



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

PROPUESTA TECNOLÓGICA

**“IMPLEMENTACIÓN DEL MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂ EN EL
INVERNADERO N°1”**

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

Autores:

Jhonatan David Palomo Masabanda

David Napoleón Velasco Chimba

Tutor Académico:

PhD. Secundino Marrero Ramírez

LATACUNGA – ECUADOR

2022



DECLARACIÓN DE AUTORÍA

Nosotros, **PALOMO MASABANDA JHONATAN DAVID** y **VELASCO CHIMBA DAVID NAPOLEÓN**, declaramos ser los autores del presente Proyecto de Investigación: **“IMPLEMENTACIÓN DEL MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂ EN EL INVERNADERO N°1”**, 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, certificamos que las ideas, conceptos, procedimientos y resultados vertidos en la presente propuesta tecnológica, son de nuestra exclusiva responsabilidad.

PALOMO MASABANDA JHONATAN DAVID

C.I.:050428290-6

VELASCO CHIMBA DAVID NAPOLEÓN

C.I.: 055011040-7



AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN

En calidad de Tutor del Trabajo de Investigación sobre el Título

“IMPLEMENTACIÓN DEL MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂ EN EL INVERNADERO N°1”, de los señores PALOMO MASABANDA JHONATAN DAVID y VELASCO CHIMBA DAVID NAPOLEÓN, 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 Consejo Directivo de la Facultad de Ciencias de la Ingeniería y Aplicadas de la Universidad Técnica de Cotopaxi designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Latacunga, Marzo del 2022

PHD. MARRERO RAMÍREZ SECUNDINO.

C.I.: 175710790-7



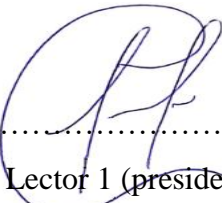
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN

En calidad de Tribunal de Lectores, aprueban el presente Informe 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: **PALOMO MASABANDA JHONATAN DAVID** y **VELASCO CHIMBA DAVID NAPOLEÓN**, con el Título de Proyecto de Titulación: **“IMPLEMENTACIÓN DEL MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂ EN EL INVERNADERO N°1”**, 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.

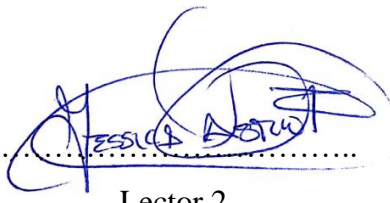
Latacunga, Marzo del 2022

Para constancia firman:



.....
Lector 1 (presidente)

Ing. Ms.C. Carlos Francisco Pacheco Mena
0503072902



.....
Lector 2

Ing. Ms.C. Jessica Nataly Castillo Fiallos
0604590216



.....
Lector 3

Ing. Ms.C. Rommel Eusebio Suárez Vinueza
180416535-3



AVAL DE IMPLEMETANCIÓN

Mediante el presente documento pongo a consideración que el Sr. **PALOMO MASABANDA JHONATAN DAVID** y **VELASCO CHIMBA DAVID NAPOLEÓN** portadores de las cédulas de ciudadanía N° **050428290-6** y N° **055011040-7** 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 DEL MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂ EN EL INVERNADERO N°1”**; 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 cuanto estime conveniente mientras se encuentre dentro del marco legal.

Atentamente:

PhD. Fabian Troya Sarzosa

C.C. 0501645568

DIRECTOR CEASA



AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Jehová por la vida, salud y fuerzas a seguir en este camino estudiantil.

A mi familia que ha sido el motor fundamental en todo este proceso, en especial a mi madre María Rosa Masabanda Sánchez a mis hermanas Yesenia Palomo y Leslie Palomo que a pesar de las adversidades siempre me han brindado su apoyo constante e incondicional alentándome cada día para que pueda continuar con este proyecto cumpliendo con mis metas y objetivos sin desmayar.

PALOMO MASABANDA JHONATAN DAVID



AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiarme y por permitir culminar con mi objetivo y a toda mi familia quienes son mi motor y mi inspiración.

VELASCO CHIMBA DAVID NAPOLEÓN



DEDICATORIA

La siguiente propuesta tecnológica está dedicada principalmente a Dios quien me mantiene con salud y vida, así como a mi tutor PhD. Marrero Ramírez Secundino, bajo la supervisión de él se pudo culminar con este proceso académico en el que expreso mi más sincero agradecimiento.

Además hago una dedicatoria especial en memoria de mis abuelitos Leónidas Masabanda y Rosa Sánchez que cuida y guía a toda mi familia ya que mis abuelos fueron más que mis propias padres por al amor y cariño que me brindaron desde siempre y siento que ellos me continúan guiando con bendiciones alado de papito Dios.

Agradezco principalmente a mi madre María Rosa Masabanda Sánchez a mis hermanas Yesenia y Leslie Palomo Masabanda que a pesar de las adversidades siempre me han brindado su apoyo constante e incondicional alentándome cada día para que pueda continuar con este proyecto cumpliendo con mis metas y objetivos sin desmayar.

A mi enamorada Hilda Toctaguano que siempre me alentó desde el primer día para que no desmaye y cumpla mis metas y sueños.

PALOMO MASABANDA JHONATAN DAVID



DEDICATORIA

La siguiente propuesta tecnológica está dedicada a Dios quien ha sido mi guía en todo este trayecto dándome fuerzas para continuar con mis metas y por haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres Camilo y Martha quienes con su amor y confianza, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir un sueño más.

A mis hermanos por sus consejos y apoyos incondicionales que hicieron de mí una mejor persona durante todo este proceso.

VELASCO CHIMBA DAVID NAPOLEÓN



ÍNDICE GENERAL

PORTADA	i
DECLARACIÓN DE AUTORÍA	ii
AVAL DEL TUTOR DE PROYECTO DE TITULACIÓN	iii
APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE TITULACIÓN	iv
AVAL DE IMPLMETANCIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
AGRADECIMIENTO	vii
DEDICATORIA	viii
DEDICATORIA	ix
ÍNDICE GENERAL	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xvi
ÍNDICE DE TABLAS	xviii
RESUMEN	xix
ABSTRACT	xx
AVAL DE TRADUCCIÓN	i
1. INFORMACIÓN GENERAL	1
2. INTRODUCCIÓN	2
2.1. EL PROBLEMA:	3
2.1.1. Situación Problémica:	3
2.1.2. Formulación del problema:	3
2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN	3
2.2.2. Campo de Acción para el proyecto:	3
2.3. BENEFICIARIOS:	4
2.3.1. Beneficiarios Directos	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	5



3.	FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	7
3.1.	FUNCIONALIDAD DE UN INVERNADERO.....	7
3.1.1.	Tipos de Invernadero.....	7
3.2.	PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS ADECUADOS PARA EL DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN.....	9
3.2.1.	CO2 en Invernaderos.....	10
3.2.1.1.	Dióxido de carbono (CO2).....	10
3.2.1.2.	El nivel de CO2 en los invernaderos.....	10
3.2.1.3.	Nivel de CO2 en la agricultura.....	11
3.2.1.4.	La importancia de la ventilación y circulación de aire con el CO2 en los invernaderos.....	12
3.2.1.5.	CO2 En el transcurso del día.....	12
3.2.1.6.	CO2 y la seguridad en las personas.....	13
3.2.2.	El sistema del pH.....	14
3.2.2.1.	Niveles de pH adecuados del terreno.....	14
3.2.2.2.	El pH y su importancia de monitoreo y regulación.....	14
3.2.2.3.	Lectura de pH.....	14
3.3.	AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS AGRÍCOLAS E INVERNADEROS.....	15
3.3.1.	Automatización y sus elementos.....	15
3.4.	SISTEMA DE CONTROL.....	16
3.5.	PLC.....	16
3.5.1.	Simulación.....	16
3.5.2.	Siemens tía portal V15.....	16
3.5.3.	Módulos para el PLC.....	16
3.5.4.	Entradas y salidas digitales en el módulo.....	17
3.5.4.1.	Entradas digitales del módulo.....	17
3.5.4.2.	Salidas digitales del módulo.....	17
3.5.5.	Entradas analógicas del módulo.....	18
3.6.	SENSORES DE CONTROL.....	18
3.6.1.	Sensor de concentración de CO2.....	18
3.6.2.	Sensor de PH del suelo.....	18
3.7.	VENTAJAS DE AUTOMATIZAR INVERNADEROS.....	19
3.8.	ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y SEÑALIZACIÓN.....	19
3.8.1.	Interruptor electromagnético.....	19



3.8.2.	Contactador	19
3.8.3.	Luces piloto	19
3.8.3.1.	Normativa CEI IEC 60204-1 de luz piloto.....	20
3.8.4.	Paro de Emergencia.....	21
3.8.4.1.	Normativa NTE INEN-ISO 13850 de paro de emergencia.....	21
3.8.5.	Tableros de control eléctrico	21
3.8.5.1.	Tipos de tableros	21
3.8.6.	Partes del encendido del generador de CO ₂	23
3.8.6.1.	Encendedor Chispero piezoeléctrico	23
3.8.6.2.	Módulo del encendido del chispero piezoeléctrico	23
3.8.6.3.	Gas licuado de petróleo (GLP).....	23
3.8.6.4.	Electroválvula de gas.....	24
4.	MATERIALES Y MÉTODOS	24
4.1.	ANÁLISIS DE EQUIPOS PARA EL SISTEMA DE MONITORES DE PH Y CONTROL DE CO ₂	25
4.2.	ANÁLISIS DEL GENERADOR DE CO ₂	25
4.2.1.	Selección del generador de CO ₂ HotBox	26
4.2.2.	Ubicación del generador de CO ₂	26
4.2.3.	Conexión del generador de CO ₂	27
4.3.	ANÁLISIS DEL PROCESO INDUSTRIAL	28
4.3.1.	Selección de la electroválvula 2w025 - 08.....	28
4.3.1.1.	Conexión de la electroválvula	28
4.3.2.	Selección del gas propano	29
4.3.3.	Ubicación del cilindro de gas y electroválvula de gas	30
4.3.4.	Selección de módulos de chispero.....	30
4.4.	CONTROLADORES DIGITALES	31
4.4.1.	Pantalla Digital SIMATIC.....	31
4.5.	SELECCIÓN DE MANDOS Y CONTROL	31
4.5.1.	Selección del PLC S7-1 200.....	32
4.5.2.	Selección del módulo de entrada/salida digital	32
4.5.3.	Selección del módulo analógico.....	33
4.5.6.	Selección de sensor de CO ₂ RS485.....	36
4.5.6.1.	Ubicación del sensor de CO ₂	37



4.5.6.2.	Conexión de sensor de CO ₂	38
4.5.6.3.	Calibración de sensor de CO ₂	38
4.5.6.4.	Precisión de sensor de CO ₂	39
4.5.7.	Selección del sensor de pH RS485 4-20 mA	39
4.5.7.1.	Ubicación del sensor de pH.....	39
4.5.7.2.	Conexión del sensor de pH.....	40
4.5.7.3.	Calibración del sensor de pH.....	41
4.6.	SELECCIÓN DEL CONDUCTOR	42
4.6.1.	Selección del conductor para el tablero de control.....	42
4.6.2.	Selección del conductor para el generador.....	42
4.6.3.	Selección del conductor para el módulo del chispero	43
4.6.4.	Selección del conductor para la electroválvula	43
4.7.	TABLERO DE SISTEMA CONTROL SEGÚN LA NORMATIVA NEC CAP 15	44
4.8.	SIMULACIÓN Y CONEXIÓN EN CADE SIMU	45
4.9.	MONTAJE DE EQUIPOS EN EL TABLERO	46
4.9.1.	Pruebas de funcionamiento del sistema de control de CO ₂	47
4.10.	MONTAJE DE EQUIPOS PARA EL MONITOREO DE PH Y CONTROL DE CO ₂	47
4.10.1.	Incorporación del generador de CO ₂ HotBox en el invernadero	48
4.10.2.	Incorporación de la electroválvula y cilindro de gas.....	48
4.10.3.	Incorporación de sensores CO ₂ – pH al sistema	48
4.10.3.1.	Sensor de CO ₂ incorporado al sistema	49
4.10.3.2.	Sensor de pH incorporado al sistema	49
5.	ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS.....	50
5.1.	UBICACIONES GEOGRÁFICAS DEL PROYECTO	50
5.2.	ANÁLISIS DEL SISTEMA PRECEDENTE A LA IMPLEMENTACIÓN	51
5.2.1.	Adquisición de los datos previo a la implementación.....	51
5.2.2.	Condiciones para dimensionar los sistemas de CO ₂	52
5.2.2.1.	Condiciones de CO ₂ en invernaderos.....	52
5.2.2.2.	Condiciones del clima	52
5.2.2.3.	Condiciones de la infraestructura	52
5.3.	PROGRAMA TÍA PORTAL V15	52
5.4.	ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS.....	53



5.4.1.	Obtención de datos del sistema de control de CO ₂	53
5.4.2.	Diagrama de flujo del sistema de control de CO ₂	56
5.4.2.1.	Diagrama de flujo del sistema de control de CO ₂	56
5.4.3.	Función de transferencia en función de la base de datos	56
5.4.4.	Modelo utilizado en la planta	57
5.4.5.	Estabilidad del sistema de control de CO ₂	58
5.4.6.	Tabla de variables.....	58
5.4.7.	Toma de datos del registro de monitoreo del pH	59
5.5.	OPERACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO ₂	61
5.6.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO	64
5.7.	IMPACTOS DEL SISTEMA DE MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO ₂ ...	66
5.7.1.	Impacto Tecnológico.....	66
5.7.2.	Impacto Económico.....	66
5.7.3.	Impacto Ambiental	66
6.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	67
6.1.	CONCLUSIONES.....	67
6.2.	RECOMENDACIONES	67
7.	BIBLIOGRAFÍA	69
8.	ANEXOS.....	72
8.1.	ANEXO A. Diagrama unifilar de control	72
8.2.	ANEXO B. Diagrama de conexión de control	73
8.3.	ANEXO C. Diagrama unifilar de potencia	74
8.4.	ANEXO D. Diagrama de conexión de potencia.....	75
8.5.	ANEXO E. Diagrama de flujo del sistema de control de CO ₂	76
8.6.	ANEXO F. Cableado para la conexión de los equipos	77
8.7.	ANEXO G. Construcción de la estructura metálica para la protección del generador de CO ₂	77
8.8.	ANEXO H. Conexión del generador de CO ₂	78
8.9.	ANEXO I. Segmentos de la programación de TIA PORTAL V15	79
8.10.	ANEXO J. Tabla de datos del monitoreo del pH.....	81
8.11.	ANEXO K. Tabla de datos del control del generador de CO ₂	84
8.12.	ANEXO L. Elementos del tablero de control.....	87



MANUAL DE USUARIO	89
ADQUISICIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE CO ₂ Y MONITOREO DE pH	102



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1. La relación del dióxido de carbono y la fotosíntesis.....	10
Figura 3.2. Relación del CO ₂ , la luz y la fotosíntesis.....	11
Figura 3.3. Grupo y escala del pH del suelo.....	15
Figura 4.1. Lugar de generación de CO ₂	25
Figura 4.2. Ubicación del generador de CO ₂	27
Figura 4.3. Conexión del generador de CO ₂	27
Figura 4.4. Conexión de la electroválvula.....	29
Figura 4.5. Gas propano como combustible	29
Figura 4.6. Ubicación de cilindro de gas y electroválvula	30
Figura 4.7. Módulo de encendido.....	30
Figura 4.8. Pantalla HMI siemens Simatic ktp60.....	31
Figura 4.9. Ubicación del sensor de CO ₂	37
Figura 4.10. Conexión del sensor de CO ₂	38
Figura 4.11. Sistema calibrado de CO ₂	38
Figura 4.12. Ubicación del sensor de pH.....	40
Figura 4.13. Conexión del pH del suelo	40
Figura 4.14. Calibración del sistema de pH	41
Figura 4.15. Sistema funcionando con un pH neutro	41
Figura 4.16. Gabinete de control eléctrico 70 x 50 x 20 IP 65	44
Figura 4.17. Elementos del tablero de control eléctrico	45
Figura 4.18. Simulación del sistema apagado	46
Figura 4.19. Simulación del sistema encendido	46
Figura 4.20. Ensamblaje de equipos en el tablero	47
Figura 4.21. Ubicación del Generador de CO ₂	48
Figura 4.22. Ubicación del cilindro de gas y electroválvula	48
Figura 4.23. Conexión del sensor CO ₂ al módulo analógico	49
Figura 4.24. Conexión del sensor de pH al módulo analógico.....	50
Figura 5.1. Localización geográfica de la Implementación del Monitoreo de pH y control de CO ₂	50
Figura 5.2. Datos de CO ₂ antes de sistema implementado.....	51
Figura 5.3. Programa TIA PORTAL V15	53
Figura 5.4. Conexión de router al ordenador.....	54



Figura 5.5. Ingreso de la IP 10.10.11.135	54
Figura 5.6. Pantalla de operación SIEMENS	54
Figura 5.7. Ingreso a los archivos.....	55
Figura 5.8. Pantalla de ingreso a la carpeta Data Log	55
Figura 5.9. Descarga de datos.....	56
Figura 5.10. Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema.....	57
Figura 5.11. Modelo de la planta.....	58
Figura 5.12. Gráfica de la estabilidad del sistema con la utilización de PID	58
Figura 5.13. Gráfica del monitoreo del suelo	59
Figura 5.14. Gráfica del sistema actual	60
Figura 5.15. Control de CO ₂	60
Figura 5.16. Pantalla principal.....	61
Figura 5.17. Pantalla sub principal	62
Figura 5.18. Pantalla sub principal del control manual	62
Figura 5.19. Pantalla sub principal de la curva del control manual.....	63
Figura 5.20. Pantalla sub principal del control automático del generador de CO ₂	63
Figura 5.21. Pantalla sub principal del monitoreo del pH.....	64



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 3.1. Los distintos tipos de invernaderos	7
Tabla 3.2. Cuadro de concentración de CO ₂ en las plantas.....	12
Tabla 3.3. Cuadro de concentración de CO ₂ en el invernadero	13
Tabla 3.4. Normativa luz piloto.....	20
Tabla 3.5. Tipos y Características de tableros.....	22
Tabla 4.1. Variable independiente y dependiente del proyecto tecnológico	24
Tabla 4.2. Características del Generador de CO ₂ Hotbox International	26
Tabla 4.3. Características generales de la electroválvula	28
Tabla 4.4. Características del PLC S7-1 200.....	32
Tabla 4.5. Características Módulo SM1223 DC/RLY	33
Tabla 4.6. Características Módulo SM1231, 8al	34
Tabla 4.7. Características Interruptor termomagnético	35
Tabla 4.8. Características LOGO Power 24VDC.....	36
Tabla 4.9. Características Sensor de CO ₂ transmisor RS485	37
Tabla 4.10. Características Sensor de pH RS485 4-20mA.....	39
Tabla 4.11. Características Conductor 18 AWG	42
Tabla 4.12. Características Conductor 2x18 AWG	43
Tabla 5.1. Coordenadas del proyecto tecnológico.....	51
Tabla 5.2. Tabla de variables.....	59
Tabla 5.3. Presupuesto de la implementación del monitoreo de pH y control de CO ₂	65
Tabla 5.4. Presupuesto del tablero de Control.....	65
Tabla 5.5. Presupuesto final del tablero de Control	66



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA INGENIERÍA Y APLICADAS

**TÍTULO: “IMPLEMENTACIÓN DEL MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂
EN EL INVERNADERO N°1”**

Autores: Palomo Masabanda Jhonatan David
Velasco Chimba David Napoleón

RESUMEN

Actualmente, el desarrollo tecnológico permite optimizar los procesos productivos de vida vegetal, además de brindar alternativas modernas para un crecimiento adecuado de las plantas ya que el problema radica debido a la falta de un sistema de control y monitoreo que inciden negativamente en la productividad y el desarrollo de la planta en el invernadero que dificulta el proceso de fotosíntesis por nivel insuficiente de dióxido de carbono y un pH desconocido que inciden en la tierra. Por lo tanto, el objetivo de la investigación es implementar un sistema de monitoreo de pH y control de CO₂, mediante la programación de un PLC y la incorporación de sensores, con la finalidad de mejorar las variables que inciden en la planta para la explotación presentes en el invernadero, lo cual está desarrollando en beneficio específicamente a los docentes y estudiantes la carrera de ingeniería Agrónoma mediante un sistema automatizado que permita el monitoreo y control en el interior del invernadero N°1 campus Salache de la Universidad Técnica de Cotopaxi. El control de generación de dióxido de carbono se lo realizó mediante la adquisición de datos evaluados con respecto al tiempo y el clima, además se maneja a valores mínimos de 420 ppm y en un lapso de tiempo de 10 minutos se puede generar hasta los 500 ppm, en cambio para generar a valores máximos de 1 000 ppm el tiempo es más prolongado debido a que se tarda en la concentración en el interior del invernadero.

