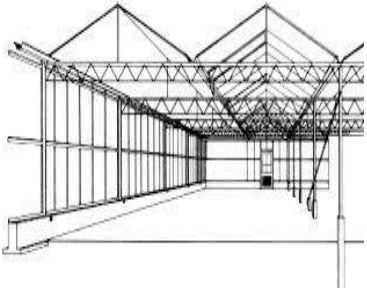
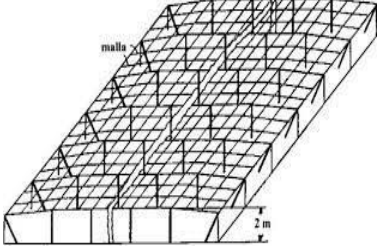
El uso eficiente de recursos ya que permiten un uso más eficiente de recursos como el agua y los fertilizantes. Al controlar el riego y la fertilización, se puede administrar estos recursos de manera más precisa, evitando desperdicios y reduciendo el impacto ambiental. Además, los invernaderos también pueden ser diseñados para aprovechar la luz natural y reducir la necesidad de iluminación artificial, lo que ahorra energía [2].

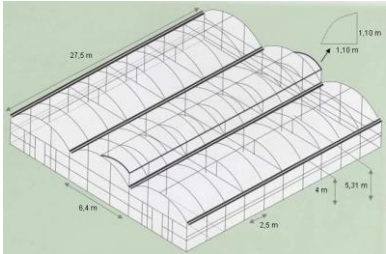

La experimentación e investigación puesto que proporcionan un entorno controlado y confiable para realizar experimentos y llevar a cabo investigaciones en el ámbito agrícola. Esto permite probar nuevas técnicas de cultivo, evaluar el comportamiento de nuevas variedades de plantas o estudiar el efecto de diferentes condiciones ambientales en el crecimiento de las plantas.

3.2.1. Tipos de invernadero

Existen varios tipos de invernaderos utilizados en la agricultura y cada uno tiene características específicas que se adaptan a diferentes necesidades y condiciones.

Tabla 3.1. Tipos de invernadero [3], [4].

TIPOS DE INVERNADERO		
Nombre	Características	Figura
Invernadero de estructura tipo túnel	Es simple y económico que consiste en una estructura arqueada cubierta con material transparente, como plástico. Tiene una forma similar a un túnel y se utiliza principalmente para cultivos de corta duración o temporales.	
Invernadero de estructura tipo capilla	Tiene una forma similar a una capilla con techos en pendiente. Proporciona una mayor altura en comparación con el invernadero tipo túnel y permite una mejor circulación del aire.	
Invernadero de estructura tipo venlo	Es un invernadero con techo inclinado y paredes rectas. Está compuesto por módulos modulares que permiten una fácil expansión. El techo a dos aguas proporciona una buena iluminación y permite una mejor circulación del aire.	
Invernadero de estructura tipo parral	Tiene una estructura en forma de parral o de arcos paralelos. Proporciona una mayor altura y espacio en el centro del invernadero, lo que facilita la	

	circulación del aire y el manejo de las plantas.	
Invernadero de estructura tipo multi-túnel	También conocido como invernadero tipo multicapilla, consta de varios túneles o capillas conectados entre sí. Permite una fácil expansión y se adapta a diferentes cultivos.	
Invernadero de alta tecnología o invernadero controlado	Estos invernaderos utilizan tecnología avanzada para controlar y monitorear de manera precisa los parámetros ambientales, como temperatura, humedad, luz y ventilación. Se utilizan sistemas automatizados para optimizar el crecimiento de las plantas y maximizar la producción.	

3.2.2. El cultivo en invernadero y la automatización

El cultivo en invernadero y la automatización están estrechamente relacionados y pueden proporcionar numerosos beneficios para la agricultura. Aquí hay algunas ventajas clave de la automatización en el cultivo en invernadero:

- Control preciso del entorno: La automatización permite un control preciso de los factores ambientales en el invernadero, como la temperatura, la humedad, la iluminación y la ventilación. Los sistemas automatizados pueden monitorear y ajustar automáticamente estos parámetros para mantener condiciones óptimas de crecimiento para las plantas, lo que maximiza su rendimiento y calidad [5].
- Ahorro de recursos: Los sistemas automatizados pueden optimizar el uso de recursos como agua y energía. Por ejemplo, se pueden implementar sistemas de riego automatizados que ajusten la cantidad de agua según las necesidades específicas de las plantas, evitando el desperdicio.

Del mismo modo, los sistemas de iluminación controlados automáticamente pueden garantizar un uso eficiente de la energía al proporcionar la cantidad adecuada de luz en el momento adecuado.

- Mayor productividad: La automatización en el cultivo en invernadero puede aumentar la productividad al reducir la intervención humana y mejorar la eficiencia de las operaciones.

Los sistemas automatizados pueden realizar tareas repetitivas de manera más rápida y precisa, lo que libera a los trabajadores para enfocarse en tareas más complejas o estratégicas. Esto puede resultar en una mayor producción y una reducción de los costos laborales.

- Monitoreo y control remoto: Los sistemas automatizados permiten el monitoreo y control remoto del invernadero. Esto significa que los agricultores pueden supervisar las condiciones del cultivo y realizar ajustes desde cualquier ubicación, lo que brinda flexibilidad y ahorro de tiempo [6].

Además, los sistemas de alerta automática pueden notificar a los agricultores sobre problemas o desviaciones en tiempo real, lo que les permite tomar medidas rápidas para resolverlos y minimizar las pérdidas.

- Optimización del manejo de cultivos: Los sistemas automatizados pueden recopilar y analizar datos sobre el cultivo, como el crecimiento, el rendimiento y las condiciones ambientales.

Estos datos pueden proporcionar información valiosa para tomar decisiones informadas sobre el manejo del cultivo, la programación de riego y fertilización, la identificación temprana de enfermedades o plagas, y la optimización de las prácticas agrícolas. Al integrar tecnologías automatizadas, los agricultores pueden mejorar la eficiencia, la calidad y la rentabilidad de su producción en invernaderos [7].



Figura 3.1. Invernaderos [7].

3.3. RANGO ACEPTABLE DEL PH DEL SUELO Y AGUA PARA EL CULTIVO EN UN INVERNADERO

El rango aceptable del pH del suelo para el cultivo en un invernadero puede variar dependiendo del tipo de cultivo y de las preferencias específicas de las plantas. Sin embargo, en general, la mayoría de los cultivos de hortalizas y plantas ornamentales prefieren un pH del suelo ligeramente ácido a ligeramente alcalino.

El rango de pH del suelo comúnmente aceptado para el cultivo en invernadero se encuentra entre 5.5 y 7.5. Este rango es considerado óptimo para la mayoría de los cultivos, ya que permite una disponibilidad adecuada de nutrientes en el suelo. Algunos cultivos pueden tener preferencias más específicas dentro de este rango, por lo que es importante tener en cuenta las necesidades particulares de cada planta.

El pH del suelo es una de las muchas condiciones ambientales que afectan la calidad del crecimiento de las plantas. Algunas plantas como las azaleas, los rododendros, los arándanos y las coníferas crecen mejor en suelos ácidos (pH 5.0 a 5.5), mientras que otras como la mayoría de las hortalizas y plantas ornamentales crecen bien en suelos moderadamente ácidos (pH 5.8 a 6.5). Los suelos con valores de pH más bajos o más altos pueden resultar en un crecimiento menos vigoroso y deficiencias de nutrientes [8].

Se debe realizar pruebas periódicas de pH del suelo en el invernadero para asegurarse de que se mantenga dentro del rango óptimo para el cultivo específico. En caso de que el pH del suelo se encuentre fuera de este rango, se pueden tomar medidas para ajustarlo utilizando enmiendas o correctores de pH apropiados, como la aplicación de materia orgánica, azufre elemental o carbonato de calcio, según sea necesario.

El rango aceptable del pH del agua para el cultivo en un invernadero puede variar según el tipo de cultivo y las necesidades específicas de las plantas. Sin embargo, en general, la mayoría de los cultivos prefieren un pH del agua ligeramente ácido a neutro.

El rango de pH del agua comúnmente aceptado para el cultivo en invernadero se encuentra entre 5.5 y 7.5. Este rango es considerado óptimo ya que permite una adecuada absorción de nutrientes por parte de las raíces de las plantas. Un pH del agua fuera de este rango puede afectar la disponibilidad y la absorción de nutrientes esenciales, lo que puede tener un impacto negativo en el crecimiento y desarrollo de las plantas.

Se tiene que realizar pruebas regulares del pH del agua utilizada para el riego en el invernadero, especialmente si se utiliza agua de fuentes diferentes, como agua de pozo o agua de río. Si el pH del agua está fuera del rango óptimo para el cultivo, se pueden tomar medidas para ajustarlo. Esto se puede lograr mediante la adición de productos químicos o enmiendas específicas, como ácido cítrico o carbonato de calcio, según sea necesario. Es importante tener en cuenta que el pH del agua puede cambiar con el tiempo debido a diversos factores, como la composición química del agua y la presencia de minerales disueltos [9].

3.3.1. Ventajas del monitoreo del pH del suelo en un invernadero

El monitoreo del pH del suelo en un invernadero ofrece varias ventajas significativas para el cultivo de plantas. Aquí están algunas de las principales ventajas:

- Optimización del crecimiento de las plantas: El pH del suelo afecta directamente la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Un pH óptimo permite una mejor absorción y utilización de los nutrientes esenciales para el crecimiento saludable de las plantas. El monitoreo regular del pH del suelo permite ajustar los niveles de pH según las necesidades específicas de cada cultivo, optimizando así su crecimiento y desarrollo.
- Prevención de deficiencias y toxicidades de nutrientes: Un pH desequilibrado puede provocar deficiencias o toxicidades de nutrientes en las plantas. Al monitorear el pH del suelo, se puede identificar cualquier desequilibrio y tomar medidas correctivas a tiempo. Por ejemplo, si el pH es demasiado ácido o alcalino, puede afectar la disponibilidad de nutrientes clave como el hierro, el manganeso, el fósforo y el calcio. Ajustar el pH ayuda a prevenir problemas nutricionales en las plantas [10].
- Control de enfermedades y plagas: El pH del suelo puede tener un impacto en la susceptibilidad de las plantas a enfermedades y plagas. Al mantener un pH óptimo, se crea un entorno favorable para el desarrollo de raíces sanas y vigorosas, lo que fortalece

la resistencia de las plantas a enfermedades y plagas. El monitoreo del pH del suelo ayuda a prevenir la proliferación de patógenos y minimizar el riesgo de infestaciones [2].

- Mejora de la eficiencia del riego y fertilización: El pH del suelo afecta la eficiencia del riego y la fertilización. Un pH adecuado permite una distribución uniforme de los nutrientes aplicados y una mejor absorción por parte de las raíces de las plantas. Al monitorear el pH del suelo, se puede ajustar la frecuencia y la cantidad de riego y fertilización para optimizar la eficiencia de uso de agua y nutrientes.
- Ahorro de costos: El monitoreo regular del pH del suelo permite un manejo más preciso de los insumos agrícolas, como fertilizantes y correctores de pH. Al ajustar el pH según las necesidades específicas de cada cultivo, se evita el desperdicio de nutrientes y se reducen los costos asociados con la sobre aplicación de fertilizantes.

Como se observa el monitoreo del pH del suelo en un invernadero proporciona una herramienta invaluable para el manejo eficiente y efectivo de los cultivos. Optimiza el crecimiento de las plantas, previene deficiencias y toxicidades de nutrientes, controla enfermedades y plagas, mejora la eficiencia del riego y fertilización, y puede generar ahorros significativos en costos de producción [3].

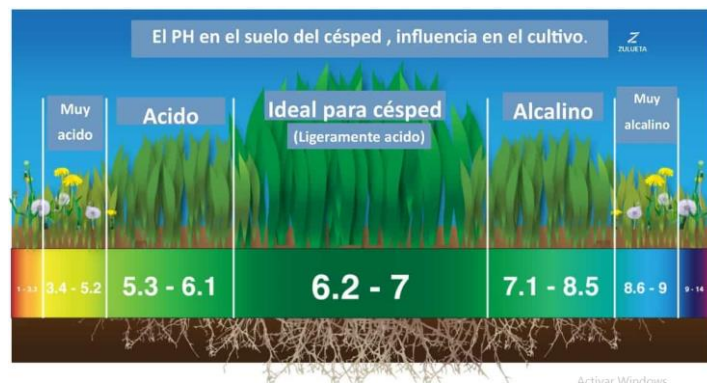


Figura 3.2. Valores establecidos del pH del suelo [3].

3.3.2. Ventajas del monitoreo del pH del agua en un invernadero

El monitoreo del pH del agua en un invernadero también ofrece varias ventajas importantes. A continuación, se presentan algunas de las ventajas del monitoreo del pH del agua en este contexto:

- Control preciso de la calidad del agua: El pH del agua es un factor crítico que afecta la disponibilidad de nutrientes y la absorción de los mismos por parte de las plantas. Al monitorear regularmente el pH del agua utilizada para el riego, se puede asegurar que

esté en el rango óptimo para el cultivo específico. Esto permite un control más preciso de la calidad del agua y, por lo tanto, garantiza que las plantas reciban los nutrientes necesarios para un crecimiento saludable [7].

- Optimización de la absorción de nutrientes: Un pH del agua adecuado permite una mejor absorción de nutrientes por parte de las raíces de las plantas. Al monitorear y ajustar el pH del agua de riego, se maximiza la eficiencia de la absorción de nutrientes, lo que puede resultar en un crecimiento más vigoroso, una mayor producción y una mejor calidad de los cultivos.
- Prevención de problemas nutricionales: El monitoreo del pH del agua en un invernadero ayuda a prevenir problemas nutricionales en las plantas. Un pH inadecuado puede afectar la disponibilidad de nutrientes esenciales, lo que puede provocar deficiencias o toxicidades en las plantas. Al mantener el pH del agua dentro del rango óptimo, se evitan desequilibrios nutricionales y se asegura un suministro adecuado de nutrientes para el crecimiento saludable de las plantas [9].
- Control de la alcalinidad y acidez del suelo: El pH del agua utilizada para el riego puede afectar gradualmente el pH del suelo en el invernadero. Al monitorear y ajustar el pH del agua de riego, se puede controlar la alcalinidad o acidez del suelo, evitando cambios indeseables en el pH del suelo a largo plazo. Esto es especialmente importante en cultivos que tienen requisitos de pH del suelo específicos.
- Mejora de la eficiencia del riego: El pH del agua también puede afectar la eficiencia del riego. Un pH adecuado evita la formación de depósitos de cal o sales que pueden obstruir los sistemas de riego y reducir su eficiencia. Al monitorear el pH del agua, se pueden tomar medidas para prevenir la acumulación de sedimentos y mantener la eficiencia del sistema de riego.

Entonces el objetivo en un invernadero al monitorear es que proporciona una herramienta valiosa para optimizar la calidad del agua de riego, prevenir problemas nutricionales y mantener un entorno adecuado para el crecimiento saludable de las plantas. Esto ayuda a maximizar el rendimiento de los cultivos, mejorar la calidad de los productos y optimizar la eficiencia del riego [4].

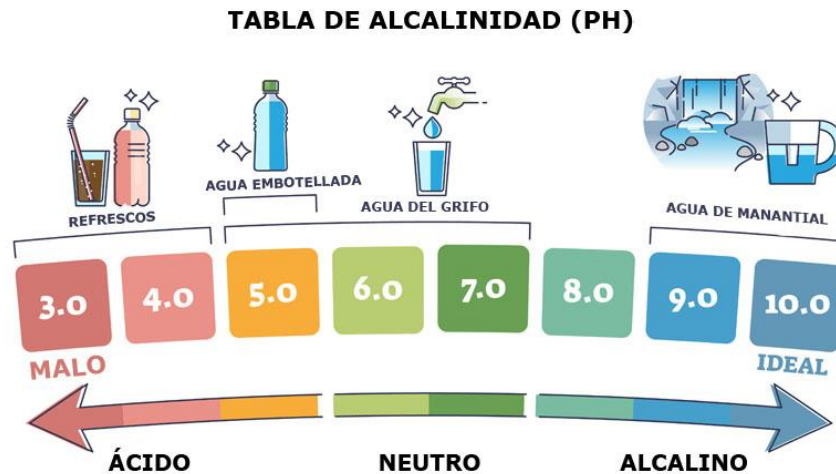


Figura 3.3. Valores establecidos del pH del agua [4].

3.3.3. Pérdidas por un mal control del pH del suelo y agua en los cultivos de un invernadero

Un control inadecuado del pH del suelo y del agua en los cultivos de invernadero puede ocasionar varias pérdidas significativas. A continuación, se mencionan algunas de las posibles consecuencias negativas:

- Disponibilidad de nutrientes reducida: El pH del suelo influye en la disponibilidad de nutrientes para las plantas. Si el pH es demasiado alto o demasiado bajo, puede haber una disminución en la disponibilidad de ciertos nutrientes esenciales. Esto puede llevar a deficiencias nutricionales en las plantas, lo que afecta su crecimiento, desarrollo y rendimiento [5].
- Problemas de toxicidad nutricional: Un pH del suelo desequilibrado puede causar toxicidad de ciertos nutrientes.

Por ejemplo, en suelos alcalinos, la disponibilidad de hierro, manganeso y zinc puede reducirse, lo que puede provocar deficiencias en las plantas. Por otro lado, en suelos ácidos, la disponibilidad de elementos como el aluminio y el manganeso puede aumentar, causando toxicidad en las plantas.

- Desequilibrios y deficiencias en el crecimiento: Un pH incorrecto puede interferir con el equilibrio de nutrientes esenciales en las plantas. Esto puede resultar en un crecimiento deficiente, raíces débiles, menor producción de frutas o flores, y una calidad general inferior de los cultivos.
- Susceptibilidad a enfermedades y plagas: Un pH del suelo inadecuado puede debilitar la resistencia de las plantas a enfermedades y plagas. Las plantas estresadas debido a

desequilibrios de pH pueden volverse más susceptibles a infecciones por hongos, bacterias y otros patógenos. Esto puede llevar a una mayor incidencia de enfermedades y plagas, lo que resulta en una disminución de la calidad y la producción de los cultivos [1].

- Ineficiencia en el uso de recursos: Un pH del suelo y del agua mal controlada puede provocar una utilización ineficiente de los recursos como el agua y los fertilizantes.

Por ejemplo, si el pH del suelo está desequilibrado, las plantas pueden tener dificultades para absorber los nutrientes aplicados a través de la fertilización, lo que puede resultar en una pérdida de fertilizantes y un desperdicio de recursos.

- Costos adicionales: El mal control del pH del suelo y del agua puede generar costos adicionales para el agricultor. Esto puede incluir la necesidad de corregir el pH mediante la aplicación de enmiendas o correctores, el costo de reemplazar plantas dañadas o perdidas, y los gastos asociados con el tratamiento de enfermedades y plagas [5].

Por lo tanto, es fundamental realizar un monitoreo regular y tomar medidas para mantener el pH en el rango adecuado, tanto en el suelo como en el agua de riego, a fin de evitar pérdidas y maximizar la producción y calidad de los cultivos.

3.4. SISTEMA DE MONITOREO DE PH EN EL INVERNADERO

La automatización de sistemas agrícolas e invernaderos se refiere a la aplicación de tecnología y sistemas automatizados para mejorar la eficiencia, productividad y sostenibilidad de las operaciones agrícolas. Esta automatización abarca diferentes aspectos y procesos dentro de la agricultura, como el riego, la fertilización, el control del clima, la monitorización de cultivos y la gestión de datos [3].

Es importante destacar que la automatización no reemplaza por completo la intervención y el conocimiento humano en la agricultura, sino que se utiliza como una herramienta complementaria para mejorar los procesos y aumentar la eficiencia. La implementación de sistemas automatizados en la agricultura requiere una planificación cuidadosa y una capacitación adecuada.

3.4.1. Elementos para el monitoreo de pH en un invernadero

La automatización del monitoreo de pH en un invernadero implica el uso de diferentes elementos para medir y controlar el nivel de pH del suelo o del agua de riego de manera automatizada. Algunos de los elementos comunes utilizados en la automatización del monitoreo de pH son los siguientes:

- Sensor de pH: Es un dispositivo que mide el nivel de acidez o alcalinidad de una solución, como el suelo o el agua. Los sensores de pH suelen tener una sonda que se sumerge en el medio a medir y generan una señal eléctrica proporcional al pH. Pueden ser electroquímicos o basados en tecnologías ópticas [11].
- Transmisor o controlador de pH: Es el componente encargado de recibir la señal del sensor de pH y convertirla en una lectura digital o analógica para su posterior procesamiento. También permite establecer los límites de pH deseados y enviar señales de control a otros dispositivos, como bombas de dosificación de ácido o base.
- Sistema de dosificación de ácido/base: En caso de ser necesario ajustar el pH, se utilizan sistemas de dosificación de ácido o base para agregar los químicos necesarios y corregir el pH del suelo o del agua de riego. Estos sistemas pueden estar controlados por el transmisor de pH para realizar ajustes automáticos según los parámetros establecidos.
- Sistema de monitoreo: Es el conjunto de componentes y software que permiten la programación, y monitoreo automatizado del pH en el invernadero. Una interfaz de usuario, visualización, y dispositivos de comunicación para la transmisión de datos [7].
- Conexiones y cableado: Se requiere una infraestructura de cableado adecuada para conectar los diferentes componentes del sistema automatizado de monitoreo de pH. Esto incluye cables para la conexión del sensor de pH, el transmisor o controlador, los sistemas de dosificación.
- Alimentación eléctrica: Los elementos de automatización necesitan una fuente de energía eléctrica confiable para su funcionamiento. Esto puede incluir la conexión a la red eléctrica o el uso de sistemas de energía alternativa, como paneles solares o generadores.
- Software de monitoreo y registro de datos: Para llevar un registro y análisis de los datos de pH, se utilizan programas informáticos especializados que permiten visualizar los datos en tiempo real, generar informes, establecer alarmas y realizar análisis históricos.