Palabras claves: sistema de control, programación de un PLC, monitoreo del pH, control de CO₂



TECHNICAL UNIVERSITY OF COTOPAXI
ENGINEERING AND APPLIED SCIENCES SCHOOL

THEME: “IMPLEMENTATION OF pH MONITORING AND CO₂ CONTROL IN GREENHOUSE N°1”

Authors: Palomo Masabanda Jhonatan David
Velasco Chimba David Napoleón

ABSTRACT

Currently, technological development allows optimising the productive processes of plant life, as well as providing modern alternatives for adequate crop growth, since the problem lies in the lack of a control and monitoring system that negatively affects the productivity and development of the plant in the greenhouse, which hinders the photosynthesis process due to an insufficient level of carbon dioxide and an unknown pH that affect the soil. Therefore, the objective of the research is to implement a pH monitoring system and control of CO₂, through the programming of a PLC and the incorporation of sensors, in order to improve the variables that affect the plant for the exploitation present in the greenhouse, which is developing specifically for the benefit of teachers and students of Agricultural Engineering through an automated system that allows the monitoring and control inside the greenhouse N°1 campus Salache of the Technical University of Cotopaxi. The control of carbon dioxide generation was carried out through the acquisition of data evaluated with respect to time and climate, in addition it is managed at minimum values of 420 ppm and in a time span of 10 minutes it can generate up to 500 ppm, on the other hand to generate maximum values of 1 000 ppm the time is longer due to the fact that it takes longer to concentrate inside the greenhouse.

Keywords: control system, PLC programming, pH monitoring, CO₂ contro



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 del trabajo de titulación cuyo título versa: **“IMPLEMENTACIÓN DEL MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂ EN EL INVERNADERO N°1”**, presentado por: Palomo Masabanda Jhonatan David y Velasco Chimba David Napoleón, estudiantes de la carrera de **ingeniería eléctrica** 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 23 marzo del 2022

Atentamente

Mg. Marco Paul Beltrán Semblantes



CENTRO
DE IDIOMAS

DOCENTE CENTRO DE IDIOMAS-UTC

CI: 0502666514



1. INFORMACIÓN GENERAL

Título: Implementación del Monitoreo de pH y control de CO₂ en el invernadero N°1.

Fecha de inicio:

Octubre 2021.

Fecha de finalización:

Marzo 2022.

Lugar de ejecución:

Universidad Técnica de Cotopaxi, sector Salache, Cantón Latacunga, Provincia de Cotopaxi.

Facultad que auspicia:

Facultad de Ciencias 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 de la familia de la Jícama.

Equipo de Trabajo:

Tutor de Titulación:

PhD. Marrero Ramírez Secundino.

Estudiantes:

Palomo Masabanda Jhonatan David

Velasco Chimba David Napoleón

Área de Conocimiento: 07 Ingeniería, Industria y Construcción / 071 Ingeniería y Profesiones Afines / 0713 Electricidad y Energía.

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

Actualmente, el desarrollo tecnológico permite optimizar los procesos productivos de vida vegetal, además de brindar alternativas modernas para un crecimiento adecuado de las plántulas, dichas mejoras permiten regular los parámetros como la temperatura o la emisión de gases necesarios para que se desarrollen las plantas, además también se emplea elementos que permitan realizar un monitoreo constante de las cualidades que se presenta en el ambiente como el suelo existente en un invernadero.

En la actualidad el desarrollo tecnológico y el avance del control permite que se mejore los procesos de crecimiento de la planta con un correcto control de las diferentes variables que se tiene en este caso el CO_2 y el pH con lo cual este proyecto pretende ayudar a los productores del invernadero para mantenerse a la vanguardia de la parte tecnológica.

El tener un control de forma remota de CO_2 y pH que va a permitir el monitoreo de todo el invernadero lo cual accederán que se lleve los índices de productividad del mismo, este monitoreo y control se realizará mediante sensores y un PLC S7-1 200 para la adquisición de datos en cuanto al control, debido a que se utilizará un generador, con esto se logrará elevar los índices de productividad.

Las aplicaciones prácticas que involucra este proyecto, permitirá desarrollar las plántulas de manera acelerada, brindando a las plantas una cantidad abundante de CO_2 , que puede ser controlada empleando un dispositivo como el PLC S7-1 200, dado a las funcionalidades que este incorpora, también se realizará el monitoreo del pH existente en el suelo donde se realizan las plantas, empleando ya que el sensor capaz de reconocer los niveles, y se va a visualizar el desarrollo de las siembras efectivas en el invernadero.

El dimensionamiento del sistema implementado, garantizará la producción adecuada que permita abastecer la demanda de CO_2 de la plántula en el interior del invernadero, proporcionando un microclima interno que favorezca un crecimiento adecuado, además el monitoreo del pH presente en el suelo, permitirá identificar las ventajas que presenta la creación de un microclima interno, permitiendo obtener datos reales recopilados en un lapso de tiempo adecuado.

2.1. EL PROBLEMA:

La falta de un sistema de control y monitoreo del pH y del CO₂ inciden negativamente en la productividad y el desarrollo de la planta en el invernadero que dificulta los procesos de fotosíntesis por nivel insuficiente de dióxido de carbono y pH incógnito que inciden en la tierra.

2.1.1. Situación Problemática:

En el interior del invernadero N°1 del campus Salache situada en la provincia de Cotopaxi cantón Latacunga se ha podido identificar algunos tipos de beneficios para el desarrollo de la planta, pero a la vez si no se instala un buen sistema de generación de CO₂ no se tiene un mayor desarrollo en las plantas y el crecimiento que no existirá un mejor resultado en el progreso de las plántulas.

Además de no tener un buen monitoreo del sistema de pH en el invernadero se tiene muchas desventajas para el correcto avance en la planta debido a que el sistema carece de un correcto consumo y absorción de suministros por medio de la raíz puesto que es la parte más esencial de la planta.

Para manejar el clima en la parte interna de un invernadero si no se tiene en consideración parámetros tan importantes como el pH y la concentración de CO₂ se tiene como riesgo principal la pérdida y la seguridad del agricultor en su actividad productiva lo cual se verá afectada al no tener un correcto control.

2.1.2. Formulación del problema:

La inexistencia de un sistema de control de CO₂ y monitoreo de pH, limitan el desarrollo de las plántulas y la maduración de la vegetación que contiene el invernadero N°1 del campus Salache.

2.2. OBJETO Y CAMPO DE ACCIÓN

2.2.1. Objeto

Monitoreo de las variables de CO₂ y pH para mejorar el desarrollo de las plántulas

2.2.2. Campo de Acción para el proyecto:

330000 Ciencias Tecnológicas / 3306 Ingeniería y Tecnología Eléctricas / 330607 Maquinaria Rotativa.

330000 Ciencias Tecnológicas / 3311 Tecnología de la Instrumentación / 331105 Equipos Eléctricos de Control.

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

2.3. BENEFICIARIOS:

Se pueden identificar dos tipos de beneficiarios: Directos e indirectos.

2.3.1. Beneficiarios Directos

Estudiantes y Docentes de la carrera de Ingeniería Agronómica.

2.3.2. Beneficiarios Indirectos

Los innumerables productores aledaños a la zona campus Salache que tengan invernaderos para que puedan adquirir propuestas de cómo mejorar las condiciones de su invernadero.

2.4. JUSTIFICACIÓN:

Hoy en día las plántulas están en el interior de los invernaderos, son habituales debido a que ayuda a mantener un clima conveniente para la producción, estos productos son controlados en función de periodos de tiempo.

El motivo por el cual se realiza el control de CO₂ y el monitoreo del pH surge a una necesidad que se da para poder obtener mejores niveles de calidad del producto a través de avances tecnológicos que se pueda implementar en el invernadero de tal forma que garantice un ambiente correcto para las plántulas.

La importancia de este proyecto radica en mejorar la producción de las plántulas en el invernadero N°1 del campus Salache, mediante el monitoreo del pH y el control de CO₂ en la parte interna del invernadero.

El pH es clave para la aplicación de fertilizantes en las plantas por lo cual el control de esta variable resulta ser muy importante para el aprovechamiento del mismo.

El proceso de control y monitoreo resulta ser fundamental para las plantas, actualmente la recolección de los datos es manual teniendo como consecuencia demasiado tiempo para realizar dicho proceso.

A través de este proyecto se busca desarrollar una opción para los productores, inclusive si no tienen grandes empresas, ya que el manejo será muy práctico y la planta se mejorará técnicamente.

2.5. HIPÓTESIS:

Un control adecuado de dióxido de carbono, además de un monitoreo constante del pH del suelo, permitirá optimizar el desarrollo de las plántulas que son chochos, quínoa, frejol en el interior del invernadero N°1 de la Universidad Técnica de Cotopaxi campus Salache.

2.6. OBJETIVOS:

2.6.1. General:

Implementar un sistema de control de CO₂ y monitoreo de pH, mediante la programación de un PLC y la incorporación de sensores, con la finalidad de mejorar las variables que inciden en la planta para la explotación presentes en el invernadero N°1.

2.6.2. Específicos:

- Recopilar información referente a las condiciones climatológicas adecuadas para un desarrollo de las plantas en el interior de un invernadero.
- Diseñar un sistema que permita adecuar las condiciones internas del invernadero empleando un control automático y manual.
- Analizar el funcionamiento del sistema de generación de CO₂ y monitoreo del pH mediante un conjunto de datos que permite conocer el correcto comportamiento del proyecto.

2.7. SISTEMA DE TAREAS.

Tabla 1. Sistema de tareas en relación con el objetivo específico 1

Objetivo específico 1	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Recopilar información referente a las condiciones climatológicas adecuadas para un desarrollo de las plantas en el interior de un invernadero.	Recopilación de documentos acerca de las condiciones climatológicas óptimas de los invernaderos. Clasificación de los documentos según su importancia para el tema tratado.	Documentos físicos y digitales que permitan conocer los parámetros de CO ₂ y pH óptimos.	Investigación documental y bibliográfica

Tabla 2. Sistema de tareas en relación con el objetivo específico 2

Objetivo específico 2	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Diseñar un sistema que permita adecuar las condiciones internas del invernadero empleando un control automático y manual.	<p>Simulación del principio de funcionamiento del sistema</p> <p>Adecuación del sistema a las características constructivas del invernadero</p> <p>Elaboración de un plano de ubicación para el sensor y el PLC.</p>	<p>Optimizar los recursos previos la implementación empleando simuladores.</p> <p>Realizar una ubicación adecuada de los elementos en la parte interna del invernadero (planos)</p>	<p>Simulación mediante software como:</p> <p>CADE SIMU</p> <p>AutoCAD</p> <p>Tía portal</p> <p>Matlab</p>

Tabla 3. Sistema de tareas en relación con el objetivo específico 3

Objetivo específico 3	Actividad (tareas)	Resultados Esperados	Técnicas, Medios e Instrumentos
Analizar el funcionamiento del sistema de generación de CO ₂ y monitoreo del pH mediante un conjunto de datos que permite conocer el correcto comportamiento del proyecto.	<p>Compilación de los datos necesarios para conocer las condiciones iniciales previa la implementación del proyecto.</p> <p>Comparación de los datos obtenidos después de un lapso de tiempo pertinente luego de la implementación.</p> <p>Elaboración de gráficas estadísticas del proceso.</p>	<p>Obtener un documento informático (Excel) de los datos adquiridos mediante el nuevo sistema de control.</p>	<p>Microsoft Excel.</p> <p>Word</p> <p>Servidor</p>

3. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA



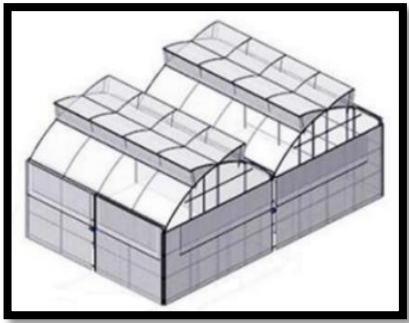
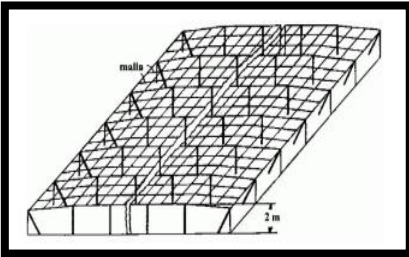
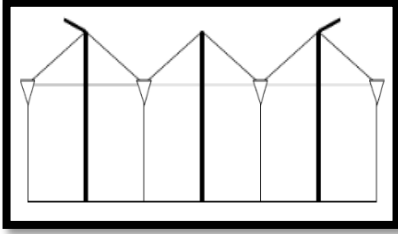
3.1. FUNCIONALIDAD DE UN INVERNADERO

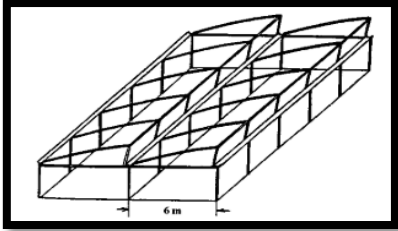
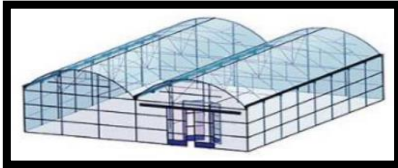
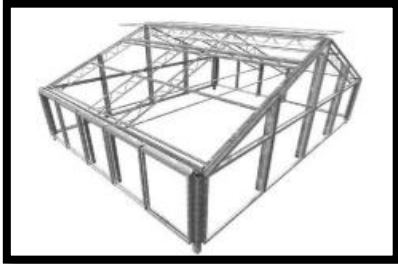
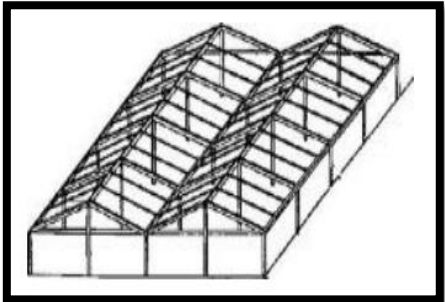
A continuación, se desplegará un conjunto de invernaderos que existe debido a que se debe realizar un análisis del cual es el invernadero más indicado para el desarrollo de este proyecto.

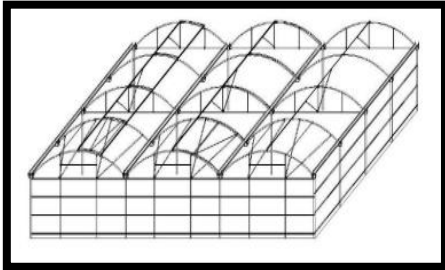


3.1.1. Tipos de Invernadero

Un invernadero se trata de sitio que es construido para la adecuación del clima que será capaz de obtener un ambiente interno mejorado y existen tipos de las mismas como se puede ver a continuación en la tabla 3.1.

Tabla 3.1. Los distintos tipos de invernaderos [1], [2]

 TIPOS DE INVERNADEROS 		
Nombre	Característica	Figura
Góticos	Este diseño es un tipo cúpulas siendo ojivales, que permite mayor volumen de aire obteniéndose un mejor clima e iluminación en el interior.	
Plano	Es la que consta de una estructura vertical y una vertical que son diferentes, usadas en diferentes áreas con poca precipitación.	
Raspa o amagado	Esta tiene una estructura similar al invernadero plano, pero varía la forma de la cubierta debido a que la altura oscila entre los 3 y 4.2m formado una raspa.	

Nombre	Característica	Figura
asimétrico	Se diferencia del tipo raspa y amagado en que el lado sur aumenta la superficie, que pretende mejorar la capacidad de captación de la radiación solar, ya que el invernadero se orienta paralelo al recorrido aparente del sol.	
Capilla	Se caracteriza por la forma de su cubierta formando arcos curvos semicirculares y su estructura totalmente metálica.	
Capilla simple	Es un tipo de techumbre que se encuentra formado por dos planos inclinados según sea el caso de un agua o dos aguas debido a que el ancho suele darse de 12 a 16m y la altura está comprendida de 3,25 y 4m.	
Doble capilla	Está compuesta por dos naves yuxtapuestas debido a que la ventilación es mejor que otros tipos de invernaderos por su ventilación cenital en la cumbrera que forman una yuxtaposición de las naves ya que esta abertura de ventilación permanece abiertas por lo general.	

Nombre	Característica	Figura
Túnel o semicilíndrico	El uso de este tipo de invernaderos está ganando popularidad debido a su mayor capacidad para controlar los factores climáticos, fuerte resistencia a los fuertes vientos y rapidez de instalación que consta de estructuras prefabricadas	
Cristal	La cubierta está formada por paneles de vidrio que descansan sobre un canal de recogida de aguas pluviales y un juego de travesaños	
Ecológico	Los techos ecológicos son un desarrollo para la contaminación ambiental debido a que el proyecto es uno de los más beneficiosos para el planeta y tiene beneficios para la planta.	

3.2. PARÁMETROS CLIMATOLÓGICOS ADECUADOS PARA EL DESARROLLO DE LA VEGETACIÓN

Los parámetros más importantes que se puede obtener el desarrollo de una planta más eficiente previamente indagado, se tratan del CO₂ y del pH, de modo que estos elementos son:

3.2.1. CO₂ en Invernaderos

3.2.1.1. Dióxido de carbono (CO₂)

Cierta proporción de CO₂ del viento que circunda una planta es absorbida por las hojas y, por la acción de la luz, se transforma en azúcares, debido a la actitud famosa como fotosíntesis. Los azúcares son de fundamental trascendencia para el desarrollo de la planta, ya que es un componente fundamental que debería ser considerado en una plántula[3].

El CO₂ es el nutriente más importante de las plantas, ya que contiene aproximadamente un 44 % de carbono y una cantidad similar de oxígeno. El aire es la única fuente de dióxido de carbono para las plantas y su contenido no excede el 0,03 % (300 ppm)[4].

Para el desarrollo adecuado de la planta se indaga que es preferible que exista un sistema de ventilación debido a que el CO₂ es pesado y para eso se necesita este tipo de sistema. “El dióxido de carbono también es más pesado que el aire y tenderá a caer a la base del área de la planta” [5].

La planta está constituida de dos elementos importantes el cual el más importante es de carbono debido esto es que se alimenta de dióxido de carbono. “El carbono es el principal componente de la biomasa de la planta, constituyendo el 40-45% de su materia seca total. Es absorbido como CO₂ de la atmósfera a través de la fotosíntesis”[6].

3.2.1.2. El nivel de CO₂ en los invernaderos

La concentración actual de CO₂ en la atmósfera es de 350 a 400 ppm, mientras que la concentración que permite tener la mayor tasa de fotosíntesis en las plantas es aquella que va de las 900 a 1 000 ppm [7] como se muestra en la figura 3.1.

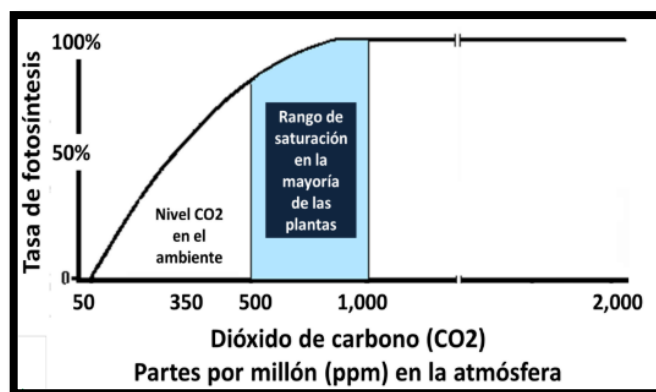


Figura 3.1. La relación del dióxido de carbono y la fotosíntesis [7]

3.2.1.3. Nivel de CO₂ en la agricultura

El gas carbónico (CO₂) es un miembro del periodo primordial de la vida, material de base para la fotosíntesis e imprescindible para las plantas clorofílicas. La fotosíntesis más el agua y la energía luminosa generan carbohidratos (o azúcares) y oxígeno. Este gas entra por las estomas y, previa separación con el agua en las cámaras estomáticas, llega a los cloroplastos, donde, tras varias actitudes, se genera la fotosíntesis. El aumento de las plantas es viable gracias al consumo de dichos carbohidratos productos de la fotosíntesis[3].

Otro factor importante es la luz que, en combinación con el CO₂ inciden en forma similar en la fotosíntesis; esto es, elevan el punto de compensación luminoso como se muestra en la figura 3.2.

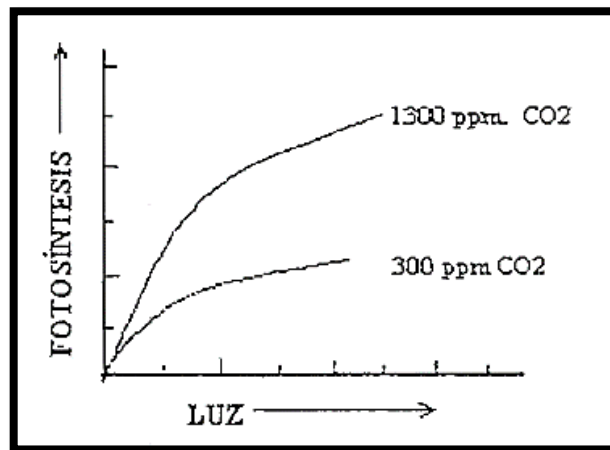


Figura 3.2. Relación del CO₂, la luz y la fotosíntesis [3]

Según la tabla 3.2., la inyección de gas carbónico se vuelve importante, debido a que diversos estudios han revelado que la concentración de CO₂ en los invernaderos a lo largo de parte importante del día se disminuye entre 47 a 55 % en relación a la concentración atmosférica. Debería tomarse presente que valores menores a 200 ppm de dióxido de carbono son limitantes para la producción, ya que la tasa respiratoria es mayor a la tasa de fotosíntesis[7].

A continuación, se puede evidenciar la siguiente tabla 3.2., en la cual se identifica los niveles de dióxido de carbono en una plántula que es inicialmente conocida con este nombre ya que consiste en el desarrollo de una semilla hasta conseguir una planta ya germinada y por tanto se busca un mejor progreso en la misma.

Tabla 3.2. Cuadro de concentración de CO₂ en las plantas

Concentración de CO₂ máxima recomendada para lograr la mayor tasa fotosíntesis		
Clasificación de las plantas	Utilidad	Concentración de CO ₂ (ppm)
Alimenticias	Son las plantas que el hombre cultiva o explota para su alimentación o nutrición. Ejemplo: chochos, frejol, haba, quinua, cebada, arroz, zanahoria, manzanilla, verduras, papa, frijol.	550 – 1 000ppm
Medicinales	Son plantas que el hombre utiliza como materia prima para aliviar sus enfermedades. Ejemplo: manzanilla, anís, tilo, cannabis, eucalipto, llantén.	500 – 850 ppm
Ornamentales	Es aquella que se cultiva y se comercializa con la finalidad adornar parques, casas oficinas y el ambiente. Ejemplo: Rosas, claveles, alelí, helechos, ciprés, girasol.	500 - 750 ppm
Industriales	Son plantas se utiliza como materia prima transformando en productos para satisfacer necesidades. Ejemplo: Caoba, cedro, Caña de azúcar, algodón, el olivo, la palma, etc.	500 - 900 ppm

3.2.1.4. La importancia de la ventilación y circulación de aire con el CO₂ en los invernaderos

La ventilación consiste en la renovación del aire al interior del recinto y es un factor fundamental, que permite actuar sobre la temperatura, humedad, contenido de CO₂ y el oxígeno que hay en el interior. El aire caliente se eleva al techo y el aire frío baja a las plantas, haciendo necesario su circulación[6].

3.2.1.5. CO₂ En el transcurso del día

El día puede dividirse en cuatro fases: mañana (con luminosidad creciente), mediodía (con máxima luminosidad), tarde (luminosidad decreciente) y noche (con muy poca luz).

El lapso más relevante para enriquecer con dióxido de carbono en una plántula es el mediodía, debido a que es el fragmento del día en que se otorgan las máximas condiciones de luminosidad. No obstante, es fundamental considerar que el enriquecimiento es más efectivo, si paralelamente hay una buena ventilación puesto que esta ayuda a la renovación del viento en un determinado ambiente. Además atrae considerar que una idónea regulación de la magnitud lumínica, puede incidir en la absorción de la dosis oportuna del CO₂ de parte de una planta[3].

3.2.1.6. CO₂ y la seguridad en las personas

El dióxido de carbono es un gas no tóxico y no inflamable. Sin embargo, la exposición a concentraciones elevadas puede representar un riesgo de vida. Cuando se utiliza, produce, envía o almacena gas o hielo seco, la concentración de dióxido de carbono puede elevarse a niveles muy peligrosos. Debido a que este gas es inodoro e incoloro, es necesario utilizar los sensores adecuados para garantizar la seguridad de las personas[8] la cual se puede visualizar los distintos niveles de CO₂ en el ser humano se pueden comprobar en la Tabla 3.2.

Tabla 3.3. Cuadro de concentración de CO₂ en el invernadero [8]

EFFECTOS DE LOS DISTINTOS NIVELES DE CO₂	
CONCENTRACION	EFFECTO
350 – 450 ppm	Concentración atmosférica típico
600 – 800 ppm	Calidad del aire interno aceptable
1000 ppm	Calidad del aire interno tolerable
5000 ppm	Límite promedio de exposición en un período de ocho horas
6000 – 30000 ppm	Preocupación, solo exposición breve
3 – 8%	Incremento de la frecuencia respiratoria, dolor de cabeza
>10%	Náuseas, vómitos, pérdida de conocimiento
>20%	Pérdida de conocimiento repentina, muerte

3.2.2. El sistema del pH

3.2.2.1. Niveles de pH adecuados del terreno

El pH del suelo afecta directamente la disponibilidad de nutrientes en el suelo. La escala tiene un rango que va de 0 a 14, siendo el 7 el valor neutral. Los números menores a 7 indican acidez mientras que los números mayores a 7 indican alcalinidad[9].

3.2.2.2. El pH y su importancia de monitoreo y regulación

El pH del suelo es una de las muchas condiciones ambientales que afectan la calidad del crecimiento dependiendo de la planta como “azaleas”, “rhododendrons”, arándanos y coníferas crecen mejor en suelos ácidos (pH 5,0 a 5,5). Otros tipos de plantas como la mayoría de los vegetales y ornamentales crecen muy bien en suelos moderadamente ácidos (pH 5,8 a 6,5). Los suelos con valores de menores o mayores rangos pueden resultar en crecimientos menos vigorosos y en deficiencias de nutrientes[9].

3.2.2.3. Lectura de pH

La acidez es la capacidad del sistema suelo para ceder iones hidrógeno $[H^+]$ desde un estado dado a un estado de referencia. Por lo que una de las formas de evaluar la acidez es midiendo la actividad del H^+ en la solución del suelo y se expresa con el parámetro denominado potencial de hidrógeno (pH). La acidez del suelo y su neutralización, se puede agrupar de acuerdo a la fuerza ácida de los sitios que retienen protones, así[10]:

- Grupo I.- Corresponde a ácidos fuertes con pH menor que 4,2. Esta acidez está representada por ácidos libres, ácido sulfúrico $[H_2SO_4]$ adsorbido.
- Grupo II.- Ácidos débiles, suelos con pH entre 4,2 – 5,2, corresponde al aluminio intercambiable $[Al^{3+}]$ y grupos carboxílicos del humus.
- Grupo III.- Ácidos muy débiles, con pH de 5,2 – 7,0, que se encuentran representados por grupos carboxílicos del humus, bordes de los polímeros de aluminio, ácido carbónico $[H_2CO_3]$ y grupos fenólicos.
- Grupo IV.- Ácidos muy débiles con pH 7,0 – 9,5, están representados por grupos fenólicos del humus, bordes de arcillas, $Al(OH)$ y $Ca(HCO_3)_2$.
- Grupo V.- Ácidos extremadamente débiles, con pH mayor que 9,5, representados por grupos alcohólicos, gibbsita y $SiOH$ (sílice).

A continuación se puede visualizar en la figura 3.3., que muestra los niveles de pH del suelo así como los grupos en que se encuentra la subdivisión de acuerdo a la escala de la lectura en la imagen.

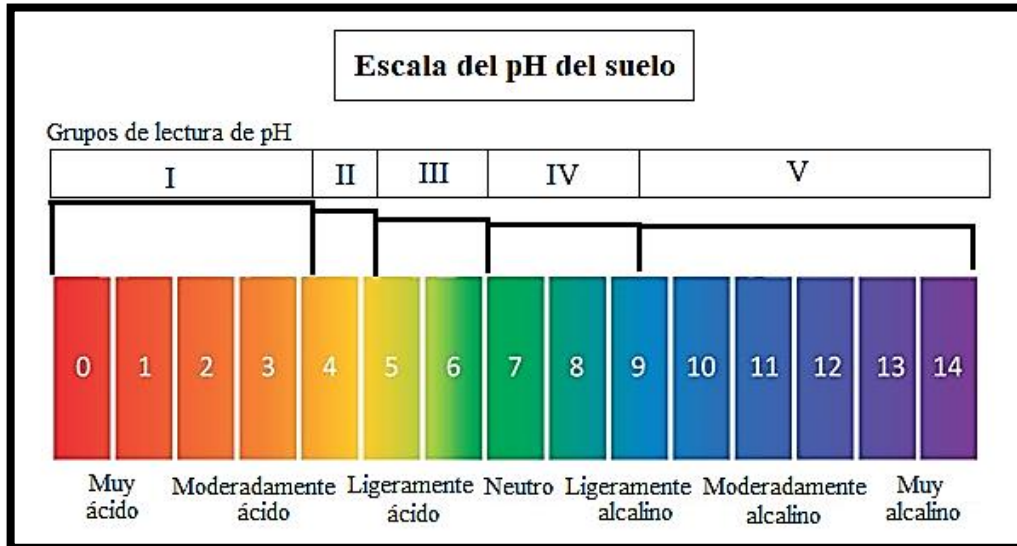


Figura 3.3. Grupo y escala del pH del suelo

3.3. AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMAS AGRÍCOLAS E INVERNADEROS

En los sistemas de automatización en los invernaderos tiene muchas ventajas para el desarrollo de las plantas, así como también el solventar problemas ya que tiene la capacidad de realizar determinadas tareas sin necesidad de una intervención de las personas. “Hasta el momento, en los invernaderos de grandes dimensiones existen implementaciones automatizadas para resolver el problema del monitoreo de diferentes parámetros (temperatura, humedad, pH y riego), pero para un techo ecológico no se conocen sistemas automatizados ya que los cuidados son atendidos de manera manual”[2].

3.3.1. Automatización y sus elementos

Es un sistema de fabricación diseñado con el fin de usar la capacidad de las máquinas para llevar a cabo determinadas tareas anteriormente efectuadas por seres humanos, y para controlar la secuencia de las operaciones sin intervención humana.

- **Automatización Industrial** (automatización; del griego antiguo autoguiado por uno mismo) es el uso de sistemas o elementos computarizados para controlar maquinarias y/o procesos industriales sustituyendo a operadores humanos[11].

3.4. SISTEMA DE CONTROL

El Sistema de control el cual se encarga de controlar por medios de un tablero de control a los mandos instalados en el interior de un invernadero en el que se puede visualizar un mando de control debido a que se encuentra construido para varios procedimientos y se dividen en:

Mando, control, Ejecución y verificación.

3.5. PLC

EL PLC es el tipo de controlador más común, hace uso de memorias programables y regrabables (RAM), en donde se almacenan indicaciones a forma de algoritmos que permitirán continuar una lógica de control. Tiene interfaces que le permiten maneja enorme conjunto de entradas y salidas tanto analógicas como digitales. Es un artefacto electrónico operado digitalmente que usa una memoria programable para el almacenamiento interno de normas, las cuales implementan funcionalidades concretas, como por ejemplo lógicas, secuenciales, temporización, conteo y aritméticas, para el control de por medio de módulos de acceso /salida digitales y analógicas, diversos tipos de aparatos o procesos[6].

3.5.1. Simulación

Las herramientas de simulación de la programación de los PLC cada día son más importantes ya que permiten probar y ajustar el programa antes de disponer de la máquina. Esto ahorra tiempo y esfuerzo en la puesta en marcha a continuación, se detalla el software a utilizar.

3.5.2. Siemens vía portal V15.

La unión mejorada en la cadena de costo digital es un factor central de TIA Portal V15. El Simatic S7-1 200 ahora además es compatible con denominadas de procedimiento con la nueva versión de firmware 2.5 además de denominadas al servidor OPC UA. Esto posibilita comunicaciones estandarizadas e integradas horizontal y verticalmente, las máquinas y plantas y además a los niveles MES / SCADA / IT. Las resoluciones en Automatización tienen la posibilidad de ser ahora además utilizadas con estándares específicos de la industria como OMAC PackML (Organización para Máquina Automatización y Control) y Weihenstephan[12].

3.5.3. Módulos para el PLC

La sección de entradas mediante el interfaz, adapta y codifica de forma comprensible para la CPU las señales procedentes de los dispositivos de entrada o captadores[13]. Hay dos tipos de entradas:

- Entradas digitales
- Entradas analógicas

La parte de salida además por medio de interfaz labora de manera inversa a las entradas, o sea, decodifica las señales que proceden de la CPU, y las amplifica y manda con ellas los dispositivos de salida o actuadores como lámparas, relés., aquí además hay unos interfaces de habituación a las salidas de defensa de circuitos internos. Hay dos tipos de salidas:

- Salidas digitales
- Salidas analógicas

3.5.4. Entradas y salidas digitales en el módulo

3.5.4.1. Entradas digitales del módulo

Los módulos de acceso digitales permiten conectar al autómata captador de tipo todo o nada como finales de carrera pulsadores.

Los módulos de acceso digitales trabajan con señales de tensión, ejemplificando una vez que por una vía llegan 24 voltios se interpreta como un "1" y una vez que llegan cero voltios se interpreta como un "0". El proceso de compra de la señal digital consta de numerosas fases.

Protección contra sobretensiones

- Filtrado
- Puesta en forma de la onda
- Aislamiento galvánico o por optoacoplador.

3.5.4.2. Salidas digitales del módulo

En los módulos estáticos (bornero), los recursos que conmutan son los elementos electrónicos como transistores o triacs, y en los módulos electromecánicos son contactos de relés internos al módulo.

Los módulos de salidas estáticos al proporcionar tensión, solo tienen la posibilidad de actuar sobre recursos que trabajan todos a la misma tensión, sin embargo, los módulos de salida electromecánicos, al ser libres de tensión, tienen la posibilidad de actuar sobre recursos que trabajan a tensiones diversas.