Estos softwares pueden estar integrados con el sistema de control y automatización. Un sistema de control para el monitoreo de pH en un invernadero es un conjunto de dispositivos y software diseñados para medir y controlar de manera automática el nivel de pH en el suelo o en el agua de riego. Este sistema permite mantener el pH dentro de un rango óptimo para el crecimiento de las plantas y tomar acciones correctivas cuando sea necesario [6].

3.5. SISTEMA DE CONTROL

En un sistema de control para el monitoreo del pH en un invernadero se debe tener en cuenta el sensor de pH ya que es un dispositivo que mide el nivel de acidez o alcalinidad de una solución, puede ser un sensor de pH específico para el suelo o para el agua de riego. Transmisor de pH que recibe la señal del sensor de pH y la convierte en una lectura digital o analógica. El ESP8266 puede recibir la lectura del transmisor de pH, compararla con los valores de referencia establecidos y enviar señales de control para ajustar el pH según sea necesario [8].

Si se requiere ajustar el pH, se utiliza un sistema de dosificación para agregar ácido o base según las necesidades, las bombas de dosificación son utilizadas para inyectar la cantidad precisa de ácido o base en el suelo o en el agua de riego, también se compone de un interfaz de usuario que permite interactuar con el sistema de control y monitoreo de pH con la ayuda del software de monitoreo y registro de datos que se utiliza para visualizar los datos de pH en tiempo real, registrar los valores de pH, generar informes y alarmas, y realizar análisis históricos [9].

La implementación de un sistema de control para el monitoreo de pH en un invernadero proporciona una medición precisa y continua del pH, permite ajustes automáticos en caso de desviaciones y brinda un monitoreo remoto y centralizado de los datos. Esto ayuda a mantener un entorno óptimo para el crecimiento de las plantas y optimizar los procesos agrícolas relacionados con el control del pH.

3.5.1. Regulador LM2596

El regulador LM2596 es un circuito integrado de control de voltaje (IC) diseñado para proporcionar una regulación eficiente y precisa de voltaje en aplicaciones de conversión de energía, en otras palabras, es un regulador de conmutación, lo que significa que utiliza la técnica de conmutación para transformar la energía eléctrica de una fuente de entrada a una salida de voltaje regulado. Esta técnica es más eficiente en términos de consumo de energía en comparación con los reguladores lineales tradicionales [10].

El objetivo es reducir el voltaje de entrada (hasta cierto límite) a un voltaje de salida deseado, proporcionando una regulación estable y precisa. Es capaz de manejar una amplia gama de voltajes de entrada y salida, y puede entregar corrientes de hasta varios amperios, dependiendo de la configuración y el diseño del circuito. Se utiliza comúnmente en aplicaciones como fuentes de alimentación conmutadas, cargadores de baterías, convertidores de energía solar, sistemas de iluminación LED, controladores de motores, entre otros.



Figura 3.4. Regulador LM2596 [10].

3.5.2. Módulo ESP8266

El módulo ESP8266 es un sistema en chip (SoC) que integra un microcontrolador y un módulo Wi-Fi en un solo paquete, se ha convertido en una opción económica y versátil para agregar capacidades de conexión Wi-Fi a dispositivos electrónicos, Se utiliza en una variedad de aplicaciones, como sistemas de automatización del hogar, monitoreo y control remoto, sistemas de seguridad, dispositivos de rastreo, entre otros [5]. Algunas de sus características clave incluyen:

- **Conexión Wi-Fi:** Soporta los estándares 802.11 b/g/n, lo que permite la conexión a redes Wi-Fi existentes. Puede funcionar como un cliente Wi-Fi o como un punto de acceso (AP) para crear su propia red.
- **Microcontrolador integrado:** Incluye un microcontrolador de 32 bits con una velocidad de reloj de hasta 160 MHz. Esto permite ejecutar código de aplicación directamente en el módulo, lo que lo hace adecuado para proyectos autónomos.
- **Pines de entrada/salida (GPIO):** Tiene una serie de pines GPIO que permiten la interconexión con otros dispositivos electrónicos. Estos pines pueden utilizarse para leer sensores, controlar actuadores y comunicarse con otros periféricos.
- **Memoria, amplia comunidad y soporte:** Cuenta con memoria flash integrada para almacenar firmware, código de aplicación, datos, bajo costo, amplia documentación y una comunidad activa de desarrolladores.
- **Interfaces de comunicación:** Además de la conectividad Wi-Fi, también ofrece interfaces UART, SPI y I2C, lo que facilita la comunicación con otros dispositivos y periféricos.

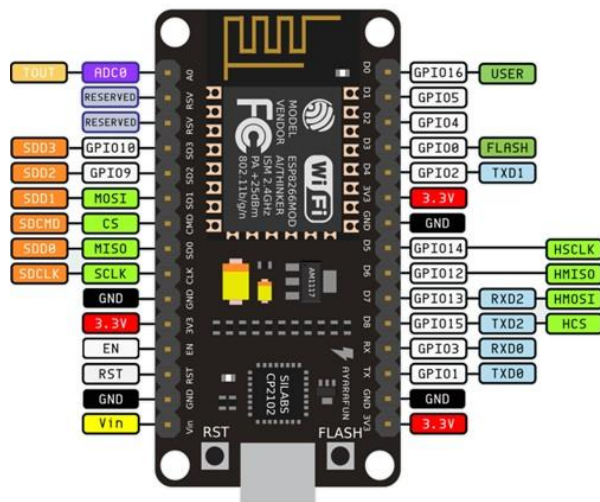


Figura 3.5. Módulo ESP8266 [10].

3.5.3. Microcontrolador ATMEGA 328P

El microcontrolador ATmega 328P se utiliza ampliamente en la plataforma de desarrollo Arduino, donde es el microcontrolador principal en la placa Arduino Uno. También es utilizado en diversos proyectos y aplicaciones, como sistemas de control, automatización, robótica, electrónica de consumo, dispositivos portátiles, entre otros. Su popularidad se debe a su facilidad de programación, amplia disponibilidad de recursos y su capacidad para adaptarse a diferentes necesidades de desarrollo [3]. Cuenta con las siguientes características principales:

- Arquitectura AVR de 8 bits: El microcontrolador está basado en una arquitectura RISC de 8 bits, lo que significa que realiza operaciones con datos de 8 bits a la vez. Esto facilita la programación y simplifica el diseño de sistemas embebidos.
- Velocidad de reloj: El ATmega328P puede funcionar con velocidades de reloj de hasta 20 MHz. Esto permite una ejecución rápida de instrucciones y una respuesta ágil en aplicaciones en tiempo real.
- Memoria: El microcontrolador tiene 32 KB de memoria flash para almacenar el programa de aplicación. Además, cuenta con 2 KB de memoria RAM para almacenar variables y datos temporales, y 1 KB de memoria EEPROM para almacenamiento no volátil.
- Pines de entrada/salida (GPIO): Dispone de una serie de pines de entrada/salida que pueden ser programados y configurados para realizar diversas funciones. Estos pines permiten la interconexión con otros dispositivos, sensores y actuadores, lo que brinda flexibilidad en el diseño de sistemas.

- Comunicación: El microcontrolador soporta comunicación serial a través de los protocolos UART, SPI e I2C. Estas interfaces permiten la conexión con otros dispositivos y periféricos, como sensores, pantallas, módulos de comunicación, etc.
- Periféricos integrados: Incluye periféricos integrados como temporizadores (timers), conversores analógicos a la digital (ADC), generadores de PWM, comunicación serial (USART) e interfaces de comunicación en serie (SPI, I2C).

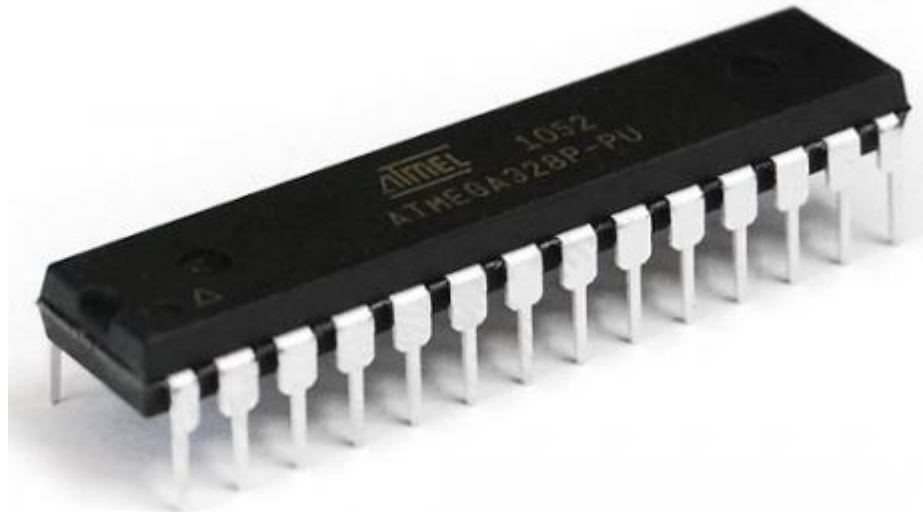


Figura 3.6. Microcontrolador ATMEGA 328P [3].

3.5.4. Sensor pH del suelo

Un sensor de pH del suelo es un dispositivo utilizado para medir el nivel de acidez o alcalinidad (pH) en el suelo. Proporciona información valiosa sobre la calidad y las condiciones del suelo, lo que puede ser útil para la agricultura, la jardinería y la investigación científica. Dicho elemento consiste en una sonda metálica o electrodo que se inserta en el suelo para obtener la lectura del pH. El electrodo está diseñado para reaccionar con los iones presentes en el suelo y generar una señal eléctrica proporcional al pH [11]. Esta señal se envía a un medidor o dispositivo de lectura que muestra el valor del pH. Algunos aspectos a tener en cuenta sobre los sensores de pH del suelo son:

- Calibración: Deben ser calibrados antes de su uso para garantizar mediciones precisas. Esto se realiza utilizando soluciones de calibración de pH conocidas (pH 4.0, pH 7.0, etc.) y ajustando el sensor en función de las lecturas obtenidas.
- Mantenimiento: Se requiere un mantenimiento adecuado para su funcionamiento óptimo. Esto incluye limpieza regular del electrodo, almacenamiento adecuado y reemplazo de los componentes según sea necesario.

- Factores ambientales: El pH del suelo puede variar debido a factores ambientales como la humedad, la temperatura y la presencia de sustancias químicas. Por lo tanto, es importante considerar estos factores al tomar mediciones y analizar los resultados.
- Interpretación de resultados: Las mediciones de pH del suelo pueden proporcionar información sobre la acidez o alcalinidad del suelo, lo que puede afectar la disponibilidad de nutrientes para las plantas. La interpretación de los resultados debe realizarse en conjunto con otras pruebas de suelo y conocimientos agronómicos para obtener una imagen completa de las condiciones del suelo [4].

El sensor de pH del suelo es el componente responsable de monitorear la humedad y el pH adecuado del suelo. Este sensor es crucial para garantizar la salud de las plantas, ya sea en agricultura a gran escala o en pequeños huertos caseros. Sin embargo, para medir estas características del suelo, los fabricantes deben diseñar cadenas de señales analógicas precisas y rentables que puedan convertir datos sin procesar en información útil necesaria para aplicaciones específicas de medición del suelo.



Figura 3.7. Sensor de ph suelo [11].

3.5.5. Sensor de pH de agua

Un sensor de pH de agua es un dispositivo utilizado para medir el nivel de acidez o alcalinidad (pH) en muestras de agua, consisten en un electrodo de vidrio que está diseñado para interactuar con los iones de hidrógeno (H^+) presentes en el agua y generar una señal eléctrica proporcional al pH. Esta señal se envía a un medidor o dispositivo de lectura que muestra el valor del pH [9]. Aquí hay algunos aspectos a tener en cuenta sobre los sensores de pH de agua:

- **Calibración:** Deben ser calibrados antes de su uso para garantizar mediciones precisas. Esto se realiza utilizando soluciones de calibración de pH conocidas (pH 4.0, pH 7.0, pH 10.0, por ejemplo) y ajustando el sensor en función de las lecturas obtenidas.
- **Mantenimiento:** Requieren un mantenimiento adecuado para su funcionamiento óptimo. Esto puede incluir limpieza regular del electrodo, almacenamiento adecuado y reemplazo del electrodo o soluciones de referencia según sea necesario.
- **Temperatura:** La temperatura del agua puede afectar la lectura del pH. Algunos sensores de pH de agua incluyen compensación de temperatura para corregir las desviaciones causadas por cambios de temperatura.
- **Uso en diferentes tipos de agua:** Los sensores de pH de agua pueden utilizarse en una amplia variedad de muestras de agua, como agua potable, agua de piscinas, agua de acuarios, agua residual, etc. Sin embargo, es importante asegurarse de que el sensor esté diseñado específicamente para el tipo de agua que se va a medir, ya que algunas muestras pueden contener sustancias que puedan afectar la medición [10].



Figura 3.8. Sensor de pH de agua [10].

3.5.6. Resistencias para un sistema de monitoreo de pH

En un sistema de monitoreo de pH, las resistencias pueden ser utilizadas para diversas funciones, como la protección de circuitos, la limitación de corriente y la división de voltaje. Aquí hay algunas aplicaciones comunes de las resistencias en un sistema de monitoreo de pH:

- **Divisor de voltaje:** Es posible que se necesite medir el voltaje de salida de un sensor de pH para obtener una lectura precisa. En esta situación, se puede utilizar un divisor de voltaje con una resistencia conocida para reducir el voltaje de salida del sensor y ajustarlo al rango de entrada de tu circuito de medición [3].

- Protección de circuitos: Las resistencias se pueden utilizar como elementos de protección para limitar la corriente en circuitos sensibles.
- Polarización de electrodos: Algunos sensores de pH pueden requerir la polarización de electrodos para garantizar mediciones precisas y estables. En este caso, las resistencias se pueden utilizar para establecer la polarización adecuada de los electrodos del sensor de pH.
- Filtro de ruido: En sistemas de monitoreo de pH, es importante minimizar el ruido eléctrico y las interferencias para obtener mediciones precisas. Las resistencias se pueden utilizar junto con capacitores para formar filtros pasivos que ayuden a atenuar el ruido y mejorar la calidad de las mediciones [10].

Es importante tener en cuenta que las resistencias utilizadas en un sistema de monitoreo de pH deben seleccionarse de acuerdo con las especificaciones del circuito y los requisitos de diseño. Esto incluye considerar el valor de resistencia adecuado, la tolerancia, la potencia disipada y otros factores relevantes.



Figura 3.9. Resistencia para el monitoreo del pH [10].

3.5.7. Sistema SCADA

Un sistema SCADA (Supervisory Control and Data Acquisition) se puede utilizar de manera efectiva para el monitoreo de pH en un sistema de control automatizado. Un sistema SCADA es una solución de software y hardware que permite supervisar, controlar y adquirir datos de un proceso industrial o sistema [12].

En el caso de un sistema de monitoreo de pH, un sistema SCADA puede desempeñar las siguientes funciones:

- Adquisición de datos: El sistema SCADA puede recopilar datos en tiempo real del sensor de pH y otros dispositivos relacionados, como transmisores y controladores. Esto

permite una monitorización continua del pH y la captura de datos relevantes para su análisis.

- Visualización y supervisión: El software SCADA proporciona una interfaz gráfica de usuario que muestra de manera intuitiva los datos de pH, gráficos de tendencias, alarmas y otros parámetros relacionados. Esto permite a los operadores supervisar el pH y otros aspectos del sistema de monitoreo de forma fácil y rápida.
- Control y ajuste: El sistema SCADA puede ser configurado para realizar acciones de control automatizadas en función de los valores de pH. Por ejemplo, si el pH se desvía del rango objetivo, el sistema SCADA puede enviar señales de control para ajustar automáticamente los niveles de ácido o base a través de bombas de dosificación [13].
- Almacenamiento y registro de datos: El sistema SCADA puede almacenar los datos de pH y otros datos relacionados en una base de datos histórica. Esto permite el registro a largo plazo de datos de pH, generación de informes y análisis histórico para evaluar el rendimiento del sistema y realizar mejoras.
- Notificaciones y alarmas: El sistema SCADA puede configurarse para enviar notificaciones y alarmas en caso de desviaciones significativas del pH. Esto permite una respuesta rápida ante situaciones críticas y ayuda a mantener el pH dentro de los límites establecidos.
- Integración con otros sistemas: Un sistema SCADA puede integrarse con otros sistemas y dispositivos, como sistemas de control de dosificación, sistemas de control de climatización y sistemas de gestión de cultivos. Esto permite una gestión y control más integral del invernadero y sus componentes relacionados [12].

Un sistema SCADA ofrece una plataforma robusta y completa para el monitoreo y control del pH en un sistema automatizado. Proporciona una supervisión en tiempo real, control automático, almacenamiento de datos y capacidades de análisis, lo que ayuda a mantener un pH óptimo en el sistema de monitoreo y mejora la eficiencia y productividad en un entorno de invernadero [13].



Figura 3.10. Sistema SCADA [13].

3.5.8. LabVIEW

LabVIEW es una plataforma de programación gráfica desarrollada por National Instruments que se puede utilizar para crear sistemas de monitoreo de pH en un entorno de laboratorio o industrial. LabVIEW para desarrollar un sistema de monitoreo de pH ayuda a [14]:

- **Adquisición de datos:** Se utiliza LabVIEW para conectarse a un sensor de pH y adquirir los datos necesarios. Se puede hacer mediante la configuración de un dispositivo de adquisición de datos compatible con LabVIEW, como un módulo DAQ (Data Acquisition) o un instrumento de medición que proporcione una interfaz de comunicación compatible con LabVIEW.
- **Creación de la interfaz gráfica de usuario (GUI):** Utilizar las herramientas de LabVIEW para diseñar una interfaz gráfica interactiva que muestre los valores de pH en tiempo real y cualquier otra información relevante. Se puede agregar elementos visuales como gráficos de tendencias, indicadores numéricos y controles para configurar parámetros del sistema [14].
- **Procesamiento y análisis de datos:** Implementar algoritmos de procesamiento de datos en LabVIEW para realizar cálculos y análisis en función de los datos de pH adquiridos. Por ejemplo, calcular promedios, desviaciones estándar, generar alarmas cuando el pH se desvíe de un rango objetivo, etc.
- **Configuración de alarmas y notificaciones:** Utilizar LabVIEW para configurar alarmas basadas en los valores de pH medidos. Establecer umbrales de alarma y generar notificaciones visuales o sonoras cuando se superen esos umbrales. Además, configurar

notificaciones por correo electrónico o mensajes de texto para recibir alertas cuando ocurran eventos importantes relacionados con el pH [15].

- Registro de datos: Implementar la capacidad de guardar los datos de pH adquiridos en un archivo o base de datos para su posterior análisis o generación de informes. Se puede utilizar las funciones de LabVIEW para escribir datos en archivos o interactuar con bases de datos externas.
- Integración con dispositivos externos: LabVIEW puede comunicarse con otros dispositivos o sistemas externos, como bombas de dosificación, actuadores o controladores, para ajustar automáticamente el pH según sea necesario. Utilizar las capacidades de comunicación y control de LabVIEW para lograr la integración adecuada con estos dispositivos [15].

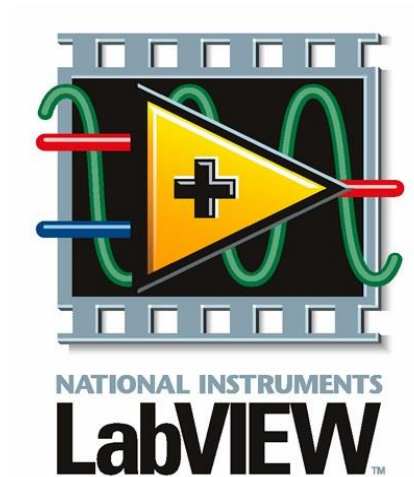


Figura 3.11. LabVIEW [15].

3.6. MONITOREO DE PH

Un sistema de monitoreo de pH es una herramienta esencial en la agricultura, la industria y la investigación científica para garantizar condiciones óptimas para el crecimiento de plantas, el tratamiento de aguas y diversas aplicaciones químicas. El pH es una medida que indica la acidez o alcalinidad de una solución, y es una variable crítica en muchos procesos y aplicaciones. El monitoreo constante y preciso del pH es esencial para mantener la calidad y productividad en diversas áreas.

El sistema de monitoreo de pH generalmente incluye un sensor de pH, un transmisor o controlador, y una interfaz de usuario. El sensor de pH es un dispositivo que mide la actividad de iones hidrógeno en una solución, y puede basarse en diferentes tecnologías como electroquímica o de vidrio. El transmisor o controlador recibe la señal del sensor de pH y la

convierte en una lectura digital o analógica. Además, puede realizar la calibración del sensor y enviar señales de control para mantener el pH dentro de los rangos deseados [1].

El monitoreo de pH es aplicable en diferentes contextos. En la agricultura, un sistema de monitoreo de pH se utiliza en invernaderos y cultivos hidropónicos para asegurar que el suelo o el agua de riego se mantengan en un pH adecuado para el crecimiento de las plantas. En el tratamiento de aguas, se monitorea el pH para asegurar la eficiencia de procesos de neutralización o eliminación de contaminantes. En la industria química y farmacéutica, el control del pH es esencial en diversas etapas de producción [1].

Uno de los beneficios más significativos de un sistema de monitoreo de pH es la posibilidad de ajustar y controlar automáticamente el pH en tiempo real. Con una interfaz de usuario adecuada, el personal puede monitorear el pH en tiempo real, establecer valores objetivos y recibir alertas en caso de desviaciones. Esto permite una rápida respuesta y corrección de cualquier problema que pueda surgir, lo que a su vez aumenta la eficiencia y la productividad.

Autor [1] destaca que la automatización de los sistemas de monitoreo de pH ha llevado a mejoras significativas en la precisión y la confiabilidad de las mediciones, lo que ha resultado en una mayor calidad en los productos y procesos. Además, se ha observado una reducción en los costos operativos debido a la eficiencia de los ajustes automáticos y la detección temprana de problemas.

3.6.1. Valores Nominales del monitoreo del pH

Es importante destacar que los valores nominales en un sistema de monitoreo de pH son aquellos que se establecen como referencia o estándar para el correcto funcionamiento del sistema. Los valores nominales son fundamentales para la calibración y verificación de la precisión de los sensores de pH y otros dispositivos utilizados en el sistema de monitoreo. En este contexto, se busca mantener el sistema de monitoreo de pH dentro de rangos específicos y asegurar mediciones confiables y coherentes.

En el contexto de la agricultura y la horticultura, los valores nominales de pH para el agua de riego o el suelo pueden variar según el tipo de cultivo. Los valores nominales específicos se basan en investigaciones científicas y prácticas agrícolas para determinar el rango de pH óptimo para el crecimiento y desarrollo saludable de diferentes cultivos. Investigaciones realizadas por Autor y colaboradores (Año) han demostrado que mantener el pH dentro del rango nominal puede mejorar significativamente la absorción de nutrientes por parte de las plantas y, por lo tanto, aumentar el rendimiento de los cultivos [2].

Es importante recalcar que los valores nominales son solo una referencia y que el pH en la naturaleza puede variar debido a factores como la ubicación geográfica, el tipo de suelo, las condiciones climáticas y el tipo de cultivo. Por lo tanto, es esencial realizar una calibración periódica del sistema de monitoreo de pH para asegurar mediciones precisas y confiables.

La calibración del sistema de monitoreo de pH implica la comparación de las mediciones obtenidas por el sensor de pH con los valores nominales conocidos. La calibración se realiza utilizando soluciones de referencia que tienen valores de pH conocidos y certificados. Los sensores de pH se sumergen en estas soluciones de referencia y se ajustan para que las mediciones coincidan con los valores nominales. Esta calibración se puede realizar en uno o varios puntos, dependiendo de la precisión requerida para la aplicación específica [2].

3.6.2. Rango Óptimo

El rango óptimo de pH para el cultivo en invernadero puede variar dependiendo del tipo de cultivo específico, ya que cada planta tiene sus propias preferencias de pH para un crecimiento saludable. Sin embargo, en general, la mayoría de las plantas prefieren un rango de pH ligeramente ácido a ligeramente alcalino [1].

El rango óptimo de pH para la mayoría de los cultivos en invernadero suele estar entre 5.5 y 6.5. Esto significa que el suelo o el medio de cultivo deben tener un pH ligeramente ácido a neutro para proporcionar las condiciones ideales para el crecimiento de las plantas. Algunos cultivos, como los arándanos y las azaleas, pueden preferir un pH más ácido, en el rango de 4.0 a 5.0.

Mantener el pH dentro del rango óptimo es esencial para una adecuada absorción de nutrientes por parte de las raíces de las plantas. Cuando el pH del suelo o del medio de cultivo se desvía de este rango, puede afectar negativamente la disponibilidad de ciertos nutrientes esenciales para las plantas, incluso si estos nutrientes están presentes en el suelo. Un pH fuera del rango óptimo puede conducir a deficiencias nutricionales y problemas de crecimiento [2].

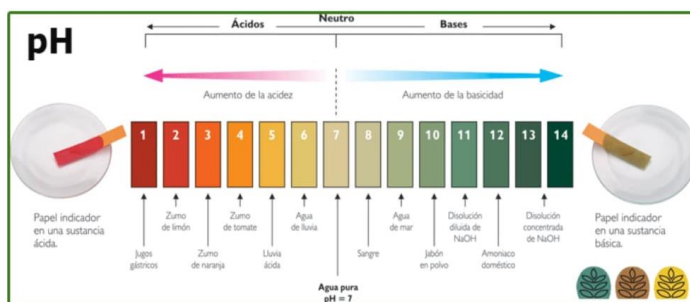


Figura 3.12. Valores referenciales del pH [2].

4. METODOLOGÍA

A continuación, se describe los diferentes tipos de métodos de investigación utilizado en la presente Investigación.

4.1. MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN

4.1.1. Método analítico y sintético

Con este método se puede identificar el problema de la investigación con la finalidad de analizar los diferentes enfoques teóricos relacionados con el problema. Con este método se permitirá conocer a profundidad el objeto de estudio, el procedimiento de cómo se va a ejecutar el proyecto, el diseño de su programación.

4.1.2. Método de la medición

Con esta se obtiene los datos técnicos como los niveles de pH a través de la utilización de los sensores para la obtención de cada variable de operación.

4.2. TIPOS DE INVESTIGACIÓN

4.2.1. Investigación Bibliográfica

La investigación que se realizó se basó en una búsqueda bibliográfica como: libros, folletos, artículos, páginas web donde se logró obtener conocimientos más amplios sobre lo referente del tema, para poder realizar un análisis más amplio.

4.2.2. Investigación Exploratoria

Este método ayuda a la recolección de datos del lugar donde se va a realizar e implementar la Investigación. Este tipo de Investigación ayuda a obtener la información que sirva como punto de partida la investigación. Acá se podrá conocer los parámetros físicos iniciales del invernadero, los componentes eléctricos, eléctricos, los sistemas de control del pH del suelo y del agua que deberán ser instalados para el monitoreo.

4.2.3. Investigación descriptiva

Con este tipo de Investigación se puede describir lo que se requiere realizar con el desarrollo del tema. Esta investigación se utiliza para detallar cada uno de los elementos a utilizar, como sensores, módulos, softwares, etc.

4.2.4. Investigación de campo

Esta Investigación consiste en recolectar la información del lugar de los hechos que será en el Invernadero de la zona alta de la Universidad Técnica de Cotopaxi donde se ubicará los equipos de monitoreo.

4.2.5. Investigación Experimental

Se puede realizar el monitoreo automático de la variable que en este caso es el pH del agua y del suelo del Invernadero mediante un sistema SCADA.

4.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTACIÓN

Con las mediciones obtenidas por los sensores de pH del agua y del suelo estos determinaran el rango adecuado para los cultivos presente en el invernadero, donde se ubicará dichos sensores en las cuatro hileras, los mismos que envían la información a un sistema de comunicación que permite monitorear constantemente el pH.

4.3.1. Software LabVIEW

En este software se ejecutará la programación para el sistema SCADA, el cual engloba las funciones de control, supervisión y creación de una base de datos. Esta base de datos será utilizada para analizar los indicadores del invernadero.

4.3.2. Interfaz gráfica (SCADA)

Es la encargada de mostrar de manera visual las variables de pH e indicadores de niveles en el que se encuentra el invernadero, y el monitoreo del sistema, de tal manera que se puedan recopilar datos en tiempo real para ser almacenados cuando se requiera.

4.4. CALIBRACIÓN DE SENSORES

Es necesario realizar una calibración de los sensores prototipos para se lo cual se utilizará el equipo HANNA MULTIPARAMETRO HI 9829 donde se realizará una inter comparación de Potencial de Hidrogeno:

$$\%Error = \frac{|Valor\ experimental - Valor\ aceptado|}{|valor\ aceptado|} \quad (1)$$

4.4.1. Resultados del pH de la Coca Cola

En la tabla 5.4 se indica los valores del pH de la sustancia Coca Cola teniendo como pH definido de 2,53, se toma los datos de pH con el instrumento HANNA y con el módulo construido en esta investigación para así determinar el porcentaje de error. De acuerdo a los resultados obtenidos se verifica que él % de error es menor al 5%, por lo que el módulo elaborado está dentro de los parámetros medidos.

Tabla 4.1. Resultados del pH de la Coca Cola

Fecha	Hora	Patrón	Instrumento (HANNA)	MODULO 1	% ERROR
7/8/2023	08H00	2,53	2,52	2,54	0,79%

7/8/2023	09H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
7/8/2023	10H00	2,53	2,51	2,55	1,57%
7/8/2023	11H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
7/8/2023	12H00	2,53	2,52	2,55	1,18%
7/8/2023	13H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
7/8/2023	14H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
7/8/2023	15H00	2,53	2,52	2,55	1,18%
7/8/2023	16H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
7/8/2023	17H00	2,53	2,51	2,54	1,18%
7/8/2023	18H00	2,53	2,52	2,55	1,18%
7/8/2023	19H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
7/8/2023	20H00	2,53	2,52	2,55	1,18%
7/8/2023	21H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
7/8/2023	22H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
7/8/2023	23H00	2,53	2,52	2,55	1,18%
8/8/2023	00H00	2,53	2,51	2,54	1,18%
8/8/2023	01H00	2,53	2,52	2,55	1,18%
8/8/2023	02H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
8/8/2023	03H00	2,53	2,52	2,55	1,18%
8/8/2023	04H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
8/8/2023	05H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
8/8/2023	06H00	2,53	2,52	2,55	1,18%
8/8/2023	07H00	2,53	2,51	2,54	1,18%
8/8/2023	08H00	2,53	2,52	2,55	1,18%
8/8/2023	09H00	2,53	2,52	2,55	1,18%
8/8/2023	10H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
8/8/2023	11H00	2,53	2,52	2,55	1,18%
8/8/2023	12H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
8/8/2023	13H00	2,53	2,52	2,54	0,79%
8/8/2023	14H00	2,53	2,51	2,55	1,57%
8/8/2023	15H00	2,53	2,52	2,54	0,79%

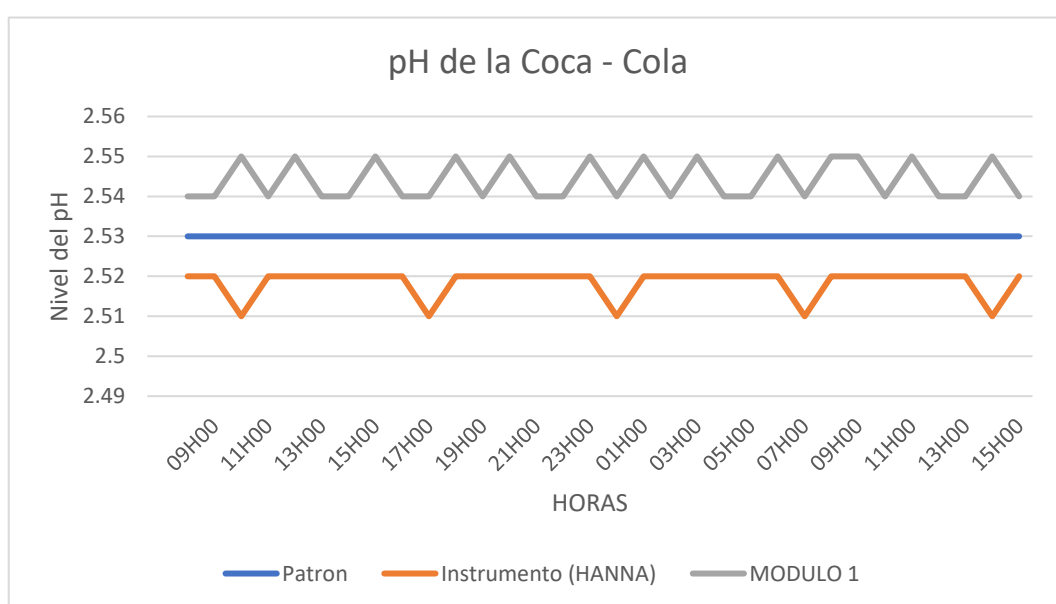


Figura 4.1. pH de Coca Cola

4.4.2. Resultados del pH de la leche pasteurizada

En la tabla 5.5 se indica los valores del pH de la leche pasteurizada teniendo como pH definido de 6,7, se toma los datos de pH con el instrumento HANNA y con el módulo construido en esta investigación para así determinar el porcentaje de error. De acuerdo a los resultados obtenidos se verifica que el % de error es menor al 5%, por lo que el módulo elaborado está dentro de los parámetros medidos para la leche pasteurizada.

Tabla 4.2. Resultados del pH de la leche pasteurizada

Fecha	Hora	Patrón	Instrumento (HANNA)	MODULO 1	% ERROR
9/8/2023	08H00	6,7	6,5	6,7	2,99%
9/8/2023	09H00	6,7	6,6	6,7	1,49%
9/8/2023	10H00	6,7	6,7	6,8	1,47%
9/8/2023	11H00	6,7	6,6	6,7	1,49%
9/8/2023	12H00	6,7	6,7	6,8	1,47%
9/8/2023	13H00	6,7	6,5	6,6	1,52%
9/8/2023	14H00	6,7	6,6	6,7	1,49%
9/8/2023	15H00	6,7	6,7	6,8	1,47%
9/8/2023	16H00	6,7	6,5	6,6	1,52%
9/8/2023	17H00	6,7	6,6	6,7	1,49%
9/8/2023	18H00	6,7	6,6	6,7	1,49%
9/8/2023	19H00	6,7	6,6	6,8	2,94%
9/8/2023	20H00	6,7	6,5	6,7	2,99%
9/8/2023	21H00	6,7	6,5	6,6	1,52%
9/8/2023	22H00	6,7	6,6	6,8	2,94%
9/8/2023	23H00	6,7	6,7	6,8	1,47%
10/8/2023	00H00	6,7	6,5	6,6	1,52%
10/8/2023	01H00	6,7	6,6	6,7	1,49%
10/8/2023	02H00	6,7	6,6	6,8	2,94%
10/8/2023	03H00	6,7	6,5	6,6	1,52%
10/8/2023	04H00	6,7	6,5	6,7	2,99%
10/8/2023	05H00	6,7	6,6	6,8	2,94%
10/8/2023	06H00	6,7	6,5	6,7	2,99%
10/8/2023	07H00	6,7	6,5	6,6	1,52%
10/8/2023	08H00	6,7	6,7	6,8	1,47%
10/8/2023	09H00	6,7	6,5	6,7	2,99%
10/8/2023	10H00	6,7	6,5	6,6	1,52%
10/8/2023	11H00	6,7	6,7	6,8	1,47%
10/8/2023	12H00	6,7	6,5	6,6	1,52%
10/8/2023	13H00	6,7	6,7	6,8	1,47%

10/8/2023	14H00	6,7	6,5	6,7	2,99%
10/8/2023	15H00	6,7	6,6	6,8	2,94%

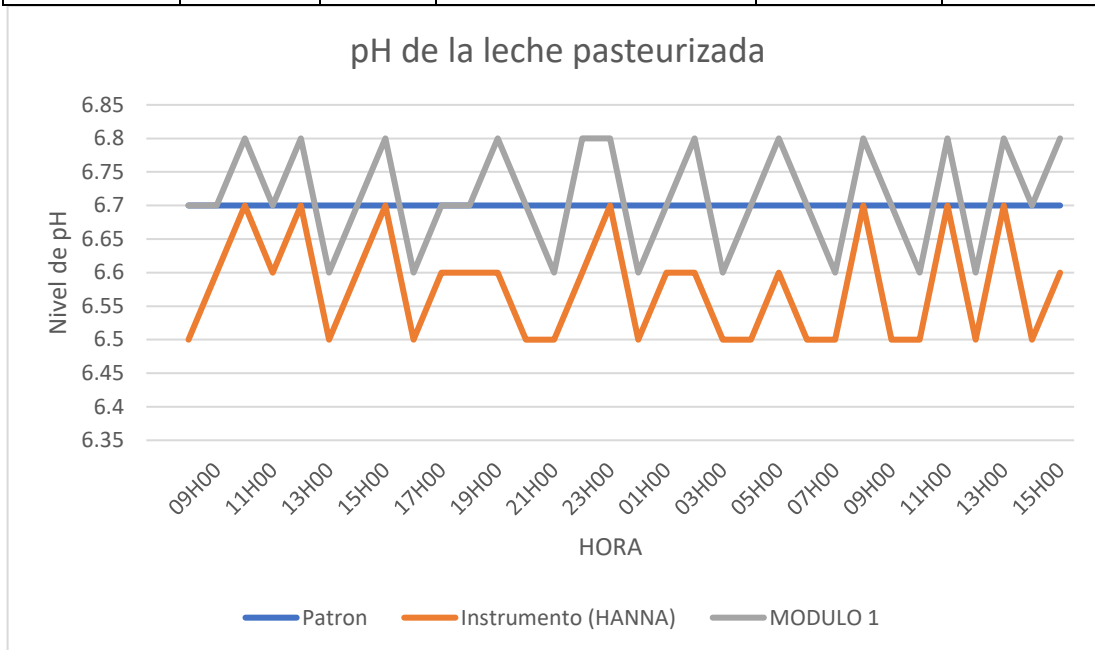


Figura 4.2. pH de leche pasteurizada

4.4.3. Resultados del pH del agua destilada

En la tabla 5.6 se indica los valores del pH del agua destilada teniendo como pH definido de 5,8, se toma los datos de pH con el instrumento HANNA y con el módulo construido en esta investigación para así determinar el porcentaje de error. De acuerdo a los resultados obtenidos se verifica que él % de error es menor al 5%, por lo que el módulo elaborado está dentro de los parámetros medidos para el agua destilada. También se puede constatar que el módulo implementado tiene mayor eficiencia que el equipo utilizado

Tabla 4.3. Resultados del pH del agua destilada

Fecha	Hora	Patrón	Instrumento (HANNA)	MODULO 1	% ERROR
11/8/2023	08H00	5,8	5,6	5,7	1,8%
11/8/2023	09H00	5,8	5,7	5,8	1,7%
11/8/2023	10H00	5,8	5,6	5,7	1,8%
11/8/2023	11H00	5,8	5,6	5,8	3,4%
11/8/2023	12H00	5,8	5,5	5,7	3,5%
11/8/2023	13H00	5,8	5,7	5,8	1,7%
11/8/2023	14H00	5,8	5,6	5,7	1,8%
11/8/2023	15H00	5,8	5,7	5,8	1,7%
11/8/2023	16H00	5,8	5,5	5,7	3,5%

11/8/2023	17H00	5,8	5,6	5,8	3,4%
11/8/2023	18H00	5,8	5,6	5,7	1,8%
11/8/2023	19H00	5,8	5,7	5,8	1,7%
11/8/2023	20H00	5,8	5,6	5,7	1,8%
11/8/2023	21H00	5,8	5,7	5,8	1,7%
11/8/2023	22H00	5,8	5,6	5,7	1,8%
11/8/2023	23H00	5,8	5,6	5,8	3,4%
12/8/2023	00H00	5,8	5,5	5,7	3,5%
12/8/2023	01H00	5,8	5,6	5,8	3,4%
12/8/2023	02H00	5,8	5,6	5,7	1,8%
12/8/2023	03H00	5,8	5,7	5,8	1,7%
12/8/2023	04H00	5,8	5,7	5,7	0,0%
12/8/2023	05H00	5,8	5,6	5,8	3,4%
12/8/2023	06H00	5,8	5,6	5,7	1,8%
12/8/2023	07H00	5,8	5,7	5,8	1,7%
12/8/2023	08H00	5,8	5,6	5,7	1,8%
12/8/2023	09H00	5,8	5,7	5,8	1,7%
12/8/2023	10H00	5,8	5,6	5,7	1,8%
12/8/2023	11H00	5,8	5,6	5,8	3,4%
12/8/2023	12H00	5,8	5,6	5,7	1,8%
12/8/2023	13H00	5,8	5,7	5,8	1,7%
12/8/2023	14H00	5,8	5,6	5,7	1,8%
12/8/2023	15H00	5,8	5,7	5,8	1,7%

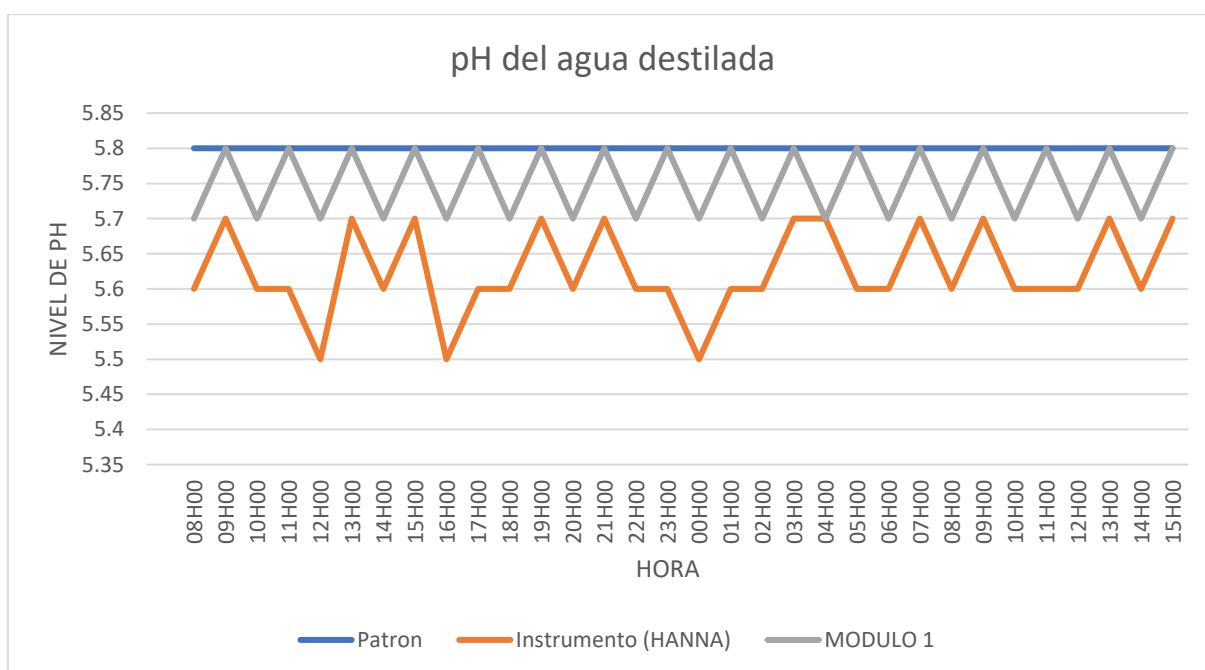


Figura 4.3. pH del agua destilada

4.5. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA DE MONITOREO

Es necesario entender cómo va a funcionar el sistema de monitoreo automático, el mismo que consta de tres partes importantes:

- El módulo de adquisición de datos que consta de los sensores de pH del suelo del agua.
- El módulo receptor de información, que mediante el software LabVIEW capta la información enviada por los sensores.
- La estación de monitoreo que mediante el sistema SCADA controla los datos recibidos.
- Finalmente, la visualización que permite mantener contacto al usuario con la máquina.