El proceso de envío de la señal digital consta de varias etapas:

- Puesta en forma
- Aislamiento

- Circuito de mando (relé interno)
- Protección electrónica
- Tratamiento cortocircuitos

3.5.5. Entradas analógicas del módulo

Los módulos de acceso analógicas permiten que los autómatas programables trabajen con accionados de mando analógico y lean señales de tipo analógico como tienen la posibilidad de ser la temperatura, la presión o el caudal.

El proceso de adquisición de la señal analógica consta de varias etapas:

- Filtrado
- Conversión A/D
- Memoria interna

3.6. SENSORES DE CONTROL

Los sensores son elementos más indispensables para un proyecto ya que tiene una gran responsabilidad de validar un correcto funcionamiento, además que se encarga de regular los parámetros de un proyecto y por lo mismo se puede numerar un conjunto de sensores que se puede utilizar en un proyecto las cuales son los sensores de humedad, temperatura, CO₂, pH entre otros más ya que velarán del correcto funcionamiento y la protección del sistema la cual lo integran.

3.6.1. Sensor de concentración de CO₂

La medición del dióxido de carbono es necesaria para diversas aplicaciones, desde la automatización de los edificios y los invernaderos hasta las ciencias de la vida y la seguridad[14].

3.6.2. Sensor de PH del suelo

El sensor es el elemento encargado del monitoreo de la humedad y el pH adecuado del suelo de modo que es un requisito fundamental para la salud de la planta, ya sea que se aplique en agricultura a gran escala o en simples huertos en el hogar. Sin embargo, para medir estas características del suelo, los desarrolladores necesitan diseñar cadenas de señales analógicas de precisión rentables capaces de convertir datos brutos en información útil requerida para aplicaciones de medición de suelos específicas.

3.7. VENTAJAS DE AUTOMATIZAR INVERNADEROS

Actualmente, existen productos comerciales para automatizar invernaderos, debido a que la autonomía del proceso de la plántula facilita la eficiencia, así como también la velocidad del trabajo[15].

3.8. ELEMENTOS DE PROTECCIÓN Y SEÑALIZACIÓN

3.8.1. Interruptor electromagnético

Es un dispositivo eléctrico, que combina la protección térmica contra sobrecarga (con retardo de tiempo, este no es ajustable) y magnético contra cortocircuito (instantáneo, este puede ser ajustable o no).

Los principios de funcionamiento mencionan que cuando se produce una sobre corriente o una sobrecarga el interruptor termomagnético se desconectará automáticamente.

La parte térmica del interruptor está compuesta por un bimetálico con un arrollamiento de calefacción, cuando se generan corrientes mayores a la corriente nominal del módulo de protección, se genera calor en el alambre. El bimetálico se curva, reacciona sobre el mecanismo de conexión, desconectándose.

A la parte magnética la compone una bobina magnética y una armadura. Cuando se circula una corriente superior a la nominal, se genera un campo magnético en la bobina, que atraerá a la armadura, una vez que se alcanza el valor límite de la armadura, se accionará el mecanismo de disparo y se desconectará el interruptor[16].

3.8.2. Contactor

Un contactor es un dispositivo eléctrico que puede cerrar o abrir un circuito bajo carga o sin carga, donde la intervención de la carga actual puede tener algunos efectos adversos en la persona que lo activa, por ejemplo, en la operación de apertura y cierre de una unidad de motor. “Un contactor cual cuenta con una bobina de 220V a 50 – 60 Hz, el cual cierra sus contactos cuando se energiza la bobina, esto ayuda a controlar las marchas y el paro de la bomba”[17].

3.8.3. Luces piloto

Este dispositivo de señalización, será utilizado como indicador de existencia de corriente, para evidenciar el enclavamiento de contactos, entre otras funciones, que aportan en la implementación de los circuitos de control y tiene un amplio rango de tensión y se utilizan principalmente como luces indicadoras de algún proceso en funcionamiento, que es de 110V-220V[18].

3.8.3.1. Normativa CEI IEC 60204-1 de luz piloto

Según las Norma Internacional CEI IEC 60204-1 menciona que existe un sistema de colores muy riguroso donde menciona que cada color tienen diferentes usos[19] en la tabla 3.4., se detalla la Normativa.

Tabla 3.4. Normativa luz piloto [19]

Color	Significado	Explicación	Ejemplos de aplicación
ROJO	Emergencia	Actúa en caso de condiciones peligrosas o de emergencia.	Parada de emergencia, Inicio de la función de emergencia (Véase también 10.2.1)
AMARILLO	Anomalía	Actúa en caso de condiciones anormales.	Intervención para suprimir condiciones anormales. Intervención para restablecer un ciclo automáticamente interrumpido.
VERDE	Normal	Actúa para iniciar las condiciones normales	(Véase 10.2.1)
AZUL	Obligatorio	Actúa en caso de condiciones que requieran una acción obligatoria.	Función de rearme.
BLANCO	Sin significación específica atribuida	Para un inicio general de las funciones excepto la parada de emergencia. (Véase la nota)	ON/Puesta en marcha (preferente) OFF/Parada
GRIS			ON/Puesta en marcha OFF/Parada
NEGRO			ON/Puesta en marcha OFF/Parada (preferente)
<p>Cuando se utilicen medios de codificación suplementarios (p.e. texto, forma, posición) para la identificación de los órganos de accionamiento de los pulsadores, puede utilizarse el mismo color BLANCO, GRIS o NEGRO para diferentes funciones (p.e. BLANCO para los órganos de accionamiento de ON y OFF).</p>			

3.8.4. Paro de Emergencia

Los dispositivos de parada de emergencia permiten que cualquier persona detenga la máquina en caso que otro individuo se encuentre en peligro. Además, permiten al operador detener todo el sistema por una emergencia presionando un botón o tirando de una cuerda para evitar lesiones o la caída de objetos.

3.8.4.1. Normativa NTE INEN-ISO 13850 de paro de emergencia

Esta Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN-ISO 13850 es una traducción idéntica de la Norma Internacional ISO 13850:2006, “Safety of machinery. Emergency stop. Principales for design”, la fuente de la traducción es la norma adoptada por AENOR. El comité nacional responsable de esta Norma Técnica Ecuatoriana y de su adopción es el Comité Interno del INEN[20].

3.8.5. Tableros de control eléctrico

Los tableros de control son elementos muy importantes las cuales se encuadran protegiendo un todo un sistema la cual consta de elemento de mando y protección en el interior de este elemento. “Todos los elementos de control, protecciones, accesorios, y circuitos de mando se están ubicados en el interior del tablero distribuidos equitativamente y separados mediante el uso de riel y canaletas ranuradas, tomando en cuenta la separación del circuito de fuerza de los dispositivos electrónicos”[17].

3.8.5.1. Tipos de tableros

Para las instalaciones eléctricas, el tablero eléctrico es el más importante debido a que los equipos eléctricos y electrónicos se ubican en los componentes internos, protegiendo a estos elementos ya que se utilizan para el control y manipulación. Existen distintos tipos de tableros que se encuentran normados para baja tensión fabricados según las normas eléctricas vigentes. Además consta de una amplia posibilidad para la aplicación en sistemas de distribución de energía también para el centro de control de motores y protección que centralizan la alimentación de los motores. Existen distintos tipos de tablero eléctricos en la cual se puede visualizar la tabla 3.5., debido a su uso o dependiendo a la aplicación, entre los cuales se pueden encontrar los siguientes:

Tabla 3.5. Tipos y Características de tableros.

 TIPOS DE TABLEROS 		
Nombre	Característica	Figura
Tableros Adosados	Es un elemento que puede ser instalado en el interior y el exterior del ambiente ya que consta de un diseño fácil y sencillo debido a que se encuentra fabricados por acero galvanizado	
Tableros Auto soportables	Elemento que tiene una gran capacidad de instalarse en sistemas de distribución debido a su mayor capacidad y gran tamaño, ya que tiene características como: comunicación, energía, potencia, medición de corrientes y voltajes entre otros.	
Tablero IP65	Se trata de un elemento utilizado para el interior y el exterior ya que se trata de un objeto pequeño el cual brinda un nivel de protección contra el ingreso de agua y polvo ya que es muy perjudicial para el funcionamiento de los equipos instalados	
Tablero de control de motores (CCM)	Este tipo de tableros son resistentes y de una calidad muy alta debido a que se puede combinar el sistema de control y de alimentación eléctrica debido a que controla el arranque de motores a través de contactores	

3.8.6. Partes del encendido del generador de CO₂

Los generadores de CO₂ enriquecen la atmósfera del invernadero con dióxido de carbono necesario para potenciar el crecimiento de las plantas. La cantidad estándar en un invernadero puede ser de unas 250 a 400 ppm. Pero las plantas alcanzan su mayor ratio de crecimiento cuando en el invernadero hay entre 1200 y 1500 ppm. Los modelos suministrados utilizan gas propano como combustible[21].

El sistema de generación de CO₂ es una plataforma abierta para efectuar cualquier tipo de prueba, donde se pueden ampliar conocimientos sobre la captura in situ mediante vía biológica en el fotobiorreactor, combustión, conceptos de transferencia de calor y masa, entre otros[22].

Aumentar los niveles de dióxido de carbono en las plantas es muy beneficioso, pues hace que hagan mejor la fotosíntesis, tengan más resistencia, aceleren el proceso de la floración y se obtenga una mayor producción[23].

3.8.6.1. Encendedor Chispero piezoeléctrico

Se trata de un encendedor piezoeléctrico que está construido de un material recubierto de plástico que se usa para el encendido de una cocina, estufa, horno o elementos que utilizan como combustible fósil, el GLP más conocido como gas licuado de petróleo ya que tiene incorporado una aguja de ignición y es un elemento que no se deslía con el calor o la llama de este sistema de encendido de estos sistemas.

3.8.6.2. Módulo del encendido del chispero piezoeléctrico

El módulo del encendido eléctrico y electrónico tiene como servicio un conjunto de chispas hacia el chispero eléctrico, las cuales se encuentran ubicados en los quemadores de cocinas, horno, estufas de gas etc.

Este sistema está compuesto de corriente alterna (AC) ya que es un conjunto de chispas que este dispositivo se encarga de brindar ya que se encuentra construido de plástico y por la parte interna que tiene un sistema de parte internas que es auto extingible la cual evita propagación de llamas o cualquier peligro a lazar.

3.8.6.3. Gas licuado de petróleo (GLP)

En los últimos años, la literatura sobre energía para los hogares ha sido dominada por el concepto de “transición energética”, que está basada en la noción de que las viviendas gradualmente ascienden en una “escalera energética”, la cual comienza con los combustibles, a partir de la biomasa tradicional (leña y carbón), se moviliza a través de combustibles

comerciales modernos, como kerosene y el Gas Licuado de Petróleo (GLP), y culmina con la electricidad[24].

3.8.6.4. Electroválvula de gas

Los esquemas de automatización y sistemas de seguridad permiten la implementación de un modelo de electroválvula que trabaje en una planta realizando el control de flujo adecuado de GLP para solventar las necesidades requeridas por la máquina[25].

4. MATERIALES Y MÉTODOS

La siguiente propuesta tecnología se ha utilizado diferentes tipos de metodologías las cuales son:

a) Método bibliográfico:

Este método es más importante ya que se determina por el acceso a información valiosa de libros, folletos, boletines y artículos de investigación, sitios web y archivos domésticos. Las universidades nacionales e internacionales le permiten obtener procedimientos teóricos de fuentes confiables.

b) Método de campo:

Este método se trata de la recolección de datos de un lugar específico y se trata de buscar mediciones en el lugar donde se ha implementado dicho proyecto.

c) Diseño de la investigación:

Para la iniciativa tecnológica se usó un enfoque que permitirá el detallado minucioso la cual posibilita el desarrollo y la sustentación, tomando como base el control y el sistema de automatización del generador de CO₂.

d) Variables:

En el proyecto se consiguió variables tanto dependientes como independientes como se puede detallar en la siguiente tabla.

Tabla 4.1. Variable independiente y dependiente del proyecto tecnológico

Variable independiente	Variable dependiente
Implementación del Monitoreo de pH y control de CO ₂ en el invernadero N°1.	Sensores, generador de CO ₂ , electroválvula, módulo de encendido

e) Técnicas:

Para el desarrollo del siguiente proyecto se ha utilizado distintos tipos de técnicas las cuales son:

- Observación
- Experimentación

f) Instrumentos de investigación:

Los sistemas y elementos utilizados para el desarrollo del proyecto el cual se trata de la Implementación del Monitoreo de pH y control de CO₂.

4.1. ANÁLISIS DE EQUIPOS PARA EL SISTEMA DE MONITORES DE PH Y CONTROL DE CO₂

A continuación, se realiza un análisis de los equipos de la generación de CO₂, del proceso Industrial, los sensores de monitoreo y control, en la cual se identifica la ubicación y conexión de los elementos que se utiliza en la implementación.

4.2. ANÁLISIS DEL GENERADOR DE CO₂

La implementación de un sistema de control de CO₂, se utilizó un generador Hotbox 16x21x35 que genera este gas según sea necesario, debido que el invernadero debe estar completamente cercada para generar el gas dióxido de carbono ya que dispersa los componentes como se puede observar en la figura 4.1.

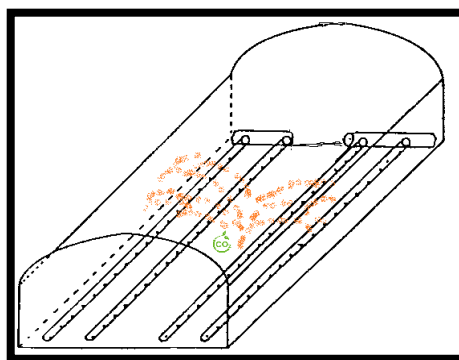


Figura 4.1. Lugar de generación de CO₂

En la figura 4.1., muestra la cantidad necesaria del CO₂ que se encuentra en el interior del invernadero, esto dependiendo a la plántula que se va a desarrollar lo cual debe estar completamente cerrado.

4.2.1. Selección del generador de CO₂ HotBox

La selección del generador de CO₂ se lo realizó mediante una indagación de características necesarias y especiales para el funcionamiento automático, puesto que se tiene previsto dejar un sistema automatizado en un lugar determinado y por consiguiente se eligió al generador Hotbox international debido que este elemento consta de una alimentación de 220VAC y se encuentra alimentado por gas propano, debido que se seleccionó este equipo debido a su costo, tamaño y modo de utilización para el control de CO₂ en el invernadero además se puede explicar del porque se utilizó este equipo visualizado en la tabla 4.2., debido a que el generador es capaz de cubrir una área de 5 m² mientras, que la característica principal es de 1 000 ppm por m² entonces, se puede asumir que el generador cubrirá con tranquilidad esta área con mayores resultados en el desarrollo de la plántula.

Los mejores resultados se obtienen con una buena circulación de aire y los ventiladores de circulación de aire Hotbox Mistral se han desarrollado para este propósito, su imagen y sus características [5] y se pueden ver en la siguiente tabla 4.2.

Tabla 4.2. Características del Generador de CO₂ Hotbox International [5]

 Generador de CO₂ Hotbox International 		
Características	Detalle	Unidad
Gas	Natural o Propano	-
CO ₂ por hora	0,2	Kg
Tamaño	16x21x35	Cm
Peso	3	Kg
1000ppm por m ² de invernadero	5	m ²



4.2.2. Ubicación del generador de CO₂

El generador de CO₂ se instaló en el centro del invernadero en el suelo debido a que inicialmente se realizó un proceso de análisis mediante las características del equipo indagado y previamente adquirido ya que fundamentalmente se basa en que cubre una área de 5 m² teniendo en cuenta que es un equipo muy pequeño con una capacidad de generación limitada, por este motivo se

decidió en que quedaría mejor en ese lugar ya que el sistema de expansión de dióxido de carbono va a ser mejor en sus alrededores obteniendo un mejor resultado en un invernadero como muestra la figura 4.2.

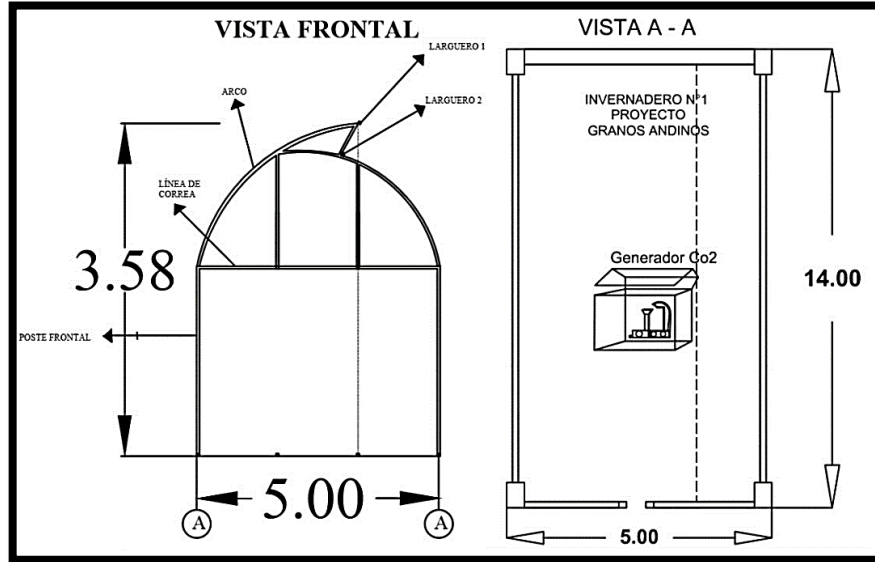


Figura 4.2. Ubicación del generador de CO₂ [Autores]

4.2.3. Conexión del generador de CO₂

En la siguiente figura 4.3., se identifica un sistema bifásico el cual permite alimentar a un PLC S7-1 200 que manda a activar a un contactor bajo la configuración de un arranque directo para el encendido del generador de co2.