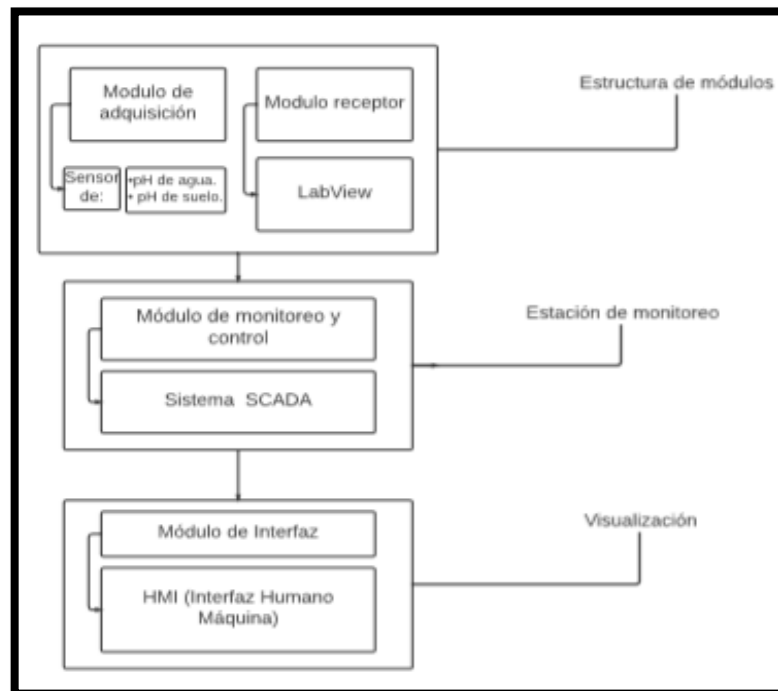


Figura 4.4. Metodología de Funcionamiento.

4.6. MONITOREO DE PH DEL INVERNADERO

Para describir la metodología respectiva para el control del pH del suelo y del agua del invernadero, es necesario mencionar los respectivos pasos:

1. Se debe realizar la respectiva conexión desde la caja de protección hasta la parte interna del invernadero para así conectar a las respectivas fuentes DC que alimentaran a los sensores, tal como se indica en la Figura 4.5

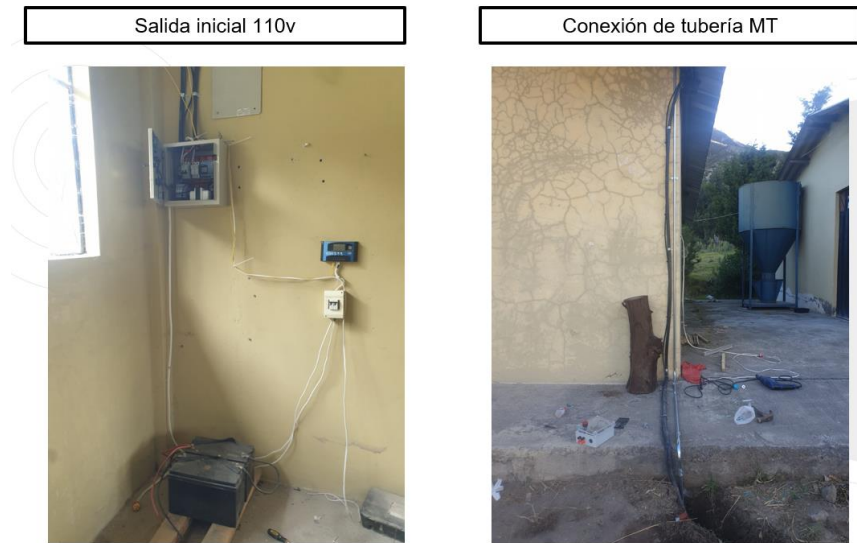


Figura 4.5. Conexión de las fuentes de alimentación.

2. Se realiza la construcción de los módulos encargados de enviar y recibir los datos registrados por los respectivos sensores del pH que se visualiza en la Figura 4.6.



Figura 4.6. Módulos para enviar y recibir los datos del sensor.

3. Se procede a construir las placas para la adquisición de las señales por parte de los sensores a través de ATP MEGA 328 en donde se carga la programación para la adquisición de datos. Por el módulo SP866, se realiza la interconexión de los 4 módulos para el monitoreo.

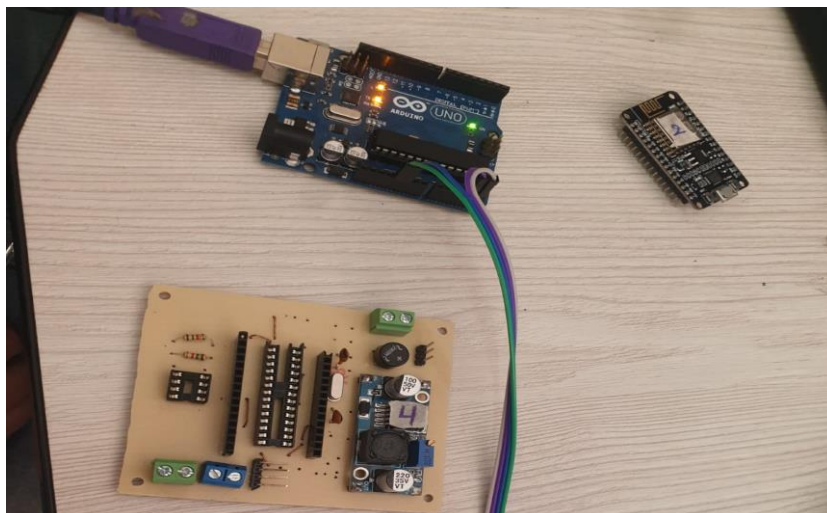


Figura 4.7. Construcción de módulos

A continuación, se indica el diagrama de flujos para el monitoreo del pH del suelo y del agua en la Figura 4.8.

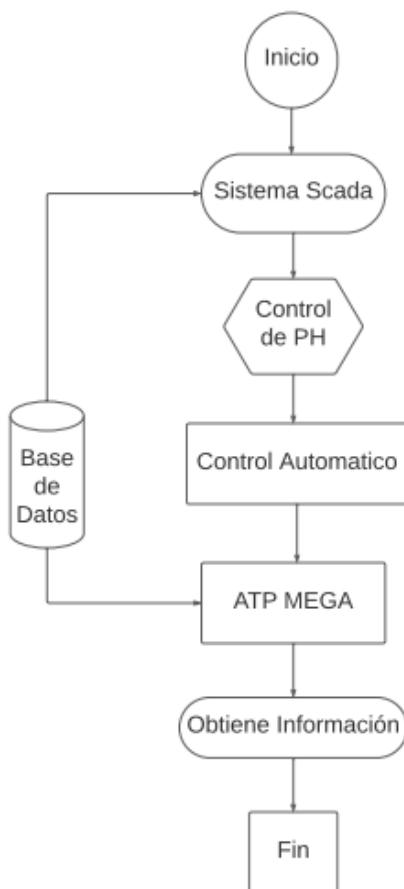


Figura 4.8. Diagrama de flujo para el monitoreo del pH.

4.7. SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE LOS DATOS

Para la adquisición y control de los datos se aplica el siguiente diagrama de flujos que se especifica en la Figura 4.9.

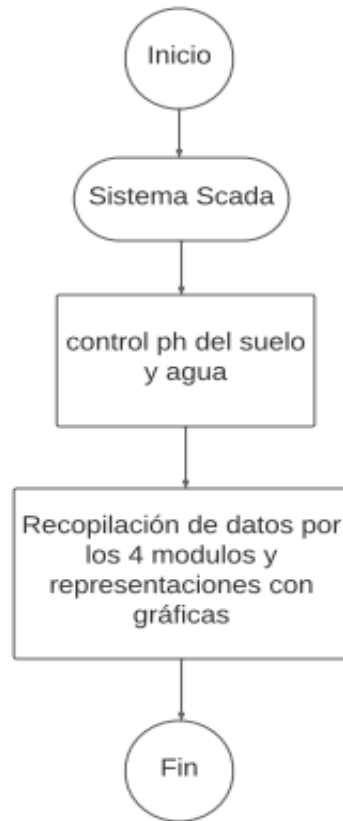


Figura 4.9. Diagrama de flujo para el monitoreo del pH.

Para el desarrollo del sistema de adquisición de información a través del sistema SCADA se ejecuta los siguientes pasos:

1. Se realiza un esquema en el software LabVIEW para lograr evidenciar los datos que son recopilados por los cuatro módulos, con sus respectivas gráficas que permitan evidenciar la señal medida por los cuatro sensores de pH del suelo colocado en cada hilera y un sensor del pH del agua. Los datos son procesados por el software LabVIEW.
2. Para que el sistema SCADA funcione correctamente y permita el control, monitoreo y adquisición remota de datos desde la plantación de la Universidad Técnica de Cotopaxi, es fundamental que el canal de datos esté conectado en red. En caso contrario, el sistema no podrá operar adecuadamente.

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. UBICACIÓN DEL INVERNADERO DEL CAMPUS SALACHE

El invernadero de la Universidad Técnica de Cotopaxi se localiza en la Provincia de Cotopaxi, cantón Latacunga, en el campus La Salache, destinado a la carrera de ingeniería agronómica, con un enfoque específico en el cultivo de semillas y granos andinos. En la Figura 5.1. se señala la ubicación

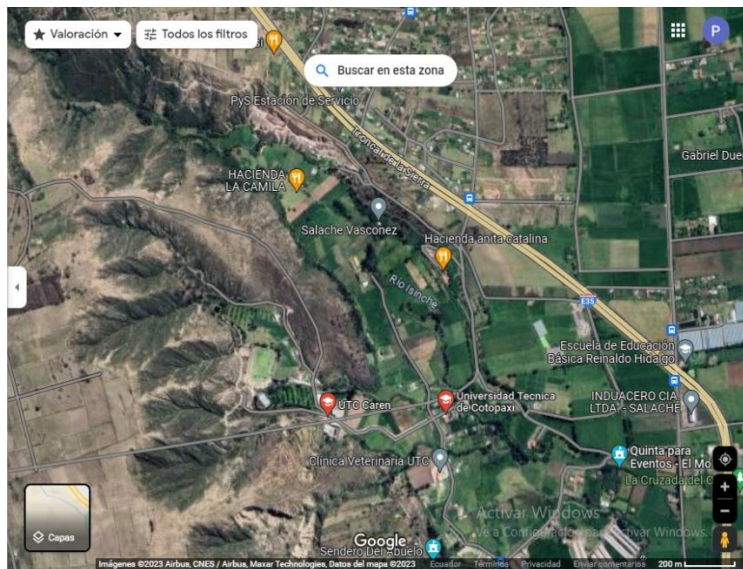


Figura 5.1. Ubicación de la hacienda en el campus Salache.

En la figura 5.2 se muestra el invernadero donde se llevó a cabo el proyecto, que se caracteriza por ser de tipo asimétrico.



Figura 5.2. Ubicación de la hacienda en el campus Salache.

5.2. METODOLOGÍA PARA LA CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO DE MONITOREO DEL PH

5.2.1. Ubicación de los sensores

Los sensores se ubicaron a una distancia de 1.20 m de las camas del invernadero, los módulos se encuentran energizados con 12V y alimentan las placas de transmisión de datos hacia el cuarto de monitoreo ubicado en el cuarto de control.

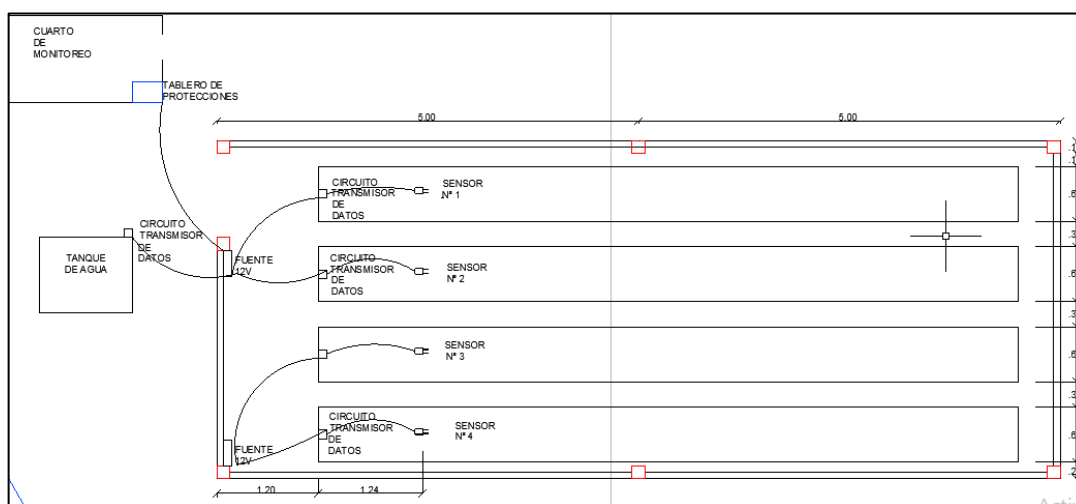


Figura 5.3. Ubicación de los sensores

5.2.2. Diseño e implementación del circuito de transmisión

En este capítulo se describe los circuitos diseñados para obtener el circuito de recepción y transmisión de datos desde el invernadero hasta el computador del cuarto de monitoreo.

- **Fuente de alimentación**

El circuito regulador de voltaje está constituido por los siguientes elementos:

- Modulo de potencia de paso LM2596
- Regulador de voltaje AMS1117
- Puente de diodos rectificador 2W01G
- Resistencias

El circuito de los sensores está en los rangos de consumo de 3.3 V a 5V, por lo que se implementó un control de voltaje que proporcione un nivel de salida máximo de 5V para evitar que los sensores sufran daños por sobrecarga.

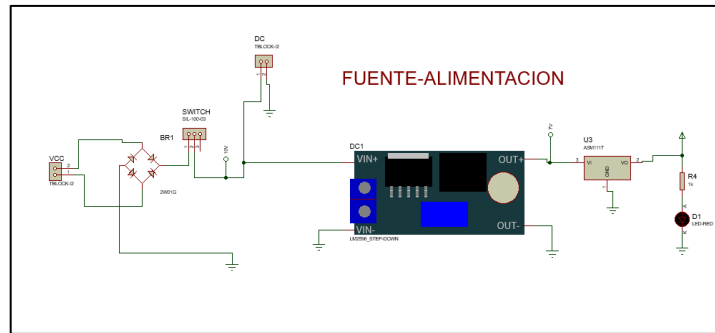


Figura 5.4. Fuente de alimentación diseñado para el módulo

El circuito regulador de voltaje está constituido por los siguientes elementos:

- Módulo de potencia de paso LM2596
- Regulador de voltaje AMS1117
- puente de diodos rectificador 2W01G
- resistencias

El circuito de los sensores está en los rangos de consumo de 3.3V a 5V, por lo que se implementó un control de voltaje que proporcione un nivel de salida máximo de 5V para evitar que los sensores sufran daños por sobrecarga.

- **Módulo de potencia de paso LM2596**

Reduce el voltaje de la forma más eficiente. Voltaje de entrada: 4.5V a 40V DC. Voltaje de salida: 1.23V a 37V DC. Corriente de Salida: máx. 3A, 2.5A recomendado.

- **Regulador de voltaje AMS1117**

En los pines de alimentación se pueden observar que se encuentra ubicado un puente de diodos que controla la polaridad, seguidamente se encuentra el módulo de potencia de paso LM 2596 que reduce el voltaje de manera más eficiente y para garantizar un voltaje estable se dispone de un regulador AMS 1117 en paralelo con una resistencia conectada a tierra.

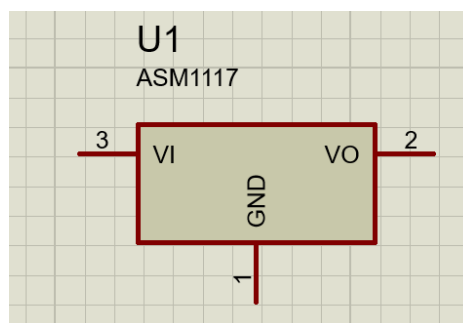


Figura 5.4. Regulador de voltaje AMS1117

Puente de diodos rectificador 2W01G

En el circuito de la figura 5.6, se observa que en los pines de alimentacion se puede observar que se encuentra ubicado un puente de didios que controla la polaridad, seguidamente se encuentra el modulo de potencia de paso LM 2596 que reduce el voltaje de manera mas eficiente y para garantizar un voltaje estable se dispone de un regulador AMS 1117 en paralelo con una resistencia conectada a tierra.

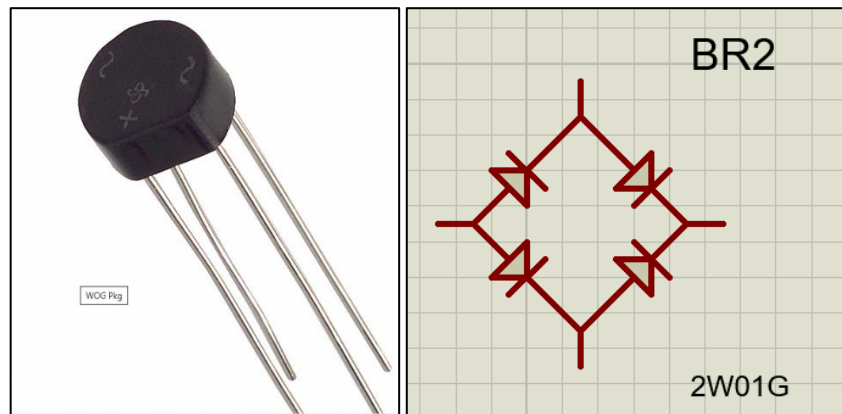


Figura 5.5. Puente de diodos rectificador

5.2.3. Sensor del Suelo

En el circuito 5.7 se visualiza el circuito del sensor del suelo, que se encuentra conformado por resistencias y un amplificador

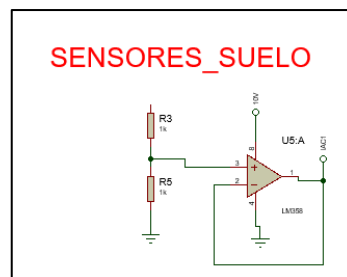


Figura 5.6. Circuitos del sensor del suelo

5.2.4. Conexionado del ATM328

En el microcontrolador ATM 328 se enlazan las siguientes conexiones:

- En el pin número 23 esta conectado el sensor de PH del suelo entre el microcontrolador.
- La comunicación entre el microcontrolador y el modulo ESP 8266 esta realizada mediante etiquetas en los pines 2,3 del microcontrolador y los pines 28 y29.