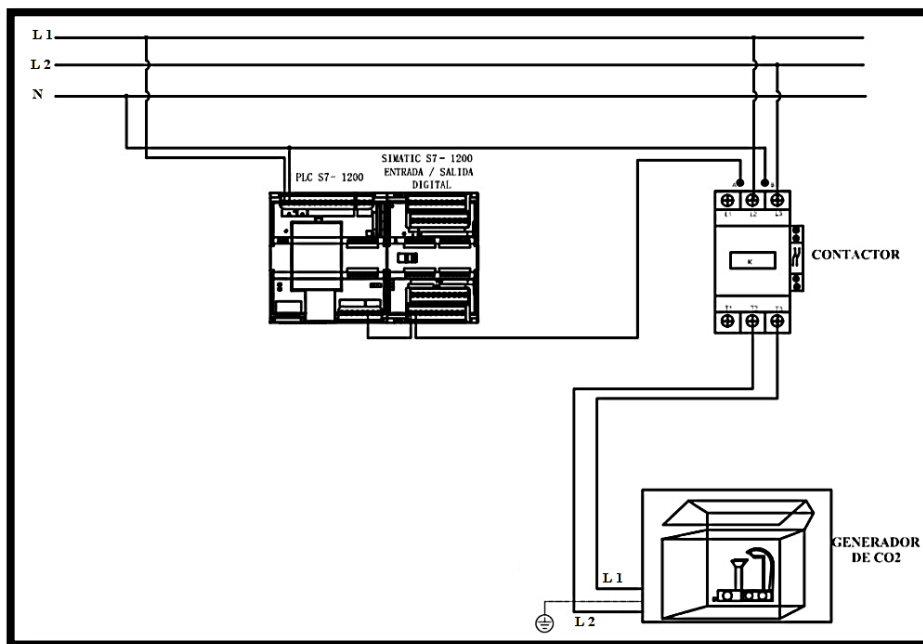


Figura 4.3. Conexión del generador de CO₂ [Autores]

4.3. ANÁLISIS DEL PROCESO INDUSTRIAL


A continuación, se va a reconocer como es el proceso del sistema industrial debido que necesita de una serie de elementos las cuales son la electroválvula, chispero, módulo del chispero y los gases propano debido que estos elementos son fundamentales para el control y funcionamiento del proyecto.

4.3.1. Selección de la electroválvula 2w025 - 08

A continuación se detalla la elección de la electroválvula debido a que esta tiene como característica fundamental abrir o cerrar el paso del gas (propano) al generador y por su temperatura de operación ya que en el sitio de trabajo oscila un rango de temperatura de 12°C a 26°C lo cual el equipo es apto para su funcionamiento, el dispositivo está comandada desde un sistema de control en esta caso un PLC S7 1 200.

En la tabla 4.3., se muestra la imagen y se detallan los datos generales de la válvula de gas.

Tabla 4.3. Características generales de la electroválvula

Datos generales		
Modelo	2W025-08	
Voltaje	220V AC	
Normal	Cerrada	
Uso	Gas, Aire, Agua, Aceite	
Temperatura de operación	5-80 C°	

4.3.1.1. Conexión de la electroválvula

En la figura 4.4., se muestra la conexión adecuada para el funcionamiento de la electroválvula en el que se define un sistema de 2 fases que alimenta a un PLC S7-1 200 conjunto con un módulo digital en el que esté activa a un contactor mediante las salida Q9.1 del módulo digital con una configuración de un arranque directo para la activación de la electroválvula, el equipo funciona bajo la configuración del sistema automático lo cual si no se ingresa los valores solicitados no enciende el equipo.

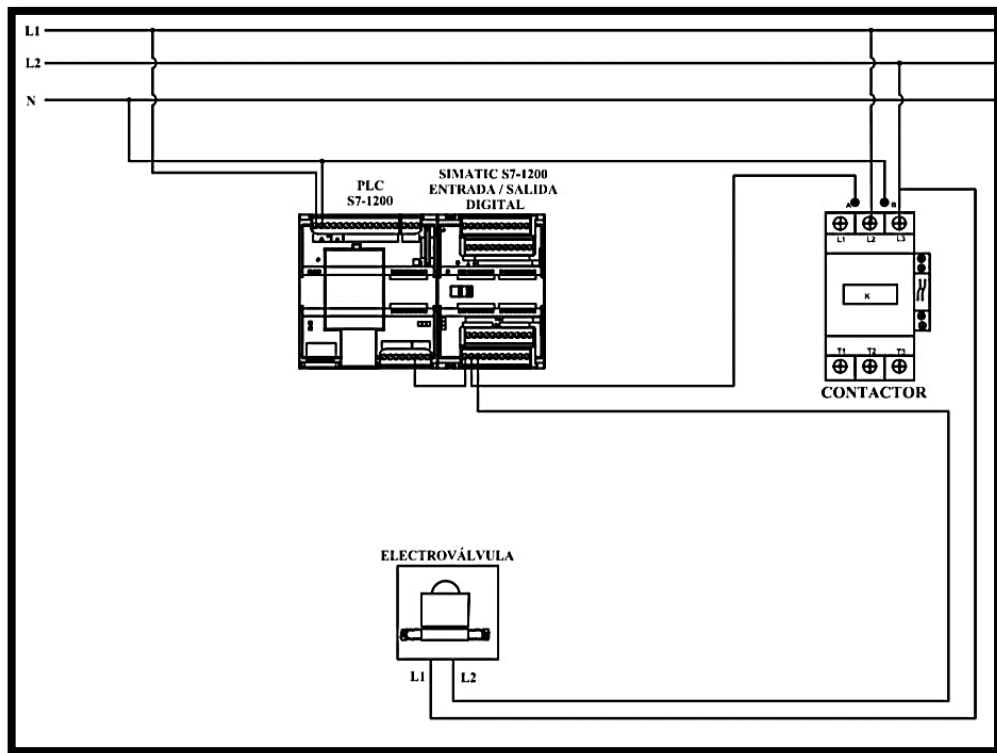


Figura 4.4. Conexión de la electroválvula [Autores]

4.3.2. Selección del gas propano

Según las necesidades para el correcto funcionamiento para el generador de CO₂ se utilizó el gas licuado de petróleo ya que se divide de 2 tipos las cuales son: el butano y propano.

En el proyecto se utilizó el Gas Propano como se puede ver en la figura 4.5., ya que este gas es de uso doméstico debido a que es el indicado ya que en las especificaciones técnicas para el sistema de generación de dióxido de carbono la cual es el uso del gas propano.



Figura 4.5. Gas propano como combustible

4.3.3. Ubicación del cilindro de gas y electroválvula de gas

Cilindro y Electroválvula de gas

El cilindro de gas se ubica en la parte externa del invernadero para garantizar la seguridad de las personas que estén en el interior del invernadero como se muestra en la figura 4.6.

En cuanto a la ubicación de la electroválvula se consideró una caja plástica para la protección de las condiciones climáticas, la electroválvula se coloca fuera del invernadero cerca del cilindro de gas para evitar accidentes ya que la electroválvula es energizada a 220V. En la figura 4.6., se observa la ubicación de la electroválvula de gas.

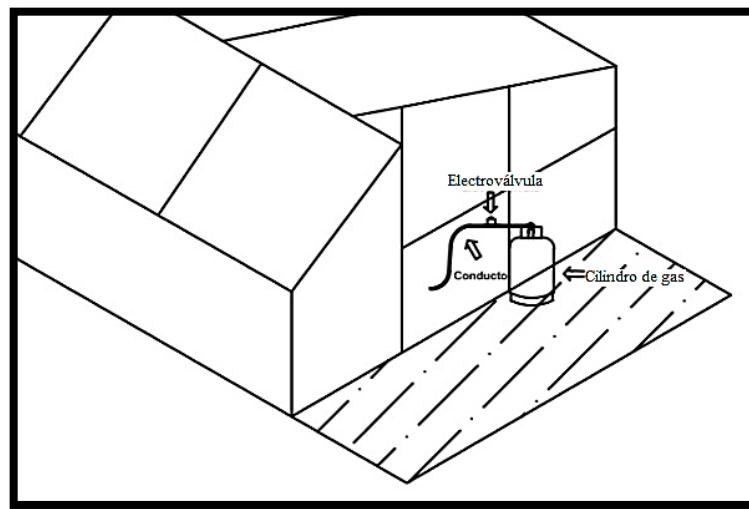


Figura 4.6. Ubicación de cilindro de gas y electroválvula [Autores]

4.3.4. Selección de módulos de chispero

El módulo de sistema de encendido con alimentación de 110 VAC, corriente de 0,2 A como se muestra en la figura 4.7., es elemento que se escogió para el proyecto puesto que consta con un conjunto de chispas impulsados de un sistema de control manipulados desde el PLC que se encarga del encendido del módulo ya que es un elemento muy indispensable que interviene en el sistema para el prendido del generador de CO₂.



Figura 4.7. Módulo de encendido

4.4. CONTROLADORES DIGITALES

Para el desarrollo del proyecto se buscó medios para poder controlar el CO₂ y realizar el monitoreo constante del pH de manera visual razón por la cual se vio necesario utilizar una pantalla como la que se puede detallar a continuación.

4.4.1. Pantalla Digital SIMATIC

El equipo seleccionado para el proyecto es la pantalla SIMATIC HMI Basic Panels como muestra la figura 4.8., que es el medio por donde se puede controlar el sistema operativo que se implementó en la cual la pantalla tiene una combinación por teclas o táctil, esta pantalla panorámica es de alta resolución con 64000 colores con la facilidad de instalarse ya sea verticalmente o horizontalmente, consta con una interfaz USB que permite conectar un teclado, ratón y un escáner de barras.



Figura 4.8. Pantalla HMI siemens Simatic ktp60

4.5. SELECCIÓN DE MANDOS Y CONTROL


A continuación, se va a detallar la elección de los equipos que se van a utilizar en la implementación de monitoreo de pH y control de CO₂ las cuales son: Elementos de protección, mando y control


De modo que en estos elementos se encuentran integrados en el proyecto estos son: PLC, módulos analógicos y digitales, interruptor termomagnético, fuente de 24V y los sensores, además que también se identificará la ubicación y las conexiones de estos elementos.

4.5.1. Selección del PLC S7-1 200

Se seleccionó este tipo de PLC S7-1 200 CPU 1212C AC/DC/ RLY, que tiene capacidad de memoria de usuario de trabajo de 50 kb y de carga de 2 Mb, consta con 8 entradas y 6 salidas digitales y una velocidad de ejecución de 3.3 μ s, así como una conexión a una interfaz HMI básica, ya que debe cumplir con los parámetros requeridos para la automatización del monitoreo del pH y control de CO₂. En la tabla 4.4., a continuación, se detalla las características técnicas del dispositivo para la implementación.

Tabla 4.4. Características del PLC S7-1 200 [26]

		
Características	Detalle	Unidades
Dimensiones físicas	90 x 100 x 75	mm
Memoria de usuario de trabajo	75	KB
Memoria de usuario de carga	2	MB
E/S locales integradas digital	8 entradas / 6 salidas	-
E/S locales integradas analógica	2 entradas	-
Ampliación con módulos de señales	2	-
Puerto de comunicación Ethernet PROFINET	1	-
Velocidad de ejecución de funciones matemáticas	3.3	μ s



4.5.2. Selección del módulo de entrada/salida digital

Para la implementación se designó el módulo SM 1223 DC/RLY, con entrada/salida digital, su controlador SIMATIC S7-1 200 que consiste en ampliarse con 16 entradas y salidas digitales debido que permite para el sistema ON / OFF de los equipos conectados.

Para ser acoplado al PLC S7-1 200 debe de constar con las siguientes especificaciones técnicas la cual se puede ver en la tabla 4.5.

Tabla 4.5. Características Módulo SM1223 DC/RLY [27]

Módulo de entrada/salida digital	
Datos generales	
Dimensiones	70 x 100 x 75mm
Peso	350 g
Disipación de potencia	10W
Relé	2 A
Entradas digitales	
Número de entradas.	16
Tensión nominal	24V DC
Señal 1 lógica (min)	15V DC
Señal 0 lógica (máx.)	5V DC
Salidas digitales	
Número de salidas	16
Intensidad (máx.)	2 A
Tipo	Relé, contacto seco






4.5.3. Selección del módulo analógico

El módulo SIMATIC SM 1231 con entradas análogas de 45 mA, con una alimentación de 24V es el adecuado para el desarrollo del proyecto lo cual permite realizar la adecuada conexión de los sensores mediante las entradas IW 118 (entrada 0), IW 120 (entrada 1), IW 122 (entrada 2) del módulo analógico para poder adquirir las señales que se van a monitorear en tiempo real.

A continuación, en la tabla 4.6., se detallan los parámetros técnicos del módulo seleccionado para una conexión adecuada dependiendo del funcionamiento y desempeño que cumple el dispositivo.

Tabla 4.6. Características Módulo SM1231, 8al [28]

 Módulo analógico 		
Datos generales		
Tensión de alimentación	24V	
Intensidad de entrada	45 mA	
Entradas Analógicas	8 Entradas diferenciales tipo corriente o tensión	
Rangos de entradas	Tensión: ± 10 v ± 5 V, $\pm 2,5$ V Corriente: 4 a 20 mA, 0 a 20 mA	

4.5.4. Selección de interruptor termomagnético

Un interruptor termomagnético, es un dispositivo capaz de interrumpir la corriente eléctrica de un circuito cuando ésta sobrepasa ciertos valores máximos el cual su figura se puede ver en la tabla 4.7., su funcionamiento se basa en dos de los efectos producidos por la circulación de corriente eléctrica en un circuito, los interruptores termomagnéticos (Breakers) combinan varios de los sistemas de protección, en un solo aparato. Poseen tres sistemas de desconexión: manual, térmico y magnético. Cada uno puede actuar independientemente de los otros, estando formada su curva de disparo por la superposición de ambas características, magnética y térmica[29].

Para la selección del interruptor termomagnético se calcula con la siguiente ecuación (1):

$$\left(I_n = \frac{P}{V} \right) \quad (1)$$

Donde:

I_n Es la corriente nominal [A]

P Es la potencia del sistema [W]

V Es la tensión existente [V]


$$In = \frac{P}{V}$$

$$In = \frac{180}{220} = 0,8 A$$

Mediante el valor obtenido acerca de la corriente nominal que es de 0,8 A por el cálculo realizado se selecciona el interruptor termomagnético adecuado por tal motivo que entre el generador, modulo chispero y la electroválvula tiene una corriente de 0,2 A siendo suficiente para el circuito debido a que consta de 6 A.

Las principales características que determinan la elección de un interruptor electromagnético se relacionan con la corriente eléctrica (A), el voltaje (V), la cantidad de polos necesarios y también con su tamaño, ya que se puede desmontar fácilmente de cualquier tablero, ya sea industrial o comercial sin ser quitado, en la tabla 4.7, a continuación, se detalla las características técnicas del interruptor.

Tabla 4.7. Características Interruptor termomagnético [30]

Datos generales		
Nombre del producto	LS	
Gama	Acti 9	
Número de polos	1P	
Corriente nominal	6 A	
Tipo de red	AC / DC	
Tecnología de unidad de disparo	Térmico – magnético	
Frecuencia de red	50/60 Hz	

4.5.5. Selección de la fuente de alimentación LOGO Power 24VDC


Para la elaboración del proyecto tecnológico se eligió el LOGO Power que es una fuente de alimentación con el grado de protección IP20. Además, tiene fuentes conmutadas por el primario para así ser conectados a tensiones monofásicas, dicha fuente consta con tensión de salida de +5V DC, +12 V DC, +15 V DC y hasta 24 VDC, para cumplir con los requisitos de

alimentación de los módulos digitales y analógicos, así como de los controladores lógicos (PLC).

A continuación, en la tabla 4.8., se detalla las especificaciones técnicas que tiene el equipo seleccionado para la alimentación de los dispositivos a utilizar en la implementación.

Tabla 4.8. Características LOGO Power 24VDC [31]

DATOS TECNICOS	
Nombre del producto	LOGO Power
Fuente de alimentación	24 V
Entrada	AC monofásico o DC
Tensión de alimentación / AC / valor nominal mínimo	100 V
Tensión de alimentación / AC / valor nominal máximo	240 V
Frecuencia nominal de red	50/60 Hz
Tensión de salida	+5V DC, +12 V DC, +15 V DC y 24 VDC
Grado de protección	IP20




The image shows a Siemens LOGO Power 24V DC power supply unit. It is a compact, rectangular device with a grey and blue color scheme. The top panel features an input section labeled 'INPUT AC 100-240V' with terminals for 'L' and 'N'. To the right is the output section labeled 'OUTPUT DC 24V/4A' with terminals for '+', '+', and '-'. The Siemens logo and 'LOGO Power' branding are visible on the front. A '24V 0 K' terminal is located on the right side, and a '22.2 - 25.4V' terminal is at the bottom right. The model number '6EP1132-1SH52' is printed on the bottom left.

4.5.6. Selección de sensor de CO₂ RS485


Se seleccione este tipo de sensor de CO₂ TRANSMISOR RS 485, 4-20mA, alimentado con una tensión de 12 -24 V DC que consta de rangos de 0 - 2000 / 0 – 5000 ppm ya que contiene sensores infrarrojos de gas y sensores de gases químicos donde este equipo permite medir la concentración de CO₂ y una precisión de medición de 250ppm + 5% del valor de lectura visualizadas en la tabla 4.9., que determina las características técnicas importantes del sensor seleccionado para obtener el funcionamiento y resultados adecuados.


Tabla 4.9. Características Sensor de CO₂ transmisor RS485 [32]

DATOS TECNICOS	
Nombre del producto	Sensor de dióxido de carbono
Modelo	HXDZ- CO ₂ -06
Tensión de alimentación	12 – 24 V DC
Método de medición	Detección externa 100 V
Rango de cantidades	0 - 2000 / 0 – 5000 ppm
Resolución	1ppm
Precisión de medición	250ppm + 5% de valor de lectura



Sensor de CO₂ transmisor RS485, 4-20mA





4.5.6.1. Ubicación del sensor de CO₂

En la figura 4.9., se visualiza el interior del invernadero donde iría localizado el sensor, debido a que se ubica en el centro a 1 metro del suelo cerca del generador para obtener la captación más eficaz puesto que garantiza el funcionamiento, por otra parte la potencia del generador no es suficiente para la incorporación y localización del sensor en otro sitio diferente.

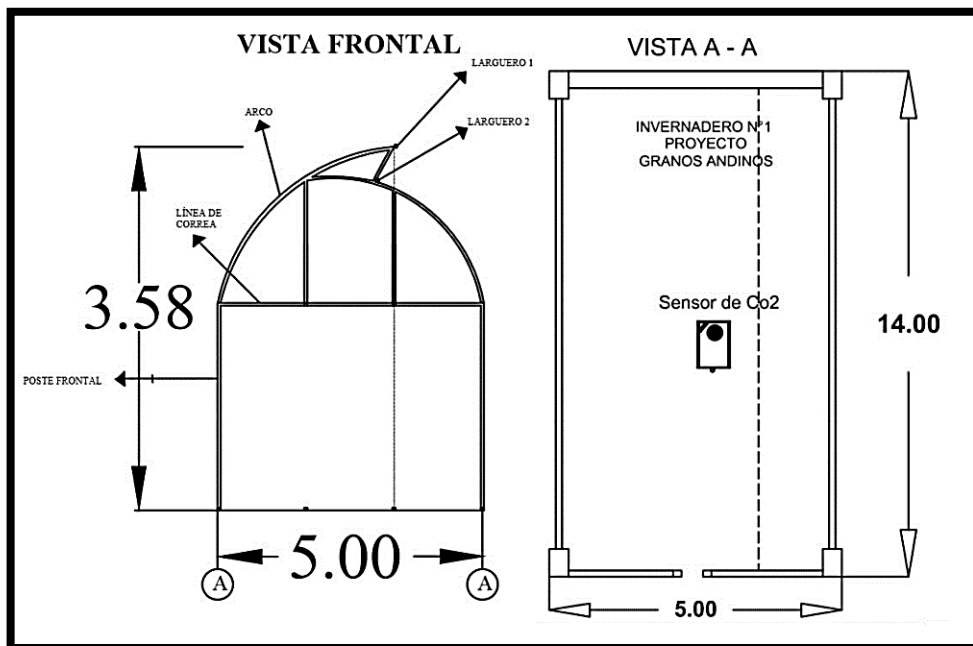


Figura 4.9. Ubicación del sensor de CO₂ [Autores]

4.5.6.2. Conexión de sensor de CO₂

A continuación, se puede ver en la figura 4.10., un sistema monofásico que alimenta a un PLC S7-1 200 y a un fuente de AC / DC lo cual este energiza a los módulos digital y analógico y del mismo modo al sensor de CO₂ con una tensión de 24V, para la obtención de la señal de lectura es mediante la IW118 (entrada 0) del módulo analógico.

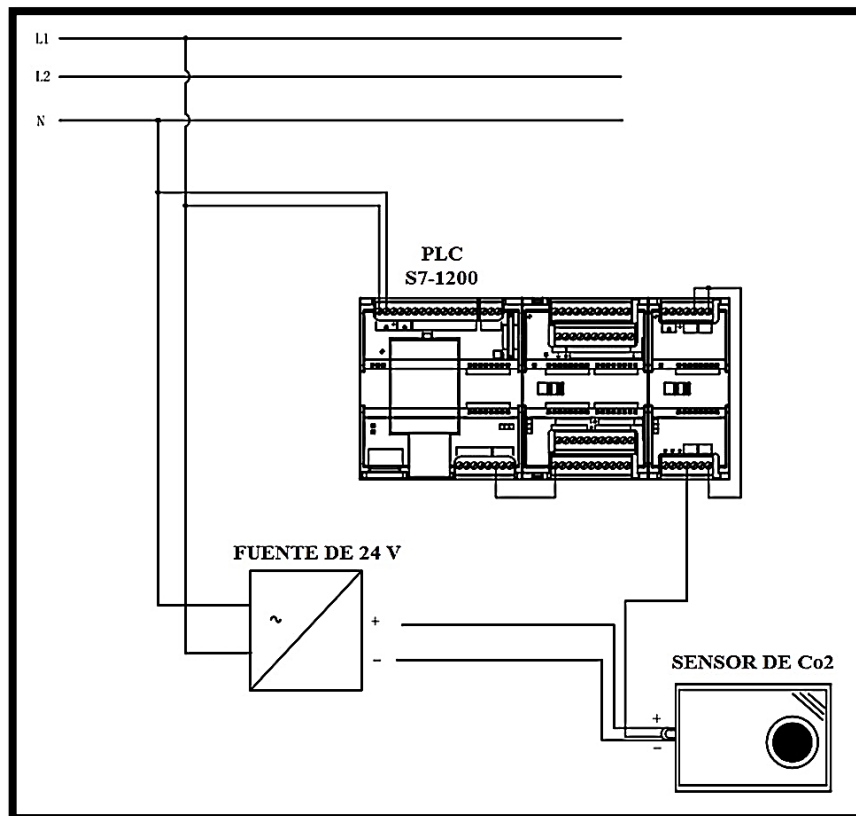


Figura 4.10. Conexión del sensor de CO₂ [Autores]

4.5.6.3. Calibración de sensor de CO₂

En la siguiente figura 4.11., se puede visualizar el proceso de calibración del sensor la cual se lo realizó mediante las especificaciones de fábrica debido a que este sensor tiene un rango las cuales son de 0 a 5 000 ppm como se puede evidenciar en el siguiente sitio bibliográfico[32].



Figura 4.11. Sistema calibrado de CO₂

4.5.6.4. Precisión de sensor de CO₂



El sensor de CO₂ tiene una precisión de 250ppm + 5% del valor de lectura ya que este nivel es óptimo que se tiende a utilizar para el desarrollo del proyecto.


4.5.7. Selección del sensor de pH RS485 4-20 mA

El Sensor de pH RS 485 4-20Ma, se elige por su rango de temperatura puesto que en el interior de invernadero se trabaja a temperaturas de 17° a 29° así como también por su transmisor de alta precisión debido a que tiene una respuesta rápida, así como la salida estable y es el adecuado para varios terrenos.

Puede enterrarse en el suelo durante mucho tiempo ya que tiene una resistencia duradera a la electrólisis además fue diseñado para la corrosión a largo plazo puesto que también está inmerso al vacío y completamente impermeable. Para el equipo seleccionado se muestra en la tabla 4.10., a continuación, las características técnicas para tener una buena precisión en los resultados esperados.

Tabla 4.10. Características Sensor de pH RS485 4-20mA [33]

 Sensor de PH RS485 4-20mA 	
DATOS TECNICOS	
Fuente de alimentación	5-30 V DC
Consumo de potencia máxima	0,5 W
Rango de medición	0-14 pH
Resolución	0,1
Precisión	± 0,3Ph
Temperatura de funcionamiento	-20°C ~ 60°C
Tiempo de respuesta	≤ 10 s



4.5.7.1. Ubicación del sensor de pH

Los sensores se encuentran ubicados en la parte central del invernadero debido que no tiene un punto estratégico, que constituye una extensión de conductor TFFN 3X18 AWG de 8 metros para que se realice las debidas pruebas en distintos lugar en el interior del invernadero como se lo puede visualizar en la figura 4.12.

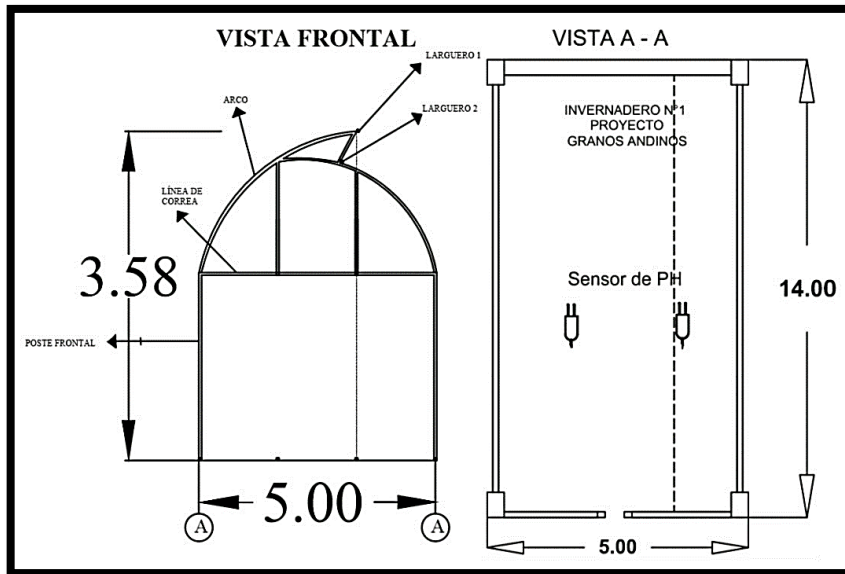


Figura 4.12. Ubicación del sensor de pH [Autores]

4.5.7.2. Conexión del sensor de pH

Para la conexión de sensor de pH, inicialmente consta de un sistema monofásico que energiza a un PLC S7-1 200 y a una fuente AC/DC, donde la fuente alimenta con una tensión de 24V a los módulos, sensores y para obtener la señal mediante las IW120, IW122 (entrada 1 y 2) del módulo analógico de manera que se puede ver en la figura 4.13.

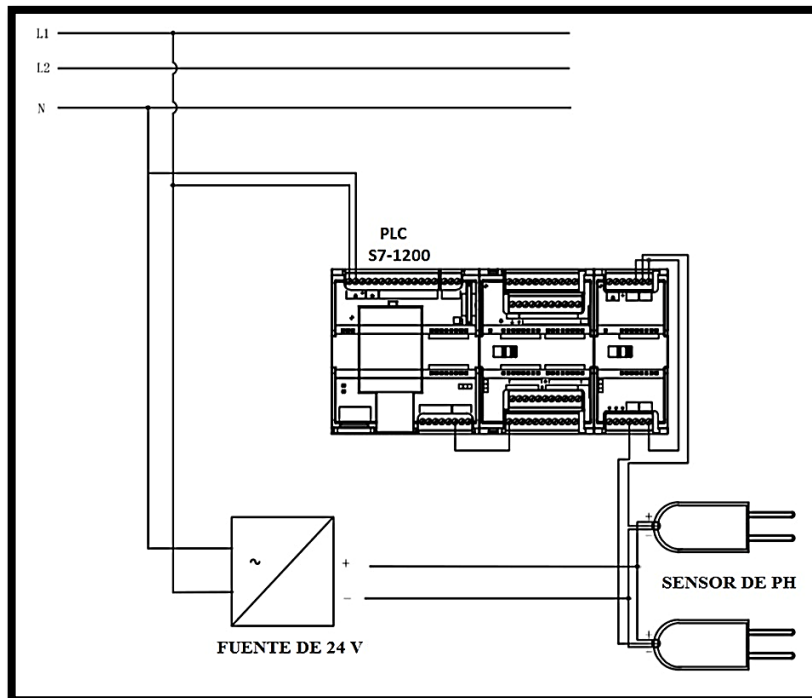


Figura 4.13. Conexión del pH del suelo [Autores]

4.5.7.3. Calibración del sensor de pH

La calibración de los sensores se formalizó por un conjunto de pruebas donde se realizó el proceso de calibración con agua destilada la cual tiene un pH de 5,8 como se puede ver en la figura 4.14. “El agua pura por definición es sutilmente ácida y el agua destilada ronda un pH de 5,8. La razón es que el agua destilada disuelve el dióxido de carbono del viento. Disuelve dióxido de carbono hasta que está en equilibrio dinámico con la atmósfera” [34], y con este método se le ejecutó la debida calibración, donde se evidencio 7 que es un nivel neutro como se puede visualizar en la figura 4.15.

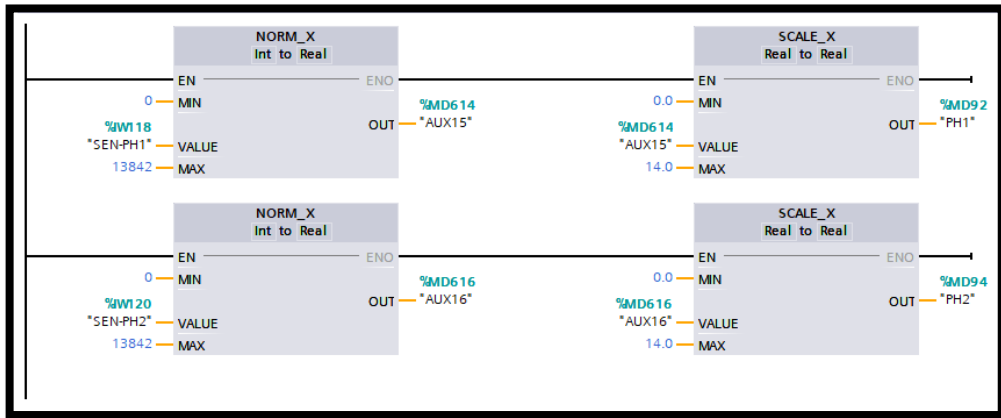


Figura 4.14. Calibración del sistema de pH

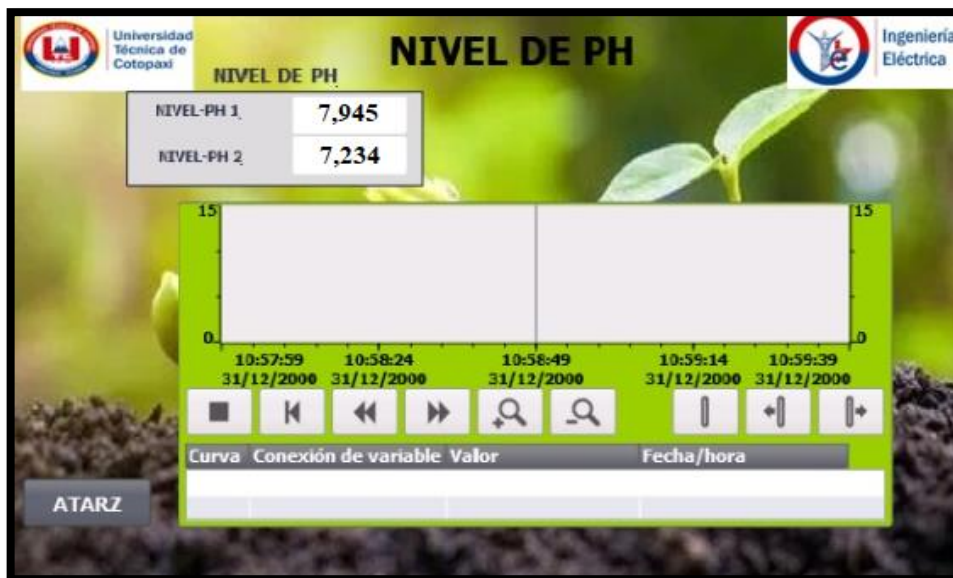


Figura 4.15. Sistema funcionando con un pH neutro

4.6. SELECCIÓN DEL CONDUCTOR

A continuación, se va a conocer la selección de conductores debido a esto se debe realizar algunos procesos que consta de un conjunto de cálculos donde se tendrá en cuenta el calibre, y el nivel de corriente que soportara los elemento que se tiene a continuación: generador, electroválvula, chispero eléctrico, los sensores y el tablero de control.

4.6.1. Selección del conductor para el tablero de control

Para seleccionar el conductor adecuado para el armario eléctrico se tiene en cuenta la corriente total consumida, en este caso el consumo es una corriente de $I = 1,4$ A.

Por lo tanto, se eligió el conductor de cobre 18 AWG TFF máx. 6 amperios, el cual es ideal para ambientes secos y húmedos porque incluye resistencia de aislamiento y rigidez dieléctrica, también por sus propiedades elásticas.

A continuación, en la tabla 4.11., se detallan las características del conductor seleccionado.

Tabla 4.11. Características Conductor 18 AWG [35]

Tipo	Conductor		Espesor Aislamiento	Diámetro Exterior	Capacidad de Corriente
	Calibre	Diámetro			
	AWG	Mm			
TFF	18	1,21	0,76	2,81	6
TFF	16	1,54	0,76	3,14	6
TWK	14	1,96	0,76	3,56	17
TWK	12	2,46	0,76	4,06	23
TWK	10	3,10	0,76	4,70	28

4.6.2. Selección del conductor para el generador

Para la selección de calibre del conductor se toma en cuenta la corriente nominal del equipo a instalarse y sobredimensionar a un porcentaje de 125 según la Ecuación (2).

$$\left(I_n = \frac{P}{V * Fp} \right) \quad (2)$$

Donde:

I_n Es la corriente nominal [A]

P Es la potencia [W]

V Es la tensión [V]

Fp Es el factor de potencia [Fp]

$$I_n = \frac{7,5 \text{ w}}{220 \text{ V} * 0,85} = 0,04 \text{ A}$$

$$I = (0,04)(1,25) = 0,05 \text{ A}$$

El conductor adecuado para la conexión del generador se elige el conductor 2x18 AWG Concéntrico, con una temperatura máxima de 90 C° a 600V, el cual cumple con los cálculos anteriores a continuación, se muestra en la tabla 4.12, las características del conductor seleccionado.

Tabla 4.12. Características Conductor 2x18 AWG [36]

Descripción	Área	Resistencia Eléctrica	Diámetro Total Aprox.	Capacidad de Corriente
	mm ²	Ohm/km	mm	A
CENTELFLEX PLUS TFFN Cu 90°C 2x18 AWG 600V TC SR	0,82	21,4	7	6
CENTELFLEX PLUS TFFN Cu 90°C 2x16 AWG 600V TC SR	1,31	13,5	7,7	8
CENTELFLEX PLUS THWN-2 Cu 90°C 2x14 AWG 600V TC SR	2,08	8,44	8,5	25

4.6.3. Selección del conductor para el módulo del chispero

De la misma forma para la selección de calibre del conductor se toma en cuenta la corriente nominal del equipo.

$$I_n = 0,2 \text{ A}$$

El conductor 2x18 AWG Concéntrico, con una temperatura máxima de 90 C° a 600V, como se muestra en la tabla N° 4.12., es el indicado para la conexión del equipo.

4.6.4. Selección del conductor para la electroválvula

Mediante la ecuación (2) se determina el calibre del conductor teniendo presente la corriente nominal del equipo a instalar.

$$I_n = \frac{P}{V * f_p}$$

$$I_n = \frac{2 \text{ w}}{220 \text{ V} * 0,85} = 0,01 \text{ A}$$

$$I = (0,01)(1,25) = 0,01 \text{ A}$$

En la tabla 4.12, se determina las características del conductor seleccionado.

4.7. TABLERO DE SISTEMA CONTROL SEGÚN LA NORMATIVA NEC CAP 15

Según la normativa NEC CAP 15 Los tableros de distribución son componentes electrónicos de las instalaciones, que se centran en la seguridad y la movilidad o dispositivos de control, que protegerán y operarán la unidad completa o partes y garantizarán una alta seguridad y confiabilidad y seguridad de las personas ocupantes e instalaciones.

Para el montaje de los elementos de conexión de los elementos de control, protección, señalización y distribución para el control de CO₂ y monitoreo de pH, se seleccionó un tablero eléctrico de control de tamaño 70 x 50 x 20 cm donde se encuentra caracterizada el tipo de balero visualizada en la tabla 3.5., además, que se encuentra fabricado en acero portante como se muestra en la figura 4.16.



Figura 4.16. Gabinete de control eléctrico 70 x 50 x 20 IP 65

En la siguiente figura 4.17., se observa el control de sistema manual y automático por medio de pulsadores y de selectores y que al accionar algún elemento mencionados se enciende una luz de información que se encuentra conformado el tablero de control principal.