El circuito de recepción y transmisión de datos esta compuesto por tres secciones la primera que es la fuente controlable de voltaje en los rangos de 1.2 V a 5V , ademas cuenta con un microcontrolador ATMEGA 328 que permite el procesamiento de informacion, siendo necesario un circuito resonador para que ejecute las instrucciones en el menor tiempo posible, el oscilador esta compuesto por un resonador de cuarzo con dos capacitores de 22pf conectados a tierra, el circuito resonador se encuentran conectados en los pines .

Ademas posee un switch de reset conectado en la terminal uno con una resistencia de 10 k Ω en paralelo, las conexiones se encuentran especificadas mediante etiquetas de conexión.

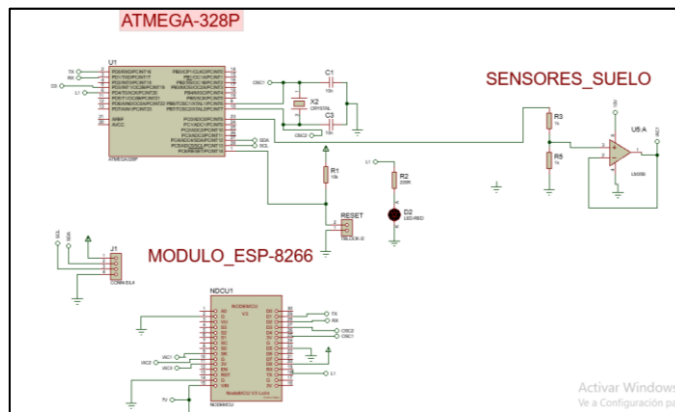


Figura 5.7. Microcontrolador ATM328

5.2.5. Modulo RS485

Permite la comunicación de datos entre el sensor y el módulo transmisor tal como se visualiza en la figura 5.9

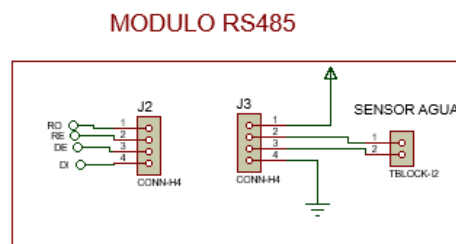


Figura 5.8. Módulo RS485

5.2.6. Conexionado del Módulo RS485 y el Sensor del agua

El módulo RS485 recibe directamente la señal del sensor de agua en el pin 3, el cual se encuentra conectado hacia el módulo ESP8266 entre los siguientes pines a través de la conexión de mediante etiquetas. En la tabla 5.1 se indica los pines de conexión.

Tabla 5.1. Pines de conexión del Módulo RS485 y el Sensor del agua

Pines del Módulo RS485	Pines del Módulo ESP8266
1	20
2	23
3	22
4	21

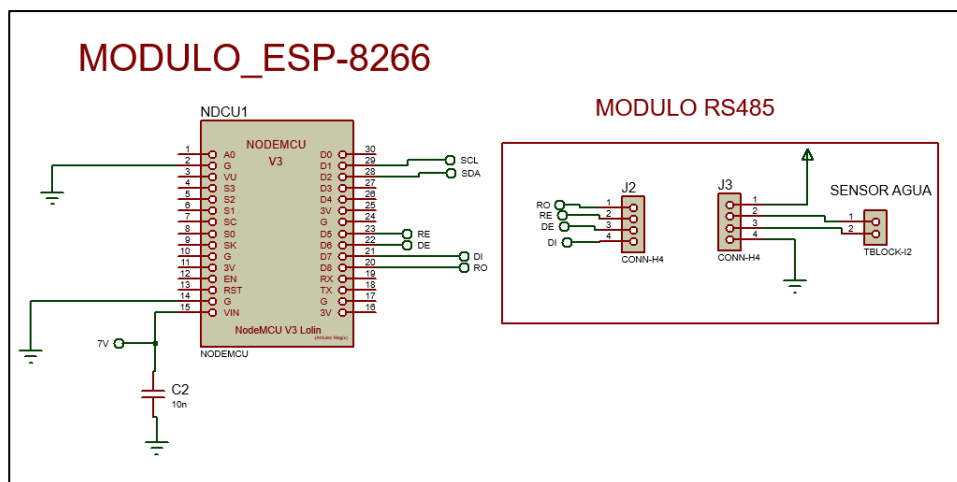


Figura 5.9. Módulo RS485 y el Sensor del agua

5.3. SISTEMA DE CONTROL DEL PH

Para realizar la comprobación del sistema de control de humedad se realizó la medición del pH del suelo utilizando el medidor del suelo y se verificó que el pH censado por el sistema de monitoreo instalado en el invernadero es aproximadamente igual al medido por el equipo.

El diseño de la placa se realizó en el software Proteus para la placa de monitoreo del pH del suelo y del agua que se indican en la 11 y 12. los cuales están diseñados para 4 sensores de pH de suelo y un sensor d pH de agua.

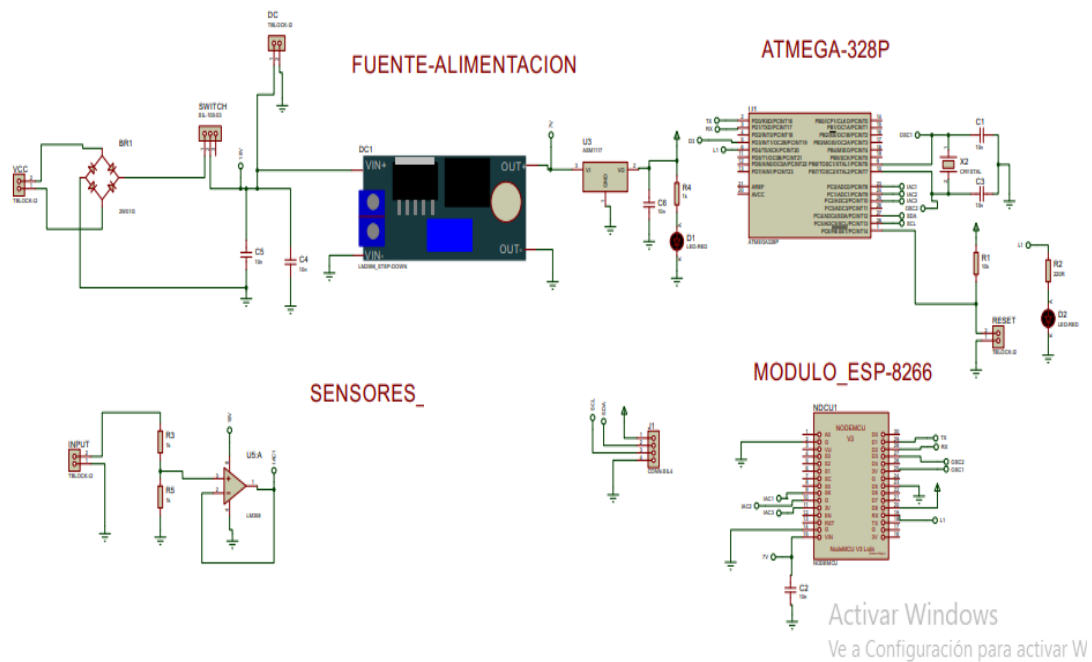


Figura 5.10. Sensor del pH del suelo.

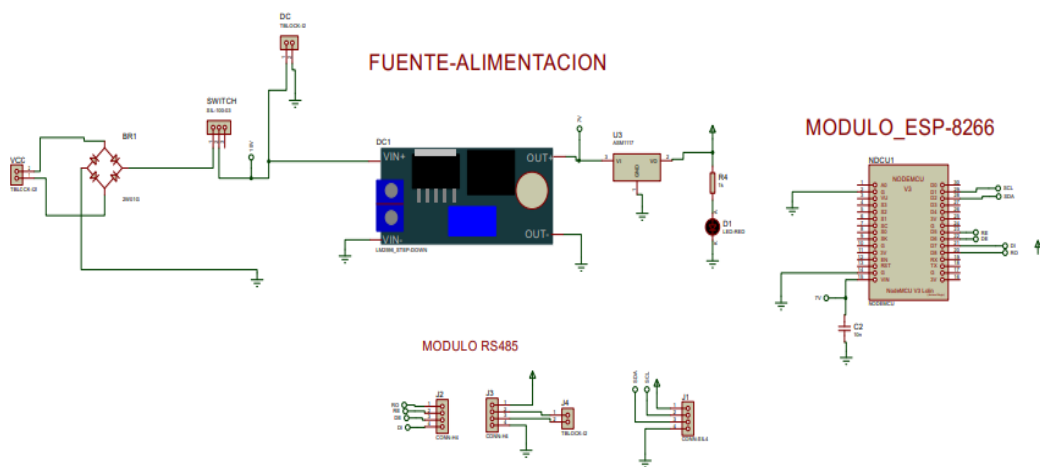


Figura 5.11. Sensor del pH del agua.

5.4. FUNCIONAMIENTO DEL SISTEMA SCADA

El sistema SCADA se encuentra formada por una pantalla principal como se indica en la figura 5.13 la cual presenta los siguientes botones:

- Pantallas de visualización de las medidas de los 4 módulos del pH del suelo
- Pantalla de visualización de la medida del módulo del pH del agua
- Pantallas de grafica del pH de los 4 módulos del pH del suelo
- Pantallas de grafica del pH del módulo del pH del agua

- Botón de estado conectado del sistema
- Botón de stop del sistema.
- Reporte en bloc de notas.

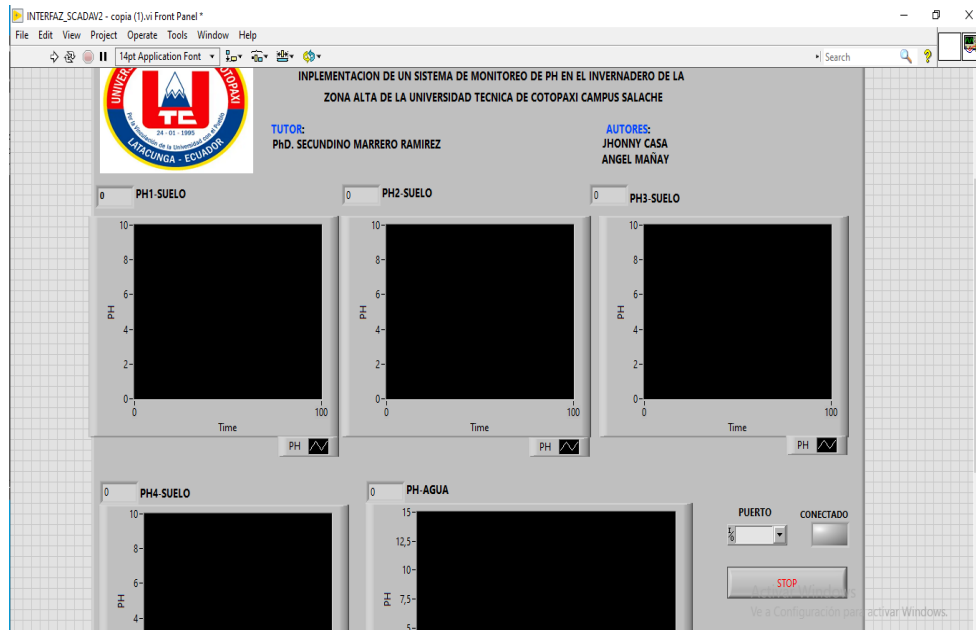


Figura 5.12. Pantalla principal del sistema SCADA.

5.5. DATOS OBTENIDOS

El monitoreo que se realiza sobre el pH del suelo y del agua censados por los sensores arroja los datos iniciales los mismos que se representa en la figura 5.2, donde se puede visualizar que el pH tanto del agua como del suelo se encuentran dentro del rango establecido y aceptable.

Tabla 5.2. Datos obtenidos de pH.

Fecha	Tiempo	pH suelo módulo 1	pH suelo módulo 2	pH suelo módulo 3	pH suelo módulo 4	pH agua	pH suelo promedio
26/7/2023	0:00	7,3	7,3	7,3	7,5	7,14	7,35
26/7/2023	1:00	7,3	7,5	7,3	7,4	7,11	7,38
26/7/2023	2:00	7,3	7,4	7,2	7,3	7,13	7,30
26/7/2023	3:00	7,4	7,3	7,3	7,4	7,08	7,35
26/7/2023	4:00	7,2	7,5	7,3	7,5	7,11	7,38
26/7/2023	5:00	7,3	7,6	7,3	7,3	7,12	7,38
26/7/2023	6:00	7,4	7,5	7,3	7,4	7,13	7,40
26/7/2023	7:00	7,2	7,4	7,3	7,5	7,14	7,35
26/7/2023	8:00	7,3	7,3	7,3	7,3	7,11	7,30
26/7/2023	9:00	7,2	7,6	7,3	7,4	7,08	7,38
26/7/2023	10:00	7,4	7,4	7,3	7,4	7,12	7,38

26/7/2023	11:00	7,4	7,5	7,3	7,5	7,13	7,43
26/7/2023	12:00	7,2	7,3	7,3	7,3	7,14	7,28
26/7/2023	13:00	7,3	7,6	7,3	7,4	7,11	7,40
26/7/2023	14:00	7,2	7,3	7,3	7,5	7,08	7,33
26/7/2023	15:00	7,2	7,5	7,3	7,5	7,13	7,38
26/7/2023	16:00	7,4	7,4	7,3	7,3	7,12	7,35
26/7/2023	17:00	7,3	7,6	7,3	7,4	7,14	7,40
26/7/2023	18:00	7,2	7,3	7,3	7,5	7,11	7,33
26/7/2023	19:00	7,2	7,4	7,3	7,3	7,08	7,30
26/7/2023	20:00	7,4	7,3	7,3	7,4	7,13	7,35
26/7/2023	21:00	7,3	7,5	7,3	7,5	7,14	7,40
26/7/2023	22:00	7,3	7,4	7,3	7,5	7,12	7,38
26/7/2023	23:00	7,4	7,6	7,3	7,4	7,11	7,43

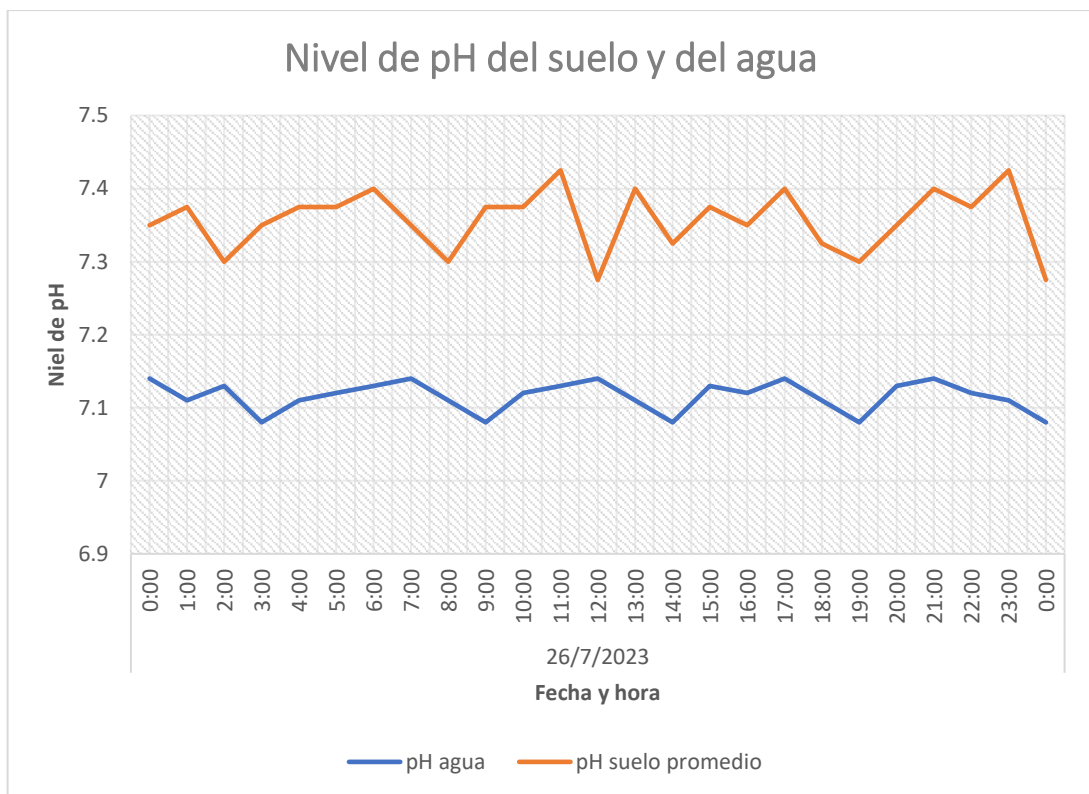


Figura 5.13. Datos obtenidos.

A continuación, se presenta las pantallas con las curvas que arroja el programa de monitoreo y control del pH del suelo y del agua, donde existe un monitoreo total y constante del pH.

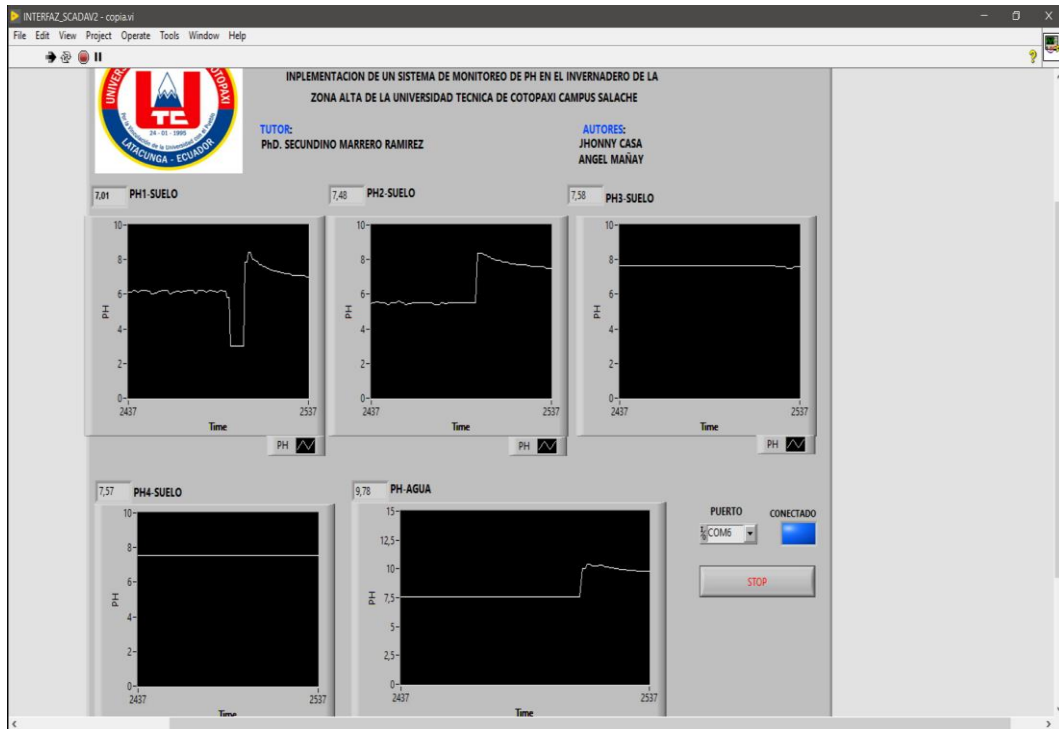


Figura 5.14. Gráficos obtenidos.

Finalmente, el software proporciona un informe con todos los resultados obtenidos que se puede visualizar en la Figura 5.15.

The screenshot shows a text report window titled 'datos: Bloc de notas'. The report content is as follows:

```

UNIVERSIDAD TECNICA DE COTOPAXI
DATOS DE PH DEL SUELO
DATOS
:
Fecha:      Hora:      PH1    PH2    PH3    PH4    PH_AGUA
7/8/2023   18:44:02   3.00   6.64   7.60   7.56   8.63
7/8/2023   18:44:02   3.00   6.75   7.60   7.56   8.62
7/8/2023   18:44:03   3.00   6.75   7.60   7.56   8.62
7/8/2023   18:44:03   3.00   6.72   7.60   7.56   8.62
7/8/2023   18:44:04   3.00   6.72   7.60   7.56   8.62
7/8/2023   18:44:04   3.00   6.72   7.60   7.56   8.64
7/8/2023   18:44:05   3.00   6.72   7.60   7.56   8.64
7/8/2023   18:44:05   3.00   6.72   7.60   7.56   8.65
7/8/2023   18:44:06   3.00   6.72   7.60   7.56   8.65
7/8/2023   18:44:06   3.00   6.72   7.60   7.56   8.64

```

Figura 5.15. Informe obtenido.