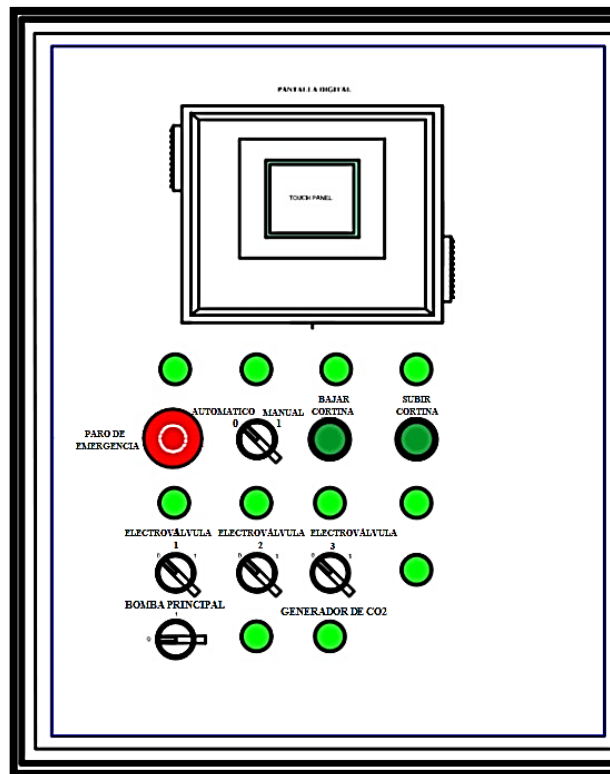


Figura 4.17. Elementos del tablero de control eléctrico

4.8. SIMULACIÓN Y CONEXIÓN EN CADE SIMU

El software CADE SIMU se utilizó para simular un sistema de control de CO₂ y monitoreo de pH, para mostrar el funcionamiento del circuito.

El diagrama unifilar indica las conexiones desde la fuente de alimentación de 127 V / 220 V que conecta al interruptor termomagnético de 6 A, posteriormente se conecta a las entradas del PLC S7-1 200 una tensión de 127 V.

El paro de emergencia se conecta a las salidas Q 0.5 del PLC lo cual protege el circuito de alguna intervención, mientras que las salidas Q 0.3 activa el chispero parte del generador, de igual manera para activar el generador parte de la salida digital Q 9.0, del mismo modo la electroválvula de gas se activa con la salida digital Q 9.1 del PLC, para obtener las lecturas de los sensores de CO₂ y de pH es mediante a las entradas analógicas (0), (1), (2). En la figura 4.18., y 4.19., se observa el diagrama unifilar del control de CO₂ y monitoreo del pH.

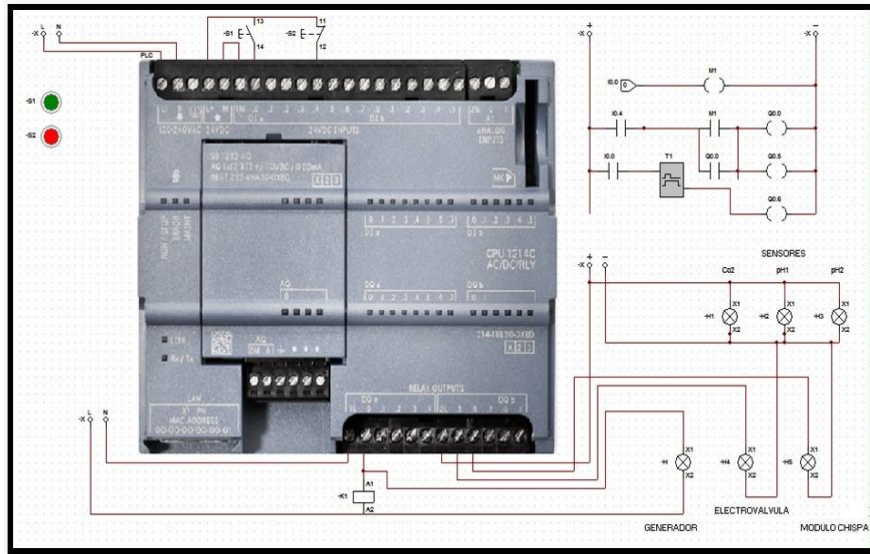


Figura 4.18. Simulación del sistema apagado

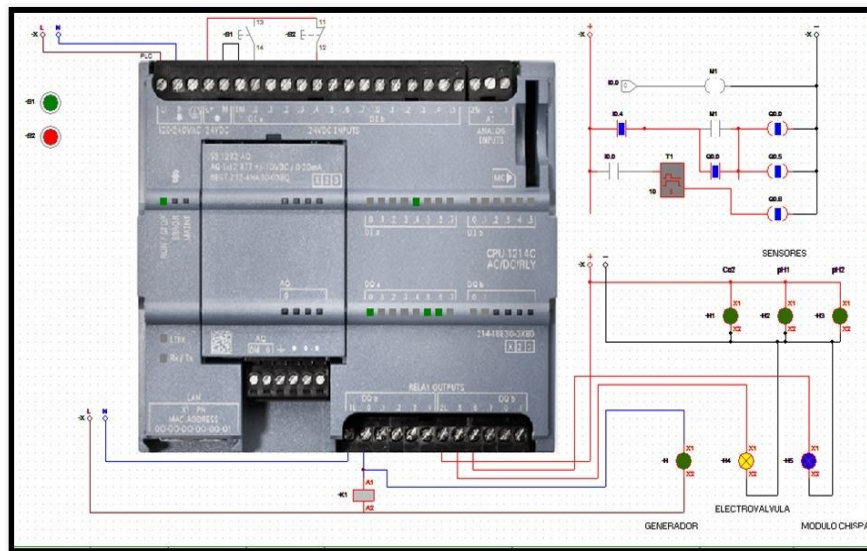


Figura 4.19. Simulación del sistema encendido

4.9. MONTAJE DE EQUIPOS EN EL TABLERO

Para el ensamblaje de equipos de control deben cumplir con los criterios y estándares de diseño, de la misma manera velar por la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las que se encuentran.

La siguiente figura muestra el montaje de sus elementos y la instalación interna del tablero y se puede ver en la figura 4.20.

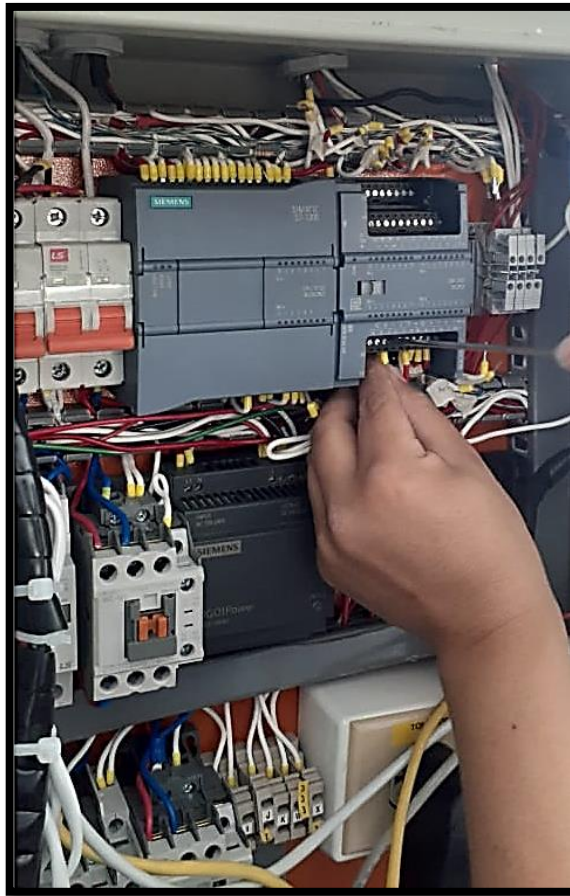


Figura 4.20. Ensamblaje de equipos en el tablero

4.9.1. Pruebas de funcionamiento del sistema de control de CO₂

Una vez terminado el montaje de los equipos permite realizar el control y monitoreo, se realiza sus respectivas pruebas de rendimiento en el que garantice el funcionamiento para el control de CO₂ y monitoreo del pH.

Las pruebas que se realizó son las siguientes:

- Verificar las conexiones mediante el diagrama establecido
- Verificar que no existan daños en los conductores
- Comprobar que no exista continuidad con el tablero

4.10. MONTAJE DE EQUIPOS PARA EL MONITOREO DE PH Y CONTROL DE CO₂

A continuación, se realiza la incorporación de los equipos que conforman el generador de CO₂

4.10.1. Incorporación del generador de CO₂ HotBox en el invernadero

Mediante un estudio del lugar de ejecución de los equipos se procede a la colocación del generador de CO₂ en el lugar adecuado en el interior del invernadero que va a realizar el control correspondiente como muestra la figura 4.21.



Figura 4.21. Ubicación del Generador de CO₂

4.10.2. Incorporación de la electroválvula y cilindro de gas

Para colocar el cilindro de gas se realizó una estructura metálica para protegerlo de las condiciones climáticas, de manera similar a la colocación de la electroválvula se incorporó una caja plástica para protegerlo como se muestra en la siguiente figura 4.22.



Figura 4.22. Ubicación del cilindro de gas y electroválvula

4.10.3. Incorporación de sensores CO₂ – pH al sistema

A continuación, se realiza un análisis de la incorporación, ubicación y conexión de los sensores al sistema de control.

4.10.3.1. Sensor de CO₂ incorporado al sistema

La incorporación del sensor de CO₂ se lo realizó mediante un cableado desde el sistema de control hacia el interior del invernadero ya que el sensor se alimenta con una fuente de 24V, el conductor de la señal está enlazo al módulo analógico que se encuentra en la parte interna del tablero y se puede realizar la respectiva conexión como indica la figura 4.23.

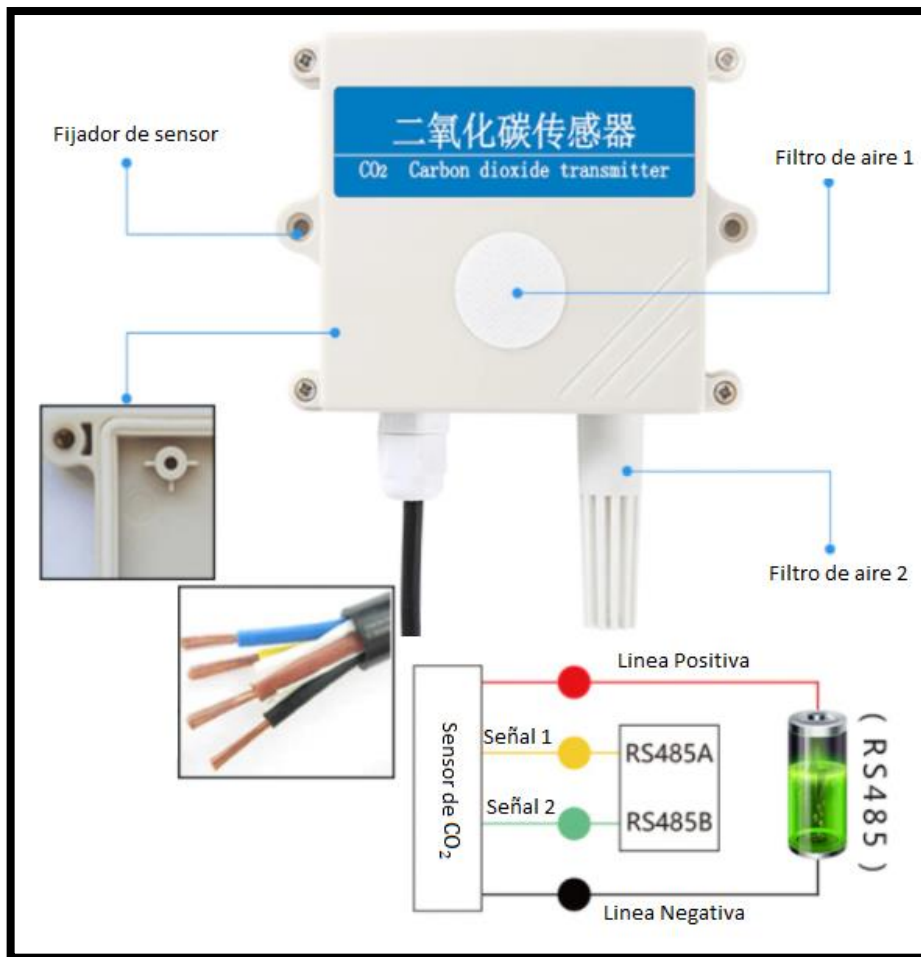


Figura 4.23. Conexión del sensor CO₂ al módulo analógico

4.10.3.2. Sensor de pH incorporado al sistema

La incorporación de sensor de pH al sistema es la cual consta del cableado que está desde el tablero de control hacia la parte interna del invernadero ya que consta de 2 sensores con una alimentación de 24V y un tercer conductor que se trata de la señal enlazado al módulo analógico como se muestra en la figura 4.24.

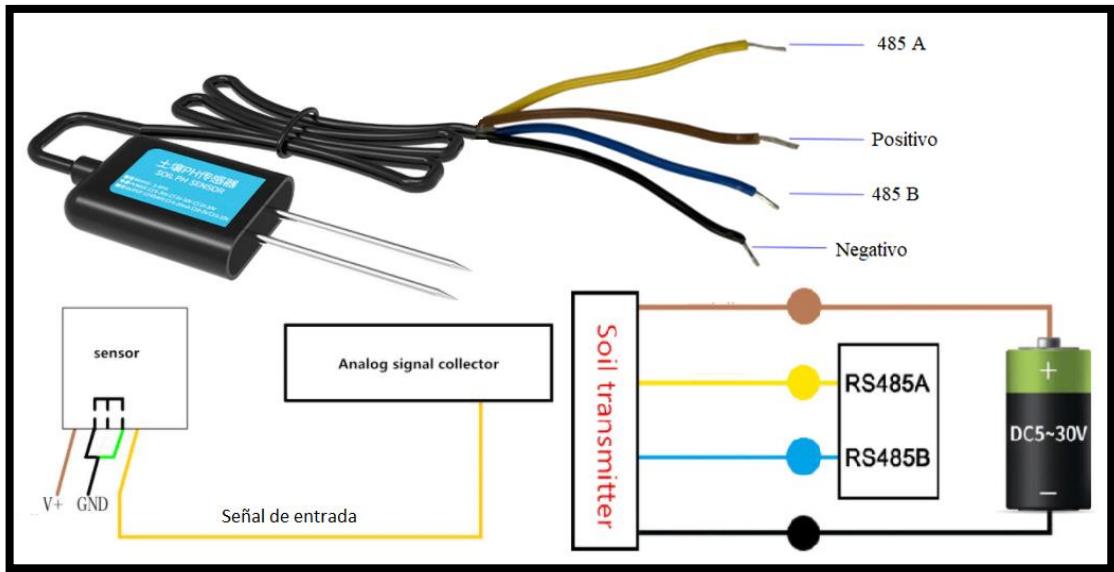


Figura 4.24. Conexión del sensor de pH al módulo analógico

5. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Al investigar el tema tratado, se determina un análisis y discusión del proyecto tecnológico.

5.1. UBICACIONES GEOGRÁFICAS DEL PROYECTO

El proyecto tecnológico se realizó en la Ciudad de Latacunga provincia de Cotopaxi, parroquia Eloy Alfaro Ubicada en el Barrio Salache bajo como se muestra en la figura 5.1.



Figura 5.1. Localización geográfica de la Implementación del Monitoreo de pH y control de CO₂

Mediante la ayuda del programa de Google Earth, se obtuvo los detalles de las coordenadas como se muestra en la tabla 5.1.

Tabla 5.1. Coordenadas del proyecto tecnológico

Ubicación del Proyecto	
País	Ecuador
Provincia	Cotopaxi
Ciudad	Latacunga
Dirección	Barrio Salache bajo
Grados Decimales	Latitud: -0.92699° S Longitud: -78.93285° O
Grados mínimos y segundos	Latitud: 0°59'55" S Longitud: 78°37'25" W
Hemisferio	Sur
Altura sobre el nivel del mar	3047,39 m

5.2. ANÁLISIS DEL SISTEMA PRECEDENTE A LA IMPLEMENTACIÓN

Para empezar, se realiza un análisis antes de la implementación debido a que se va a analizar una gráfica con datos obtenidos, de igual forma las condiciones climáticas que se necesita en la parte interna y externa del invernadero, así como el tipo de estructura que es más confiable para el desarrollo del proyecto.

5.2.1. Adquisición de los datos previo a la implementación

Para el inicio del proyecto es necesario realizar una recolección de datos en un lapso de tiempo, el cual la figura 5.2., muestra datos donde aún no es intervenido el sistema de control de CO₂

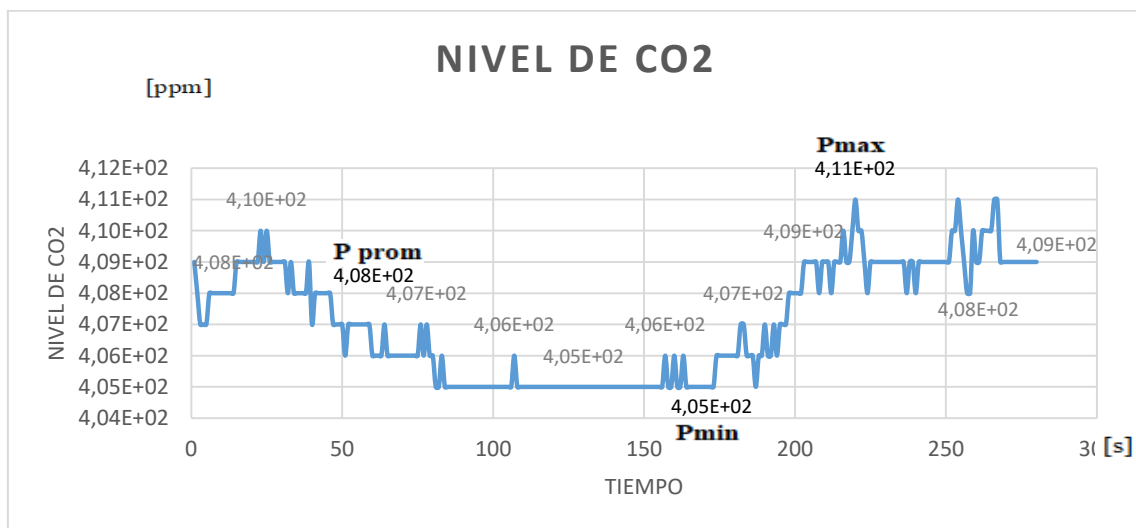


Figura 5.2. Datos de CO₂ antes de sistema implementado

Mediante la gráfica se analizó que el nivel de dióxido de carbono que existe en el ambiente es de 350 a los 400 ppm puesto que esta información fue indagada por métodos bibliográficos y mediante una recolección de datos se evidencio que el sensor capto parámetros de un margen lineal de 409ppm, como puntos máximos de 411ppm y mínimos de 405ppm.

5.2.2. Condiciones para dimensionar los sistemas de CO₂

En el sistema de CO₂ se tiene distintos niveles de condiciones climáticas en las cuales algunas no se pueden aprovechar el 100% de un desarrollo de una planta por otra parte una plántula necesita niveles de dióxido de carbono para un desarrollo más prolongado.

5.2.2.1. Condiciones de CO₂ en invernaderos

Las condiciones necesarias en un invernadero se tratan de un correcto método de ventilación que se usa para el sistema de generación de CO₂ debido a que exista una buena circulación de aire por el interior del invernadero buscando obtener mejores resultados para el desarrollo de la planta, así como también un mejor resultado de la implementación en los invernaderos.

5.2.2.2. Condiciones del clima

Para el sistema de CO₂ se tiene distintas condiciones en un invernadero las cuales son 4, la mañana, mediodía, tarde y la noche.

Las condiciones más recomendables para la generación de CO₂ es en el medio día debido a que en esta condición climática se tienen un nivel de luminosidad intensa o máxima, que permite mejorar el nivel de desarrollo de una planta.

5.2.2.3. Condiciones de la infraestructura

Las condiciones más adecuadas de una infraestructura para un invernadero se tratan de una estructura tipo capilla ya que tiene un beneficio particular la cual se trata en que el sistema es semicircular caracterizada por estar cubierta de plástico y de este sistema es casi imposible escaparse el gas dióxido de carbono ya que tiene una circulación de aire por el interior del invernadero.

5.3. PROGRAMA TÍA PORTAL V15

Este es un software muy interesante que se utilizó para programar los sistemas de control automático y anual para el generador de CO₂ y monitoreo del pH.

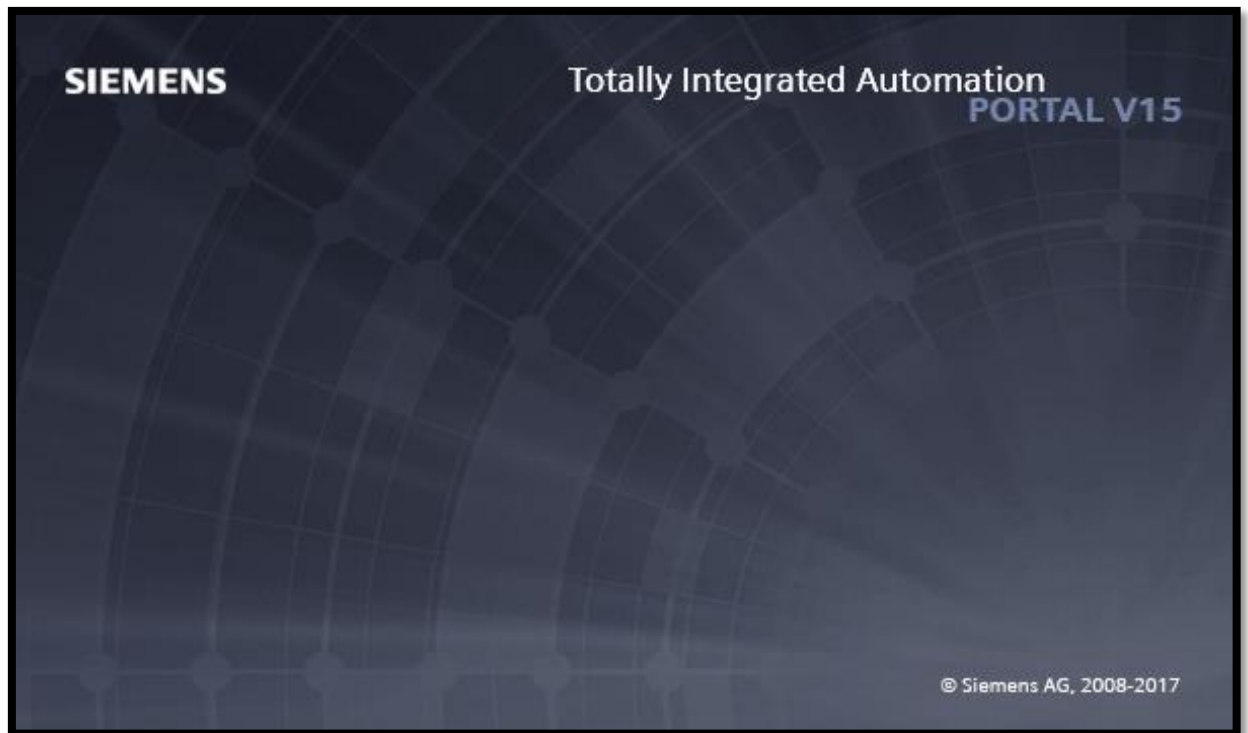


Figura 5.3. Programa TIA PORTAL V15

5.4. ANÁLISIS DE RESULTADOS OBTENIDOS

Una vez aplicadas las herramientas de información, se realizará el análisis correspondiente, que será el análisis que indique la finalización de la investigación preliminar.

5.4.1. Obtención de datos del sistema de control de CO₂

La adquisición de datos permite a los estudiantes de agronomía monitorear constantemente el suelo, así como controlar el CO₂ requerido para la plántula, lo que permite la creación de diferentes tipos de entornos para pruebas al aire libre en el invernadero.

Para monitorear continuamente los indicadores de monitoreo de pH y control de CO₂, se deben seguir los siguientes pasos.

- Tener un cable de red que se conecta en el ordenador del usuario quien va a adquirir los datos a nuestro router que existe en el tablero de control.



Figura 5.4. Conexión de router al ordenador

- Ingresar al navegador Chrome recomendado ya que es un navegador compatible para realizar el proceso de recolección de datos, en la barra de navegación ingresar IP **10.10.11.135** donde se abrirá la ventana del PLC S7-1 200.

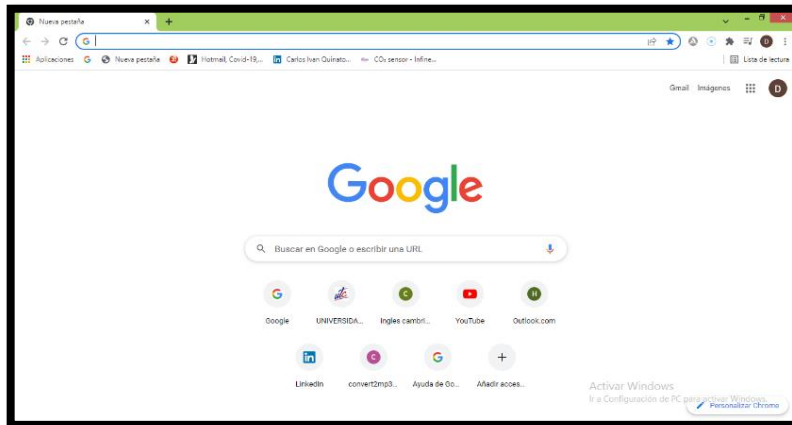


Figura 5.5. Ingreso de la IP 10.10.11.135

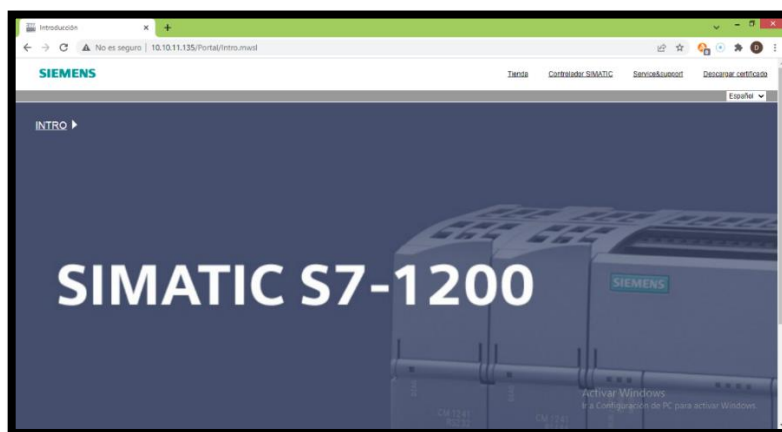


Figura 5.6. Pantalla de operación SIEMENS

- Seleccionar en el botón INTRO y a sí mismo es como se dirige a otra pantalla donde se debe seleccionar el Navegador de archivo.

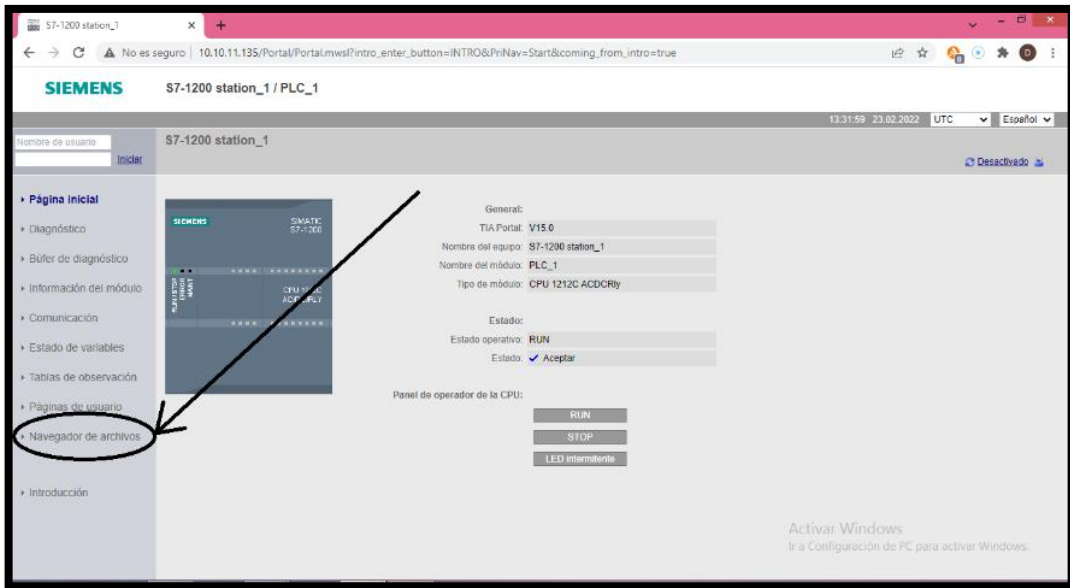


Figura 5.7. Ingreso a los archivos

- Seleccionar la carpeta Data Log que dirige a otra carpeta con los datos que se requiere adquirir, en este caso en monitoreo del pH y control de CO₂.

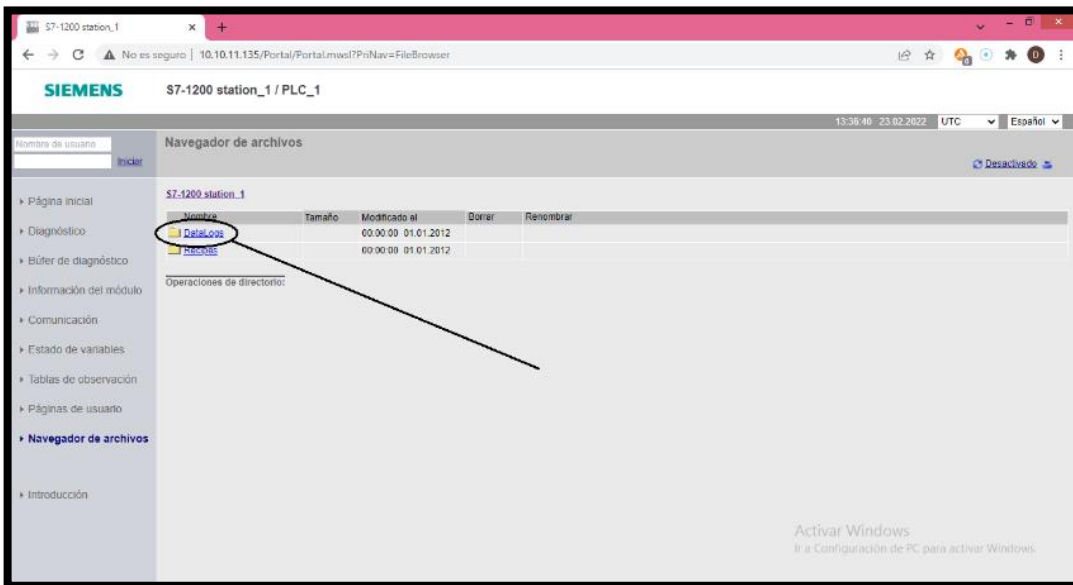


Figura 5.8. Pantalla de ingreso a la carpeta Data Log

- Una vez ingresado a la carpeta Data Log, se selecciona la carpeta de Datos para finalmente empezar la descarga de los datos requeridos.

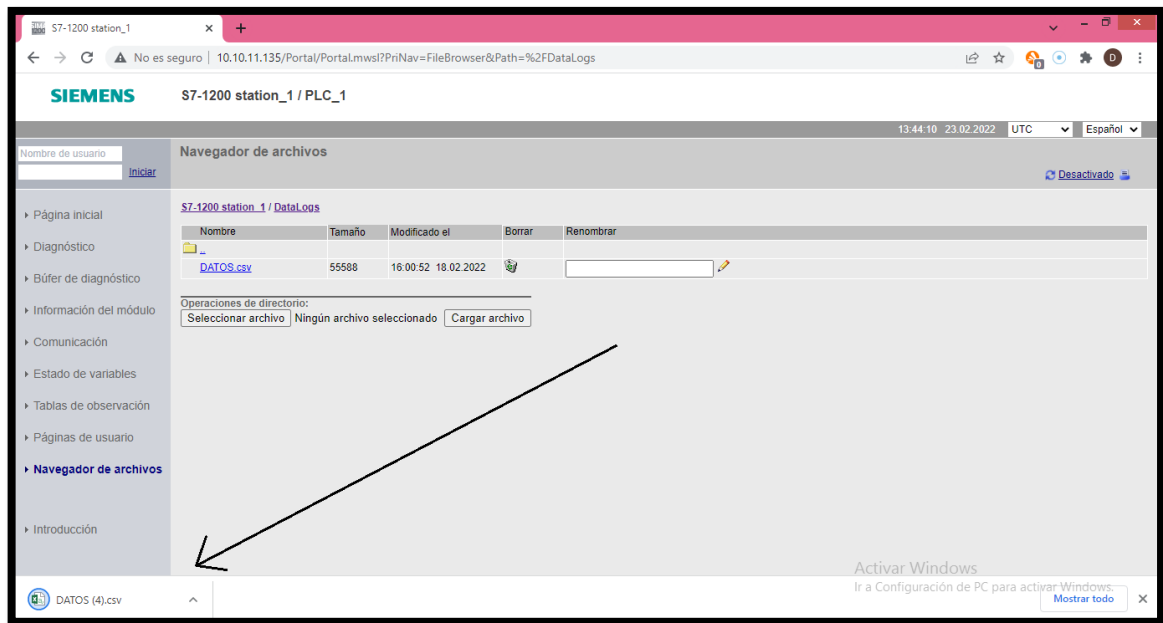


Figura 5.9. Descarga de datos

5.4.2. Diagrama de flujo del sistema de control de CO₂

Es importante demostrar el flujo de trabajo del proceso utilizado para controlar la generación de CO₂ de forma manual y automática.

5.4.2.1. Diagrama de flujo del sistema de control de CO₂

El diagrama de flujo permite que el sistema de control de CO₂ se activa de dos formas diferentes, en la parte manual el operador se encarga del encendido y apagar el generador mientras que en la parte automática trabaja con niveles Máximo y mínimo de dióxido de carbono dependiendo de las necesidades del operador.

En el ANEXO II, se observa el diagrama de flujo del sistema de control de CO₂.

5.4.3. Función de transferencia en función de la base de datos

Para el desarrollo del presente proyecto se requiere la obtención de la función de transferencia que determina el comportamiento de la planta, que consiste en colocar un valor a la entrada, observando el comportamiento de la salida de la planta, para de esta forma, y con la utilización de la herramienta System Identification de Matlab determinar una función de transferencia que describa con mayor aproximación el funcionamiento de la planta[38].

La función de transferencia obtenida por la adquisición de datos para sistemas continuos estables, todos sus polos deben tener partes reales negativas obteniendo un sistema estable ya que los polos son negativos, es decir, se encuentran en la mitad izquierda del plano complejo visualizada en la figura 5.10.

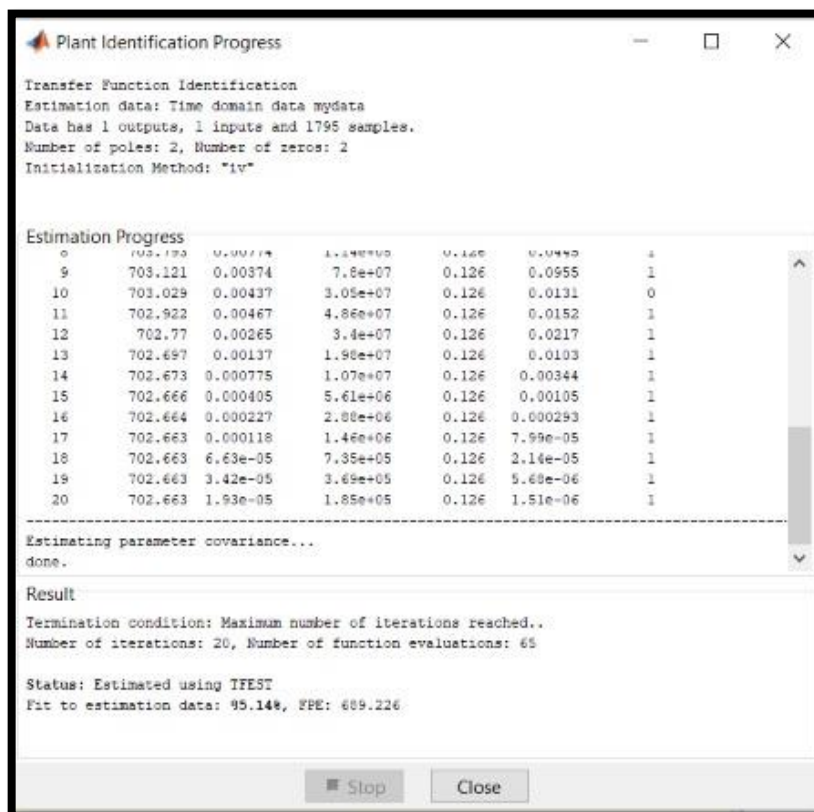