Para la verificación de los resultados se toma las mediciones con el instrumento medidor del pH y se procede a calcular el porcentaje error donde debe ser menor al 5%. En la Tabla 5.3 se puede visualizar que el porcentaje error es menor al calculado del pH del suelo, por lo tanto, se encuentra bien ejecutado el programa.

Tabla 5.3. Porcentaje error de pH de suelo.

pH suelo promedio	pH medido	% error
7,35	7,23	2%
7,38	7,20	3%
7,30	7,24	1%
7,35	7,30	1%
7,38	7,15	3%
7,38	7,18	3%
7,40	7,11	4%
7,35	7,10	4%
7,30	7,25	1%
7,38	7,30	1%
7,38	7,40	0%
7,43	7,30	2%
7,28	7,25	0%
7,40	7,15	3%
7,33	7,18	2%
7,38	7,11	4%
7,35	7,13	3%
7,40	7,24	2%
7,33	7,15	3%
7,30	7,30	0%
7,35	7,24	2%
7,40	7,40	0%
7,38	7,24	2%
7,43	7,40	0%

5.6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO

En la tabla 5.7, 5.8 y 5.9 se indica el presupuesto invertido para la implementación del módulo de monitoreo del pH del Invernadero. En las tablas se describen los respectivos elementos que conforman el módulo, además de la cantidad, el precio unitario y el precio total de la

construcción del módulo que permitirá el adecuado monitoreo del pH del suelo y del agua del invernadero.

Tabla 5.4. Presupuesto para la implementación del módulo del monitoreo del pH

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
LCD DE 16 X 2	6	7,50	45,00
ESP 8266	6	8,50	51,00
ATMEGA328P	4	5,50	22,00
LM2526	6	2,75	16,50
BORNERA	15	0,30	4,50
PUENTE	5	0,35	1,75
SWITCH	5	0,40	2,0
ZOCALOS	5	0,5	2,50
RESISTENCIA DE 220 Ω	10	0,05	0,50
LED	10	0,1	1,00
SENSORES DE PH DE SUELO	4	40	160
SENSOR DE AGUA	1	140	140
TOTAL			416,75

Tabla 5.5. Gastos de materiales externos

DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Tubo eléctrico tipo EMT (3 METROS)	4	3	12,00

Breaker Schneider 2 polos	1	5	5,00
Abrazaderas para tubería EMT	10	0.30	3,00
Uniones para tubería EMT	8	0.30	2.40
Conductor #18 AWG	31	0.40	12.4
FUENTES DC 12V -5A	2	7	14,00
Cajas de protección para módulos	7	5	35,00
Computador de escritorio	1	100	150,00
Total			223,80

Tabla 5.6. Gastos indirectos de proyecto

Descripción	Cantidad	Precio unitario (\$)	Precio Total (\$)
Alimentación	10	2.50	25,00
Transporte	10	1	10,00
Total			35,00

Se puede visualizar en la tabla 5.10 el presupuesto total de lo invertido en el proyecto, en donde se realizó la suma de los gastos realizados para la implementación del módulo, los gastos de materiales externos y los gastos indirectos del proyecto, obteniendo como presupuesto total que corresponde a 685,55

Tabla 5.7. Presupuesto total

Descripción	Cantidad	Precio unitario (\$)	Precio Total (\$)
Total, de Implementación de los módulos para monitoreo del pH	5	416,75	416,75

Total, gastos de materiales externos	1	183,00	233,80
Gastos indirectos de proyecto	1	35,00	35,00
TOTAL			685,55

5.7. IMPACTOS DEL SISTEMA DE MONITOREO DEL PH

5.7.1. Impacto Tecnológico

Al realizar la implementación del módulo de monitoreo del pH, se logra un incremento positivo en el desarrollo y la eficiencia de los cultivos y así se mejora el estado general del invernadero. Al llevar a cabo esta investigación, se obtiene beneficios como el lograr mantener un nivel de pH del agua y del suelo adecuado para las plantas.

5.7.2. Impacto Ambiental

Es de gran importancia controlar las variables ambientales del invernadero para mejorar el crecimiento de la planta, un mayor grado de control sobre las condiciones climáticas conlleva a un aumento en la uniformidad de los resultados, lo que se traduce en un rendimiento superior en el desarrollo de las plántulas.

El control preciso de las variables ambientales como el pH se asocia con mejoras en el crecimiento de las plantas, y se sugiere que un mayor control climático resultará en una mayor consistencia y mejores resultados en términos de rendimiento de las plantas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

- Con la información recopilada sobre el monitoreo del pH, se puede conocer cuáles son los elementos, dispositivos y sistemas que permiten el desarrollo de un sistema de monitoreo automático constante que facilite registrar y visualizar el pH de acuerdo a las necesidades requeridas.
- El sistema de monitoreo de pH del agua y suelo diseñado, permite realizar tareas correctivas en los parámetros de pH, para mantener los niveles adecuados que requiere el cultivo, además que permite una comunicación entre el sistema y el operario a través de una interfaz gráfica.
- El proyecto implementado en el invernadero cumple con requerimientos técnicos para la obtención de parámetros de PH en tiempo real, mediante la transmisión de datos con los módulos wifi, de tal manera que permita evaluar los niveles de PH existentes en el cultivo.

6.2. RECOMENDACIONES

- El sistema de monitoreo de pH del suelo y agua dispone de varios elementos eléctricos y electrónicos, por lo que deben ser manejados y operados por personal competente.
- Se debe tener cuidado con el sensor de agua debido a que cuando esta inutilizado tiene a descomponerse la sonda, por ende, se lo debe mantener en un recipiente con una sustancia neutra de PH.
- Se debe verificar la conexión del microcontrolador ya que, existen varios modelos en el mercado y un conexionado diferente que puede ocasionar que el dispositivo no realice su funcionamiento de manera correcta.
- Si se quiere mejorar el monitoreo de PH se puede optar por instalar un sistema de dosificación química, que permita agregar sustancias acidas o básicas según la necesidad del cultivo.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] Mario Santiago López Montenegro, «Monitoreo Ambiental aplicado a un mini invernadero usando tecnología ZigBee e INTERNET», Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Quito, 2016. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12451/Caso%20de%20Estudio%20Mario%20L%c3%b3pez%20Revisi%c3%b3n.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [2] Jhonatan David Palomo Masabanda y David Napoleón Velasco Chimba, «Implementación del monitoreo de pH y control de **CO₂** en el invernadero N°1», Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga, 2022. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/9336/1/PI-002159.pdf>
- [3] A. P. Torres, D. M. Camberato, R. G. Lopez, y M. V. Mickelbart, «Medicion de pH y Conductividad Electrica en Sustratos», p. 6.
- [4] Jerónimo J. Pérez Parra, «Tecnología y manejo del cultivo en invernaderos: retos y factores de éxito», presentado en PRINCIPALES RETOS DE LA HORTICULTURA PROTEGIDA ESPAÑOLA, Madrid, 18 de abril de 2017. Accedido: 26 de junio de 2023. [En línea]. Disponible en: https://www.mapa.gob.es/es/agricultura/temas/producciones-agricolas/3-visiondelainvestigacionespanaijeronimoperez_tcm30-379494.pdf
- [5] Suárez Vinueza Rommel Eusebio, «Automatización y Control de un invernadero experimental para mejorar su eficiencia energética», Universidad Técnica De Cotopaxi, Latacunga, 2021. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7819/1/MUTC-001012.pdf>
- [6] Freddy Josué Pérez Reyes, «Sistema Automatizado De Control Y Monitoreo Basado En Tecnología Lorawan Y MATT Para El Cultivo De Hortalizas Bajo Invernadero», Universidad Técnica de Ambato, Ambato, 2023.
- [7] Agropal, «El pH del suelo en la agricultura», *Agropal*, 8 de noviembre de 2016. <http://www.agropal.com/es/el-ph-del-suelo/> (accedido 26 de junio de 2023).
- [8] Eduardo Barrera Martin, Rafael Víctor Herrero Niño, y Alejandro Raúl Meraz García, «Invernadero Inteligente», Instituto Politécnico Nacional, México, D.F, 2014. [En línea]. Disponible en: [https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14050/1/INVERNADERO%20INTELIGENT E.pdf](https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14050/1/INVERNADERO%20INTELIGENT%20E.pdf)

- [9] Edisson Vladimir Freire Solis y Marlon Damian Pujos Espin, «Diseño e implementación de un sistema de monitoreo para el control de nutrientes, pH, c.e., temperatura y flujo de agua, en hidroponía mediante el uso de sistemas embebidos, ubicado en el departamento de horticultura, de la facultad de recursos naturales, de la escuela superior politécnica de Chimborazo», Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Riobamba, 2020. [En línea]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/14529/1/15T00737.pdf>
- [10] Abad Buri Juan Alejandro y Juan Pablo Farez Sigcha, «Diseño e implementación de un sistema de monitoreo de variables climáticas que afectan al cultivo de café, en la plantación ASOPROCCSI ubicado en Santa Isabel», Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/16218/1/UPS-CT007877.pdf>
- [11] N. R. Eugenio *et al.*, «La contaminación del suelo: una realidad oculta», p. 144, 2019.
- [12] Rodríguez Mogrovejo Peter Alex, «Diseño Y Simulación De Un Sistema Scada Para El Control Y Monitoreo De Reservorios De Agua Potable Usando Un Algoritmo De Control Mediante Una Red Inalambrica En Arequipa», Universidad Católica de Santa María, Arequipa – Perú, 2019. [En línea]. Disponible en: <https://core.ac.uk/download/pdf/287059737.pdf>
- [13] Marco Xavier Aillón Abril, «Diseño De Un Sistema Scada De Control Automático De Temperatura Y Humedad Para Los Lechos De Producción De Humus De Lombriz En La Empresa Bioagrotecsa Cía. Ltda», Universidad Técnica De Ambato, Ambato, 2010. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/101/1/t552ec.pdf>
- [14] Correa Varas Jorge Stalin y Isaac German Zavala Chacon, «Diseño e implementación de un sistema de detección y monitoreo de gas metano en una maqueta de planta de tratamiento de aguas», Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil-Ecuador, 2019.
- [15] Christian Wladimir Supe Palate, «Sistema De Comunicación Y Control De Las Estaciones De Los Tanques De Reserva De Junta Administradora De Agua Potable De La Parroquia Picaihua», Universidad Técnica De Ambato, Ambato – Ecuador, 2023. [En línea]. Disponible en: <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/38500/1/t2295ec.pdf>

8. ANEXOS

ANEXO A. INFORME ANTIPLAGIO PROYECTO DE TITULACIÓN

Facultad:	Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas
Carrera:	Ingeniería Eléctrica en Sistemas Eléctricos de Potencia
Nombre del docente evaluador que emite el informe:	PhD. Secundino Marrero Ramírez
Documento evaluado:	Propuesta tecnológica presentado previo a la obtención del Título de Ingeniero Eléctrico en Sistemas Eléctricos de Potencia.
Autores del documento:	Sr. Casa Toctaguano Jhonny Javier Sr. Mañay Quinatoa Angel Orlando
Programa de similitud utilizado:	Sistema Compilatio
Porcentaje de similitud según el programa utilizado:	2%
Observaciones: Calificación de originalidad atendiendo a los siguientes criterios: <ul style="list-style-type: none"> • El documento cumple criterios de originalidad, sin observaciones. • El documento cumple criterios de originalidad con observaciones. • El documento no cumple criterios de originalidad. 	-X- --- ---
Fecha de realización del informe:	16/08/2023 1:20:00 PM
Captura de pantalla del documento analizado:	
<p>Ubicación de las similitudes en el documento:</p>	
<hr/> <p>PhD. Secundino Marrero Ramírez Director de la Propuesta Tecnológica</p>	

ANEXO B. INFORME ANTIPLAGIO

CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

TESIS_FINAL_FINALPHANTIPLAGIO

2% Similitudes

< 1% Texto entre comillas
< 1% similitudes entre comillas
< 1% Idioma no reconocido

Nombre del documento: TESIS_FINAL_FINALPHANTIPLAGIO.docx
ID del documento: e7ac74be9ded99caf699946454a13abbe8e706c3
Tamaño del documento original: 16,25 MB

Depositante: Secundino Marrero
Fecha de depósito: 16/8/2023
Tipo de carga: interface
fecha de fin de análisis: 16/8/2023

Número de palabras: 14.975
Número de caracteres: 95.104

Ubicación de las similitudes en el documento:



Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	repositorio.usmp.edu.pe Desarrollo de un sistema de monitoreo de temperatura... https://repositorio.usmp.edu.pe/handle/20.500.12727/5649#~:text=La presente tesis desarrolla un... 1 fuente similar	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (57 palabras)
2	repositorio.utc.edu.ec Automatización y Control de un invernadero experimental... http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7819/3/MUTC-001012.pdf.txt 6 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (43 palabras)
3	repositorio.utc.edu.ec Automatización de un sistema de riego para el control de ... http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6822/6/T-001522.pdf.txt 2 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (29 palabras)
4	Documento de otro usuario #d105b El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)
5	Documento de otro usuario #e7c43c El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (30 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	Documento de otro usuario #d913c5 El documento proviene de otro grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (20 palabras)
2	Tesis Efecto de extractos vegetales con solventes organicos en el control... #b09f4d El documento proviene de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (12 palabras)
3	Diseño y construcción de un sistema de control de PH para cama de cultivo en u... /var/dspace/bitstream/15000/11789/3/T2073.pdf.txt	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)
4	muster.es > Descubre el pH ideal para tus plantas y haz que florezcan Actualiz... https://muster.es/cuidados/ph-adeecuado-para-las-plantas/#~:text=Un ph inadecuado puede limitar...	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (10 palabras)

ANEXO C. UBICACIÓN DEL INVERNADERO.



Figura C.1. Zona alta Campus Salache.

ANEXO D. INSTALACIÓN DE TUBERÍA EMT Y FUENTES DC.



Figura D.1 Ubicación de tubería EMT.



Figura D.2. Instalación de fuentes DC

ANEXO E. DISEÑO DE CIRCUITOS ELECTRÓNICOS.

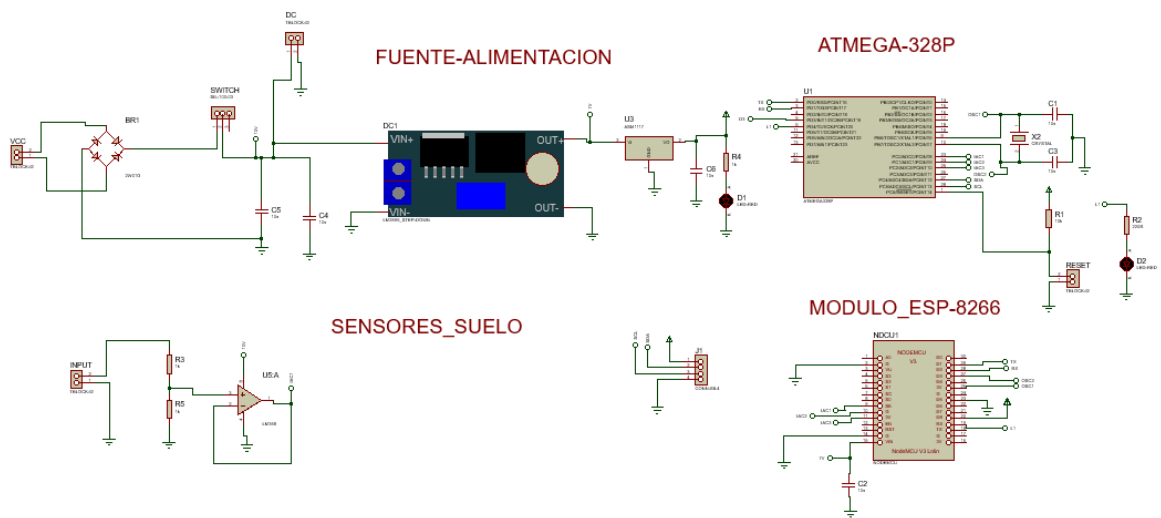


Figura E.1. Esquema electrónico para pH suelo

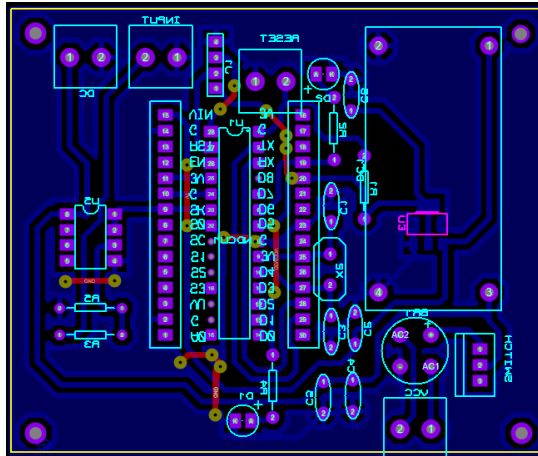


Figura E.2. Diseño PCB para sensor de pH suelo.

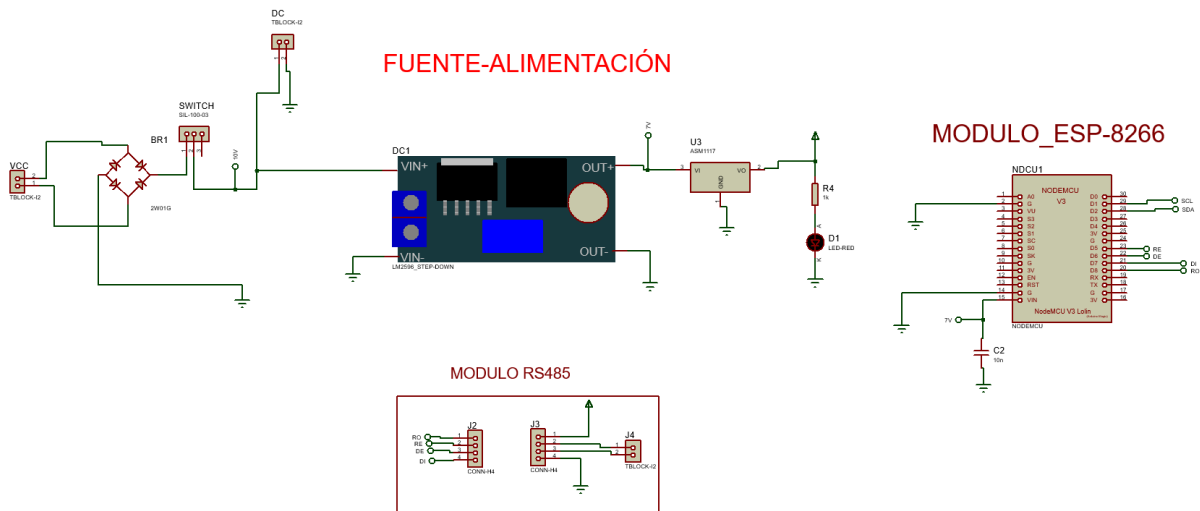


Figura E.3. Esquema electrónico para pH agua.

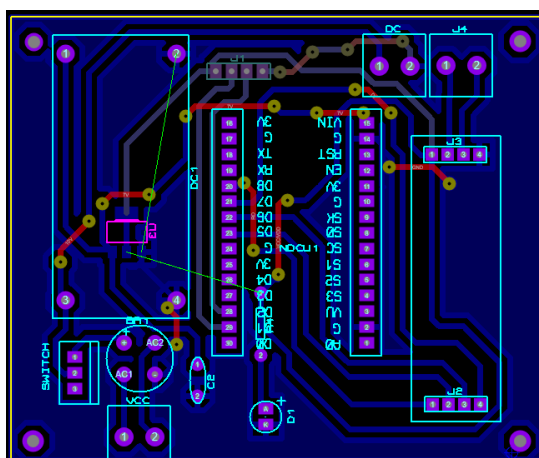


Figura E.4. Diseño PCB para sensor de pH agua.

ANEXO F. PROGRAMACIÓN EN EL ID DE ARDUINO PARA MODULO ESP8266 DE TRANSMISIÓN.

```
//FRECUENCIA ESP8266

#include <SoftwareSerial.h>

#include <Separador.h>

#include <ESP8266WiFi.h>

#include <espnow.h>

SoftwareSerial espSerial(4, 5);

// DIRECCION ADRES DEL RECEPTOR

uint8_t broadcastAddress[] = {0xC4, 0x5B, 0xBE, 0xE3, 0x34, 0xC3};

//IDENTIFICACION DEL DISPOSITIVO

#define BOARD_ID 1

typedef struct struct_message {

    int id;

    int x;

    //int y;

} struct_message;

struct_message myData;

// LLAMA CUANDO ENVIA EL PAQUETE

void OnDataSent(uint8_t *mac_addr, uint8_t sendStatus) {

    //Serial.print("\r\nLast Packet Send Status: ");

    if (sendStatus == 0){

        //Serial.println("Delivery success");

    }

    else{

        //Serial.println("Delivery fail");

    }

}

uint32_t t0;

uint32_t t1;
```

```

uint32_t tiempo_envio = 1000;

char inputString1[ 500 ];

uint8_t index1 = 0;

Separador s;

String dt1;

String dt2;

float ph=0;

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  espSerial.begin(9600);

  pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);

  WiFi.mode(WIFI_STA);

  WiFi.disconnect();

  if (esp_now_init() != 0) {

    Serial.println("Error initializing ESP-NOW");

    return;

  }

  // Set ESP-NOW role

  esp_now_set_self_role(ESP_NOW_ROLE_CONTROLLER);

  // Once ESPNow is successfully init, we will register for Send CB to

  // get the status of Trasmitted packet

  esp_now_register_send_cb(OnDataSent);

  // Register peer

  esp_now_add_peer(broadcastAddress, ESP_NOW_ROLE_SLAVE, 1, NULL, 0);

  t1 = millis();

}

void loop()

{

  while (espSerial.available() > 0) {

```

```

char inChar = (char) espSerial.read();

inputString1[ index1++ ] = inChar;

if (inChar == '\n') {

    inputString1[ index1 ] = 0;

    index1 = 0;

    Serial.print( inputString1);

}

}

delay(10);

dt1 = s.separa(inputString1, ';', 0);
dt2 = s.separa(inputString1, ';', 1);
byte prevPos1 = dt1.indexOf(';');
byte prevPos2 = dt2.indexOf(';');

dt1.remove(prevPos1);
dt2.remove(prevPos2);

ph = (dt1.toFloat())*100;

pinMode(LED_BUILTIN, HIGH);

if ( millis() - t0 >= tiempo_envio ) {

    Serial.println("ENVIAR");

    myData.id = BOARD_ID;

    myData.x = ph;

    esp_now_send(0, (uint8_t *) &myData, sizeof(myData));

    //esp_now_send(0, (uint8_t *) &myData);

    pinMode(LED_BUILTIN, LOW);

    t0 = millis();

}

}

```

ANEXO G. PROGRAMACIÓN EN EL ID DE ARDUINO PARA MODULO RECEPTOR.

```
#include <ESP8266WiFi.h>

#include <espnw.h>

// Structure example to receive data

// Must match the sender structure

float s1 = 0;

float s2 = 0;

float s3 = 0;

float s4 = 0;

float s5 = 0;

typedef struct struct_message {

    int id;

    int x;

    int y;

} struct_message;

// Create a struct_message called myData

struct_message myData;

// Create a structure to hold the readings from each board

struct_message board1;

struct_message board2;

struct_message board3;

struct_message board4;

struct_message board5;

// Create an array with all the structures

struct_message boardsStruct[5] = {board1, board2, board3, board4,board5};

// Callback function that will be executed when data is received

void OnDataRecv(uint8_t * mac_addr, uint8_t *incomingData, uint8_t len) {

    char macStr[18];

    snprintf(macStr, sizeof(macStr), "%02x:%02x:%02x:%02x:%02x:%02x",
```

```

    mac_addr[0], mac_addr[1], mac_addr[2], mac_addr[3], mac_addr[4], mac_addr[5]);

//Serial.println(macStr);

memcpy(&myData, incomingData, sizeof(myData));

//Serial.printf("Board ID %u: %u bytes\n", myData.id, len);

boardsStruct[myData.id - 1].x = myData.x;

boardsStruct[myData.id - 1].y = myData.y;

// Serial.printf("x value: %d \n", boardsStruct[myData.id-1].x);

//Serial.println();

int id = myData.id;

if (id == 1) {

    //Serial.println(id);

    // Serial.printf("x value: %d \n", boardsStruct[myData.id-1].x);

    // Serial.println();

    s1 = boardsStruct[myData.id - 1].x;

}

if (id == 2) {

    // Serial.println(id);

    //Serial.printf("x value: %d \n", boardsStruct[myData.id-1].x);

    //Serial.println();

    s2 = boardsStruct[myData.id - 1].x;

}

if (id == 3) {

    //Serial.println(id);

    //Serial.printf("x value: %d \n", boardsStruct[myData.id-1].x);

    //Serial.println();

    s3 = boardsStruct[myData.id - 1].x;

}

if (id == 4) {

    //Serial.println(id);

    //Serial.printf("x value: %d \n", boardsStruct[myData.id-1].x);

```

```

//Serial.println();

s4 = boardsStruct[myData.id - 1].x;

}

if (id == 5) {

    s5 = boardsStruct[myData.id - 1].x;

}

}

uint32_t t0;

uint32_t t1;

void setup() {

    // Initialize Serial Monitor

    Serial.begin(9600);

    // Set device as a Wi-Fi Station

    WiFi.mode(WIFI_STA);

    WiFi.disconnect();

    // Init ESP-NOW

    if (esp_now_init() != 0) {

        //Serial.println("Error initializing ESP-NOW");

        return;

    }

    // Once ESPNow is successfully Init, we will register for recv CB to

    // get recv packer info

    esp_now_set_self_role(ESP_NOW_ROLE_SLAVE);

    esp_now_register_recv_cb(OnDataRecv);

    t0 = millis();

}

void loop() {

    // Access the variables for each board

    /*int board1X = boardsStruct[0].x;

    int board1Y = boardsStruct[0].y;

```

```

int board2X = boardsStruct[1].x;

int board2Y = boardsStruct[1].y;

*/

if( millis()-t0>=500 ){

    t0 = millis();

    Serial.print(s1/100);

    Serial.print(";");

    Serial.print(s2/100);

    Serial.print(";");

    Serial.print(s3/100);

    Serial.print(";");

    Serial.print(s4/100);

    Serial.print(";");

    Serial.println(s5/100);

}

delay(10);

}

```

ANEXO H. PROGRAMACIÓN EN ID DE ARDUINO PARA ADQUISICIÓN DE DATOS DEL SENSOR DE AGUA.

```

#include <Wire.h>

#include <SoftwareSerial.h>

//SoftwareSerial myserial(10, 11);

SoftwareSerial myserial(4, 5); //D2 //D1

#include <Separador.h>

#define RE1 14 //D5

#define DE1 12 //D6

//const byte dats[] = {0x01, 0x03, 0x00, 0x02, 0x00, 0x01, 0x25, 0xCA};

const byte dats[] = {0x01, 0x03, 0x00, 0x00, 0x00, 0x01, 0x84, 0x0A};

//const byte dats[] = {0xFA, 0x03, 0x00, 0x64, 0x00, 0x02, 0x90, 0x5F};

```



```
byte values1[11];
char *pEnd1;
char *pEnd2;
char arreglo1[6];
String cadena1=" ";

char arreglo2[6];
String cadena2=" ";

String ds1=" ";
String ds2=" ";
String dt1=" ";
String dt2=" ";

String dc1=" ";
String dc2=" ";
String dt12=" ";
String dt22=" ";

int pos1=0;
int pos2=0;
unsigned long hex1=0;
Separador s;
char inputString1[ 500 ];
uint8_t index1 = 0;
int act=0;
int mop=0;
int setp1=0;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
```

```

myserial.begin(9600);

pinMode(RE1, OUTPUT);

pinMode(DE1, OUTPUT);

pinMode(LED_BUILTIN, OUTPUT);

delay(500);

Serial.println("inicio");
}

void loop() {

digitalWrite(DE1, HIGH);

digitalWrite(RE1, HIGH);

delay(100);

if (myserial.write(dats, sizeof(dats)) == 8)
{

digitalWrite(LED_BUILTIN, HIGH);

digitalWrite(DE1, LOW);

digitalWrite(RE1, LOW);

for ( byte i = 1; i < 8; i++)

{

values1[i] = myserial.read();

Serial.print(values1[i], HEX);

Serial.print(' ');

delay(1);

}

for (byte j = 1; j < 4; j++)

{

if(values1[j]==1){

pos1=j;

}

delay(1);

```

```

}
//Serial.println(' ');
}
ds1=String(values1[pos1+3],HEX);
ds2=String(values1[pos1+4],HEX);
if (ds1.length() == 1) {
    dt11=String(0)+ds1;
} else {
    dt11=ds1;
}

if (ds2.length() == 1) {
    dt21=String(0)+ds2;
} else {
    dt21=ds2;
}

cadena1=dt11+dt21;
cadena1.toCharArray(arreglo1,6);
hex1=strtoul(arreglo1, &pEnd1 ,16);
Serial.println(hex1);
delay(100);
digitalWrite(LED_BUILTIN, LOW);
}

```

ANEXO I. PROGRAMACIÓN DE ENLACE ARDUINO – LABVIEW EN EL MODULO RECOLETOR.

```
#include <Separador.h>

uint32_t t0;

uint32_t t1;

uint32_t tiempo_envio = 300;

char inputString1[ 800 ];

uint8_t index1 = 0;

void setup() {

  Serial.begin(9600);

  Serial1.begin(9600);

  t0 = millis();

  delay(100);

}

void loop()

{

  while (Serial1.available() > 0) {

    char inChar = (char) Serial1.read();

    inputString1[ index1++ ] = inChar;

    if (inChar == '\n') {

      inputString1[ index1 ] = 0;

      index1 = 0;

      //Serial.print( inputString1);

    }

  }

  delay(10);

  if ( millis() - t0 >= tiempo_envio ) {

    t0 = millis();

    Serial.print( inputString1);

    // Serial.print( random(1,10));
```

```

// Serial.print(";");
// Serial.print( random(1,20));
// Serial.print(";");
// Serial.print( random(1,30));
// Serial.print(";");
// Serial.print( random(1,40));
// Serial.print(";");
// Serial.println( random(3,50));
}
}

```

ANEXO J. INTERFAS DE LABVIEW.

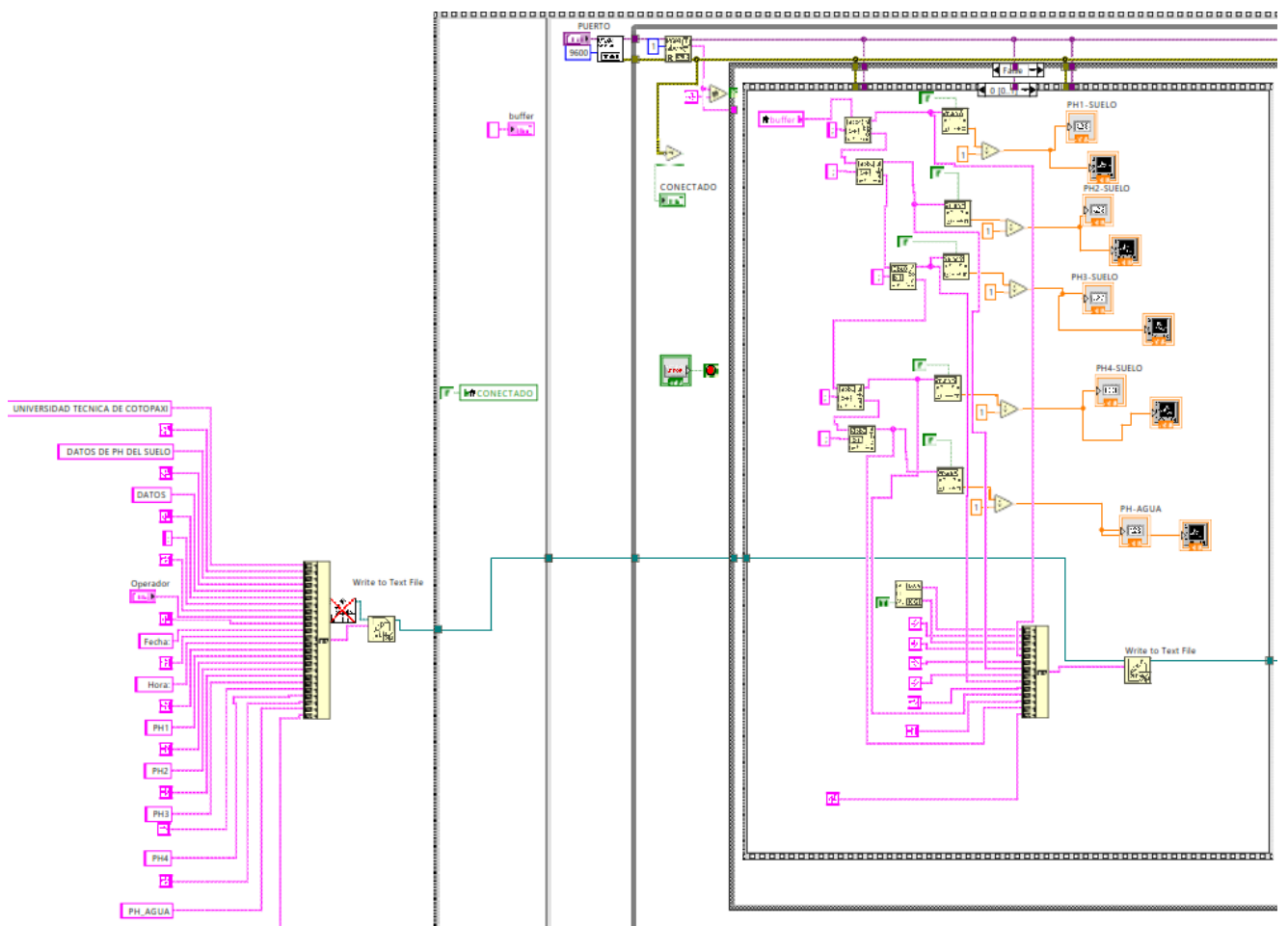


Figura J.1. Diagrama de bloques en Labview

ANEXO K. PANEL FRONTAL EN LabVIEW



Figura K.1. Panel frontal del sistema

ANEXO L. MÓDULOS SENSORES DE PH.

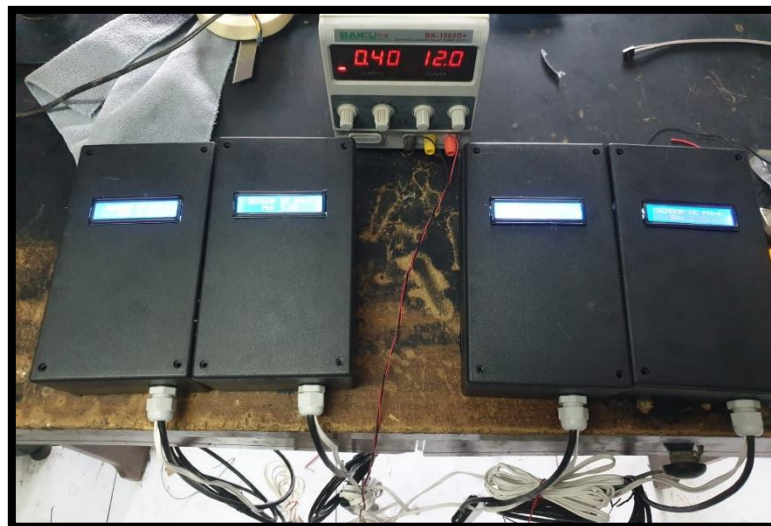


Figura L.1. Módulos de ph suelo



Figura L.2. Módulo de ph agua

ANEXO M. CALIBRACIÓN DE SENSORES DE PH



Figura M.1. Equipo medidor de Ph agua y suelo marca HANNA



Figura M.2. Prueba con equipo certificado.



Figura M.3. Prueba con Patrones (Coca-cola) (Agua Destilada).



Figura M.4. Pruebas comparativas de medidor de ph suelo modelo (phsoil 401).



Figura M.5. Mezcla homogenizada con sustancia acida.

ANEXO N. CERTIFICACIÓN DE PROTOTIPO.



IPGMSERVICIOS AMBIENTALES CÍA. LTDA.

Quito, 10 de agosto del 2023.

A quien corresponda.

Yo, Ximena Del Rocío Carvajal, certifico se realizó una inter comparación de Potencial de Hidrogeno entre el equipo HANNA MULTIPARAMETRO HI 9829, propiedad de IPGMServicios Ambientales Cía. Ltda. y un prototipo medidor de PH de suelo y agua. La Inter comparación del prototipo se realizó con soluciones ácida y básica para suelo y agua respectivamente. Los resultados obtenidos se incluyen en el Anexo adjunto.

El prototipo empleado para la inter comparación y posterior verificación es propiedad de los: Sres. Casa Toctaguano Jhonny Javier y Mañay Quinatoa Angel Orlando, quienes se encuentran realizando una propuesta tecnológica "IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PH APLICADO A UN INVERNADERO DE LA ZONA ALTA SECTOR SALACHE".

Toda la información recolectada en la inter comparación y verificación es veraz, autorizando a los Sres. hacer uso como bien tuviere en sus intereses.

Atentamente

Eco. Ximena Carvajal
Gerente IPGM Servicios Ambientales Cía. Ltda.

"La interpretación de los datos, está fuera del alcance de acreditación de IPGMServicios Ambientales Cía. Ltda."

Dir.: Cóndor Ñan y Av. Llira Ñan, conjunto Bosque
de Quitumbe IV
mail: gerencia.ipgm@gmail.com Cel.: 098 715-8746
QUITO – ECUADOR

Figura N.1. Certificación pag 1.



IPGMSERVICIOS AMBIENTALES CÍA. LTDA.

RESULTADOS DE LA INTER COMPARACIÓN

SOLUCIÓN ÁCIDA				
	HANNA HI 9829 (AGUA)	PROTOTIPO (AGUA)	HANNA HI 9829 (SUELO)	PROTOTIPO (SUELO)
MEDIDA 1	2,6	2,8	5,3	5,4
MEDIDA 2	2,6	2,8	5,2	5,3
MEDIDA 3	2,6	2,9	5,2	5,5
MEDIDA 4	2,7	2,8	5,3	5,4
MEDIDA 5	2,6	2,8	5,3	5,4
MEDIDA 6	2,7	2,7	5,2	5,5
MEDIDA 7	2,7	2,7	5,2	5,5
MEDIDA 8	2,6	2,6	5,3	5,5
MEDIDA 9	2,6	2,6	5,2	5,4
MEDIDA 10	2,7	2,6	5,2	5,5

SOLUCIÓN BÁSICA				
	HANNA HI 9829 (AGUA)	PROTOTIPO (AGUA)	HANNA HI 9829 (SUELO)	PROTOTIPO (SUELO)
MEDIDA 1	8,9	9,1	7,3	7,7
MEDIDA 2	8,8	8,9	7,4	7,5
MEDIDA 3	8,7	8,9	7,3	7,6
MEDIDA 4	8,7	8,9	7,4	7,7
MEDIDA 5	8,8	8,7	7,5	7,7
MEDIDA 6	8,7	8,8	7,3	7,6
MEDIDA 7	8,8	9,0	7,4	7,6
MEDIDA 8	8,7	8,8	7,4	7,8
MEDIDA 9	8,8	8,9	7,3	7,6
MEDIDA 10	8,7	8,9	7,4	7,7

Dir.: Cóndor Ñan y Av. Llira Ñan, conjunto Bosque
de Quitumbe IV
mail: gerencia.ipgm@gmail.com Cel.: 098 715-8746
QUITO – ECUADOR

Figura N.2. Certificación pag 2.

ANEXO O. IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

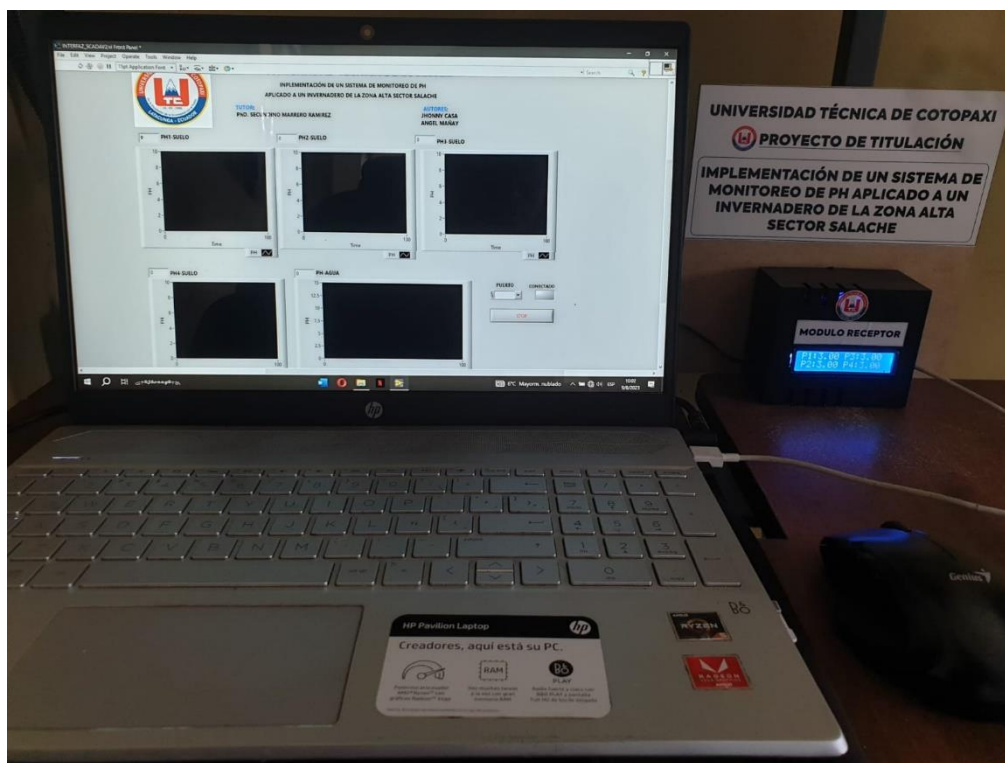


Figura O.1. Sistema de monitoreo SCADA.



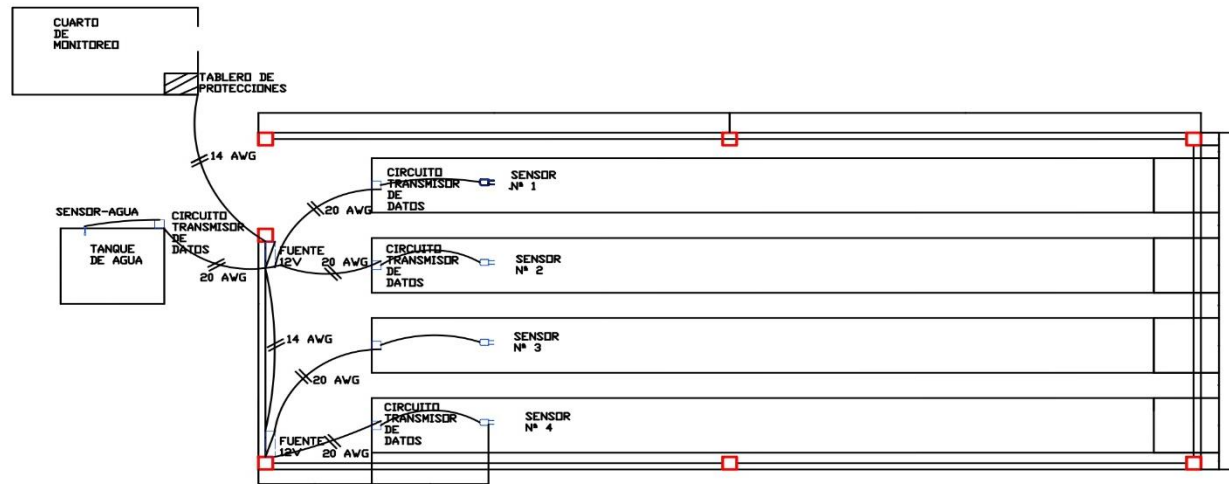
Figura O.2. Incorporación de módulos.

ANEXO P. ENTREGA DE PROYECTO



Figura P.21. Entrega del proyecto al Ing. Marco Rivera.

ANEXO Q. PLANO DE UBICACIÓN DE SENSORES



SIMBOLOGÍA	
DESCRIPCION	SÍMBOLO
CONDUCTOR DE ADMETIDA	—
CONDUCTOR	—
TABLERO DE CONTROL	▨
FUENTES DC	⊞
SENSORES	⊞
CAJA DE DISTRIBUCION	□

 Universidad Técnica de Cotopaxi		UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		FECHA:
		FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADA		28 DE ABRIL 2023
NOTA:		CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRICIDAD		PROYECTO TESIS : INVERNADERO ZONA ALTA SECTOR SALACHE
		REVISO: <u>PHD. SECUNDINO MARRERO</u> OBSERVACIONES:		
 Ingeniería Eléctrica		ESCALA:	DIBUJADO POR:	LÁMINA:
		1:1	ANGEL MARAY JHONNY CASAL	1/1

Manual de Usuario



IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PH
APLICADO A UN INVERNADERO DE LA ZONA ALTA SECTOR
SALACHE.

CASA TOCTAGUANO JHONNY JAVIER
MAÑAY QUINATO A ANGEL ORLANDO

LATACUNGA – COTOPAXI

Hoja de Control

Universidad	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
Proyecto	Propuesta tecnológica		
Entregable	IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE MONITOREO DE PH APLICADO A UN INVERNADERO DE LA ZONA ALTA SECTOR SALACHE		
Autores	Casa Toctaguano Jhonny Javier Mañay Quinatoa Angel Orlando		
Tutor	PHD. Marrero Ramírez Secundino		
Versión/Edición	01	Fecha de aprobación	14/08/2023
		N°Total de paginas	

ÍNDICE GENERAL DEL MANUAL

1. INTRODUCCIÓN:.....	87
2. PANTALLA	87
3. Monitoreo de Ph	89
3.1. Adquisición de datos	91
3.1.1.Almacenamiento de datos	91
4. Proceso de conexión externa del sistema	92;Error! Marcador no definido.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Pantalla principal.....	87
Figura 2. Pantalla principal y funcionamiento de cada Botón.....	88
Figura 3. Ventana de almacenamiento de datos	89
Figura 4. Ventana de almacenamiento de datos	90
Figura 5. Almacenamiento de datos.	90
Figura 6. Almacenamiento de datos.	96
Figura 7. Encendido de fuentes DC.....	96
Figura 8. Encendido de módulos de pH (Suelo, Agua).....	97
Figura 9. Conexión de sensores pH (Suelo, Agua).	97

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente documento es una guía de uso para el funcionamiento del sistema de monitoreo de pH de invernadero se la zona alta campus Salache, permitiendo que los estudiantes y docentes realicen un correcto manejo del sistema. El monitoreo del pH en el suelo y en el agua son parámetros importantes para la producción de plántulas de tal manera que el sistema permita adecuar las condiciones en el Invernadero.

2. PANTALLA

En el proyecto se utilizó una pantalla digital, la cual incluye una interfaz gráfica en LabVIEW donde se puede visualizar las acciones que va a realizar el operador dependiendo de donde se desee tomar los datos de pH y almacenarlos de forma automática. En esta sección se indicará los pulsadores de control y los indicadores de datos.

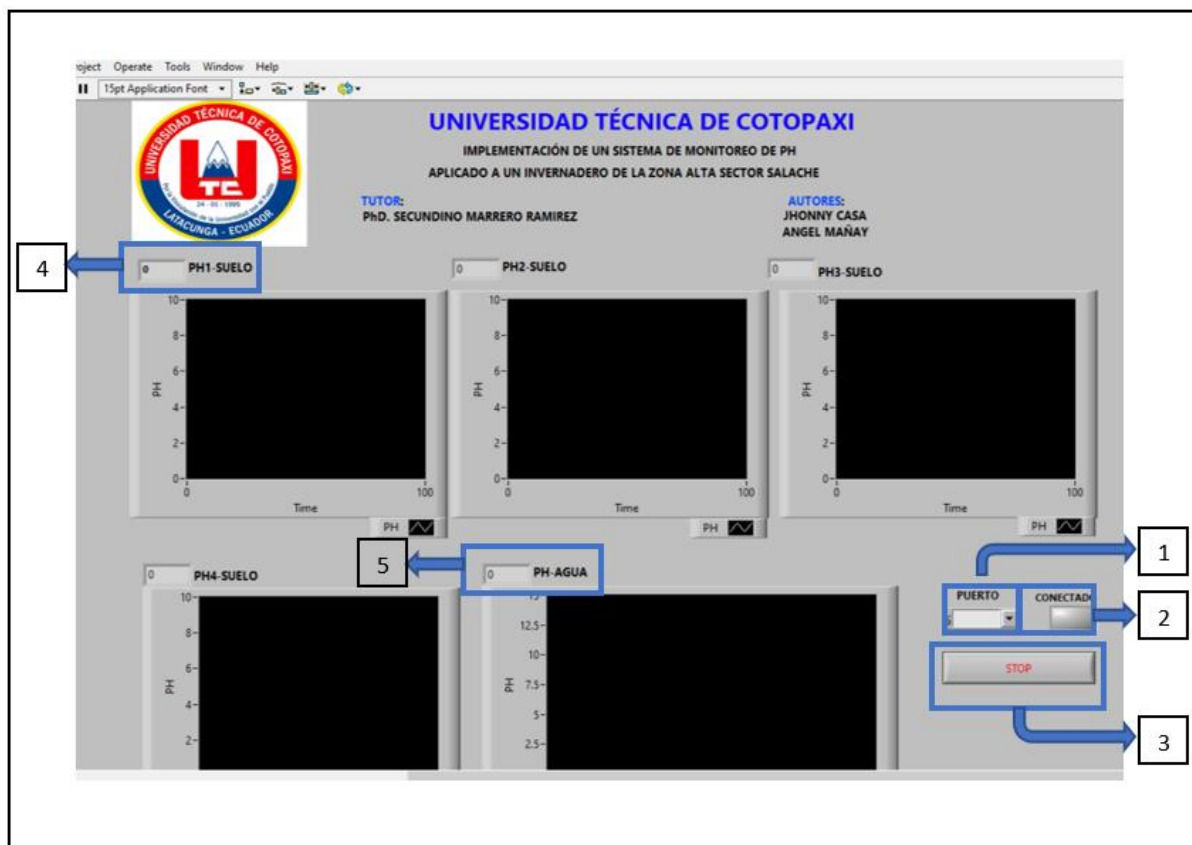


Figura1. Pantalla principal

Como se puede apreciar en la Figura 1, la pantalla está constituida por 5 indicadores los cuales están constituidos por el botón 1;2;3 como controladores y el 4;5 como indicadores mismos que tienen la siguiente función:

1. Puerto de conexión

- 2. Conector de activación
- 3. Stop del sistema
- 4. Indicador de pH suelo
- 5. Indicador de pH agua

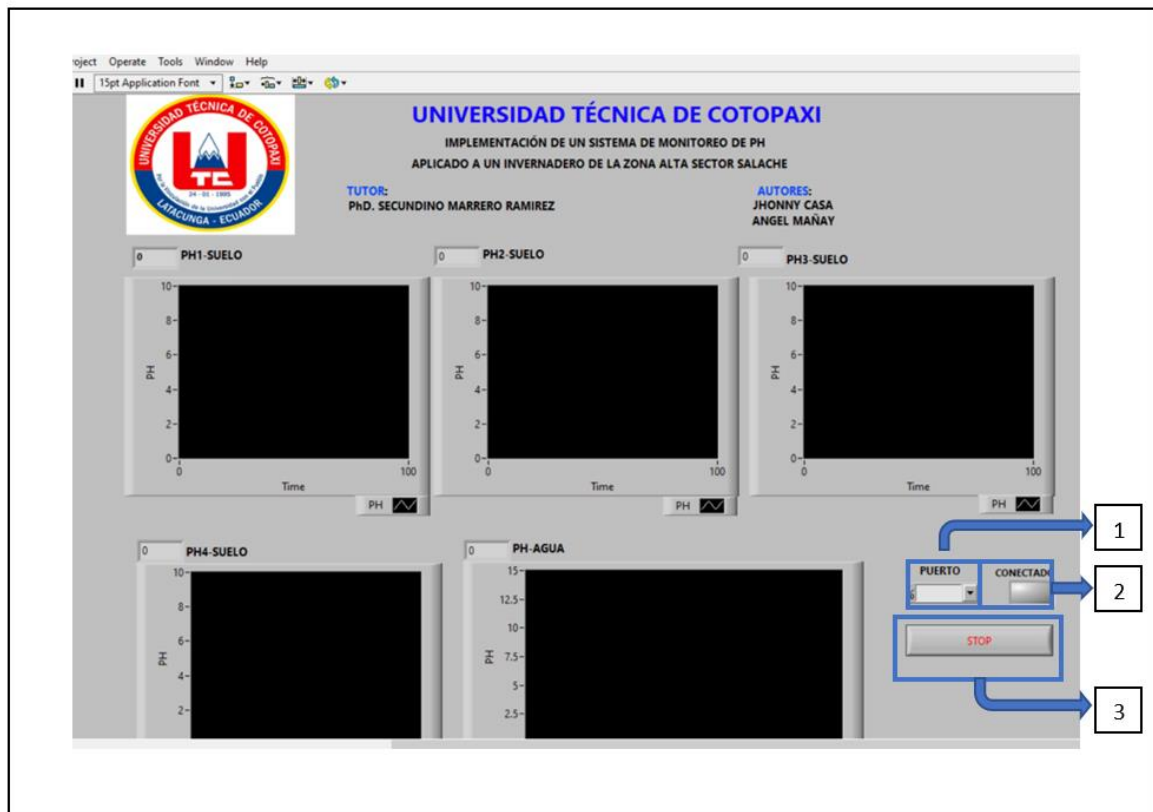


Figura 2. Pantalla principal y funcionamiento de cada Botón

Se puede apreciar cada uno de los botones controlares e indicadores en donde:

Botón 1.- es el puerto de conexión con nuestro módulo de adquisición de datos, mismo que tiene como nombre (Com6), de tal manera que se debe buscar el puerto en caso de no aparecer existe una opción Refresh para que se actualice el puerto, de tal manera que se pueda ejecutar la conexión entre el módulo y el servidor.

Botón 2.- se utiliza para la interconexión con el sistema LabVIEW donde al presionar el botón se encenderá una luz azul, misma que indicará estar la conectada al Interfaz gráfica.

Una vez que se tenga conectado el módulo al puerto (COM6) y conectado al interfaz, se procede a ejecutar el sistema LabVIEW para empezar el monitoreo.

Botón 3.- se utiliza para detener el sistema en caso de que se efectuó alguna anomalía dentro del monitoreo con cualquiera de los dos sensores.

3.1 Monitoreo de pH

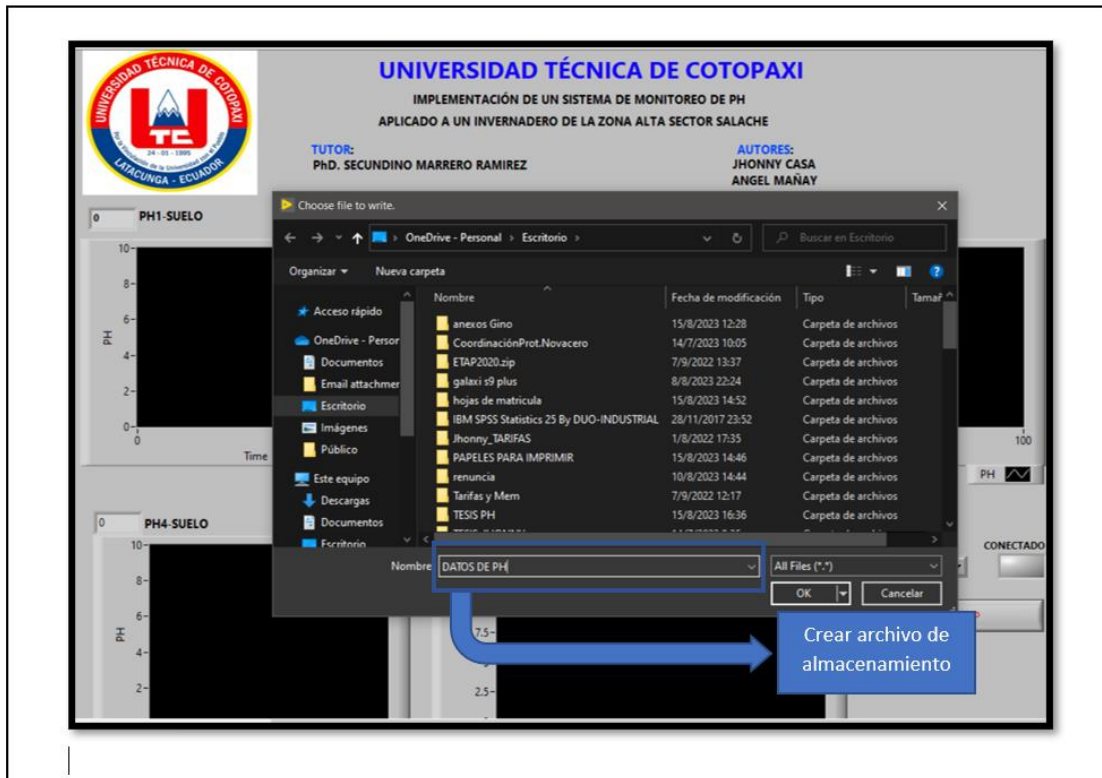


Figura 3. Ventana de almacenamiento de datos

Al tener todo el sistema conectado al interfaz se procede a ejecutar el programa LabVIEW en donde automáticamente aparecerá una ventana destinada a crear un archivo de almacenamiento en tiempo real, misma que almacenará datos de cada uno de los sensores durante el tiempo que el operador requiera, estos parámetros de pH serán registrados cada segundo.

3.2.ADQUISICIÓN DE DATOS

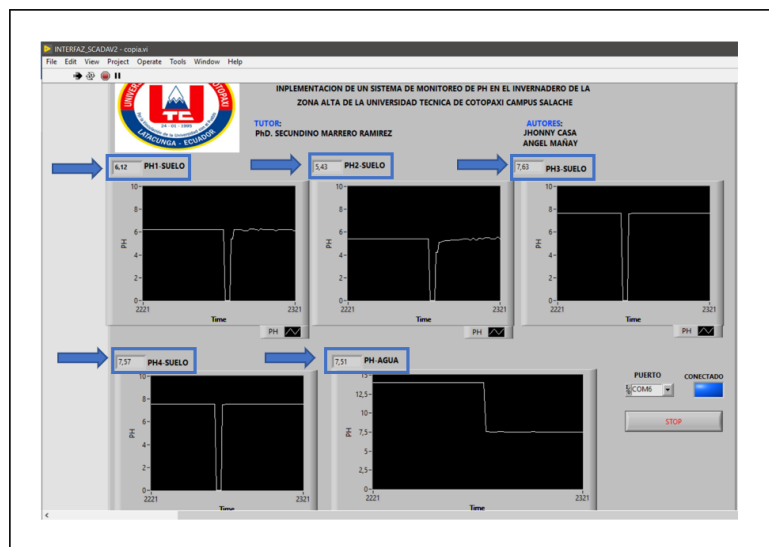


Figura 4. Registro de datos de Ph

Al ejecutar en software LabVIEW empieza a registrar los datos de cada uno de los módulos que se encuentran situados en el invernadero, de tal manera que se puede evidenciar en los indicadores señalados en la **figura 4**.

3.2.1.- Almacenamiento de datos

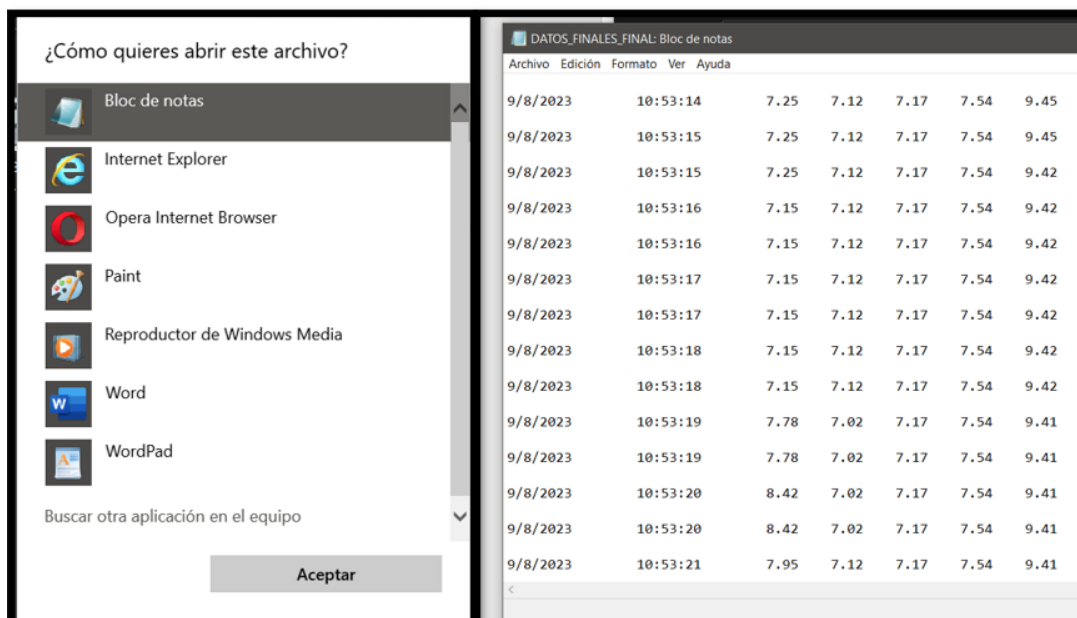


Figura 5. Almacenamiento de datos.

Finalmente se crea una base de datos con los parámetros de ph recopilados por cada uno de los sensores para posteriormente ser analizados.

4. Proceso de conexión externa del sistema

Paso 1. Se procede a activar (on) el breker el cual protege al sistema de conexión de 110v que ingresa al invernadero.



Figura 6. Almacenamiento de datos.

Paso 2. Se procede a encender las 2 fuentes de voltaje (DC) de 12v mismas que alimentan a los módulos instalados al momento de ser encendidos se encenderá una luz piloto color rojo.



Figura 7. Encendido de fuentes DC.

Paso 3. Encender los módulos de ph y de agua tener en cuenta que cada uno tiene un Switch de encendido en el cual se puede identificar ya datos por medio de una pantalla LCD electronica



Figura 8. Encendido de módulos de ph (Suelo, Agua).

Paso 4. Finalmente procedemos a conectar las picas (sensores de suelo) y la sonda en el tanque (sensor de agua) para empezar a recopilar los datos de Ph.



Figura 9. Conexión de sensores ph (Suelo, Agua).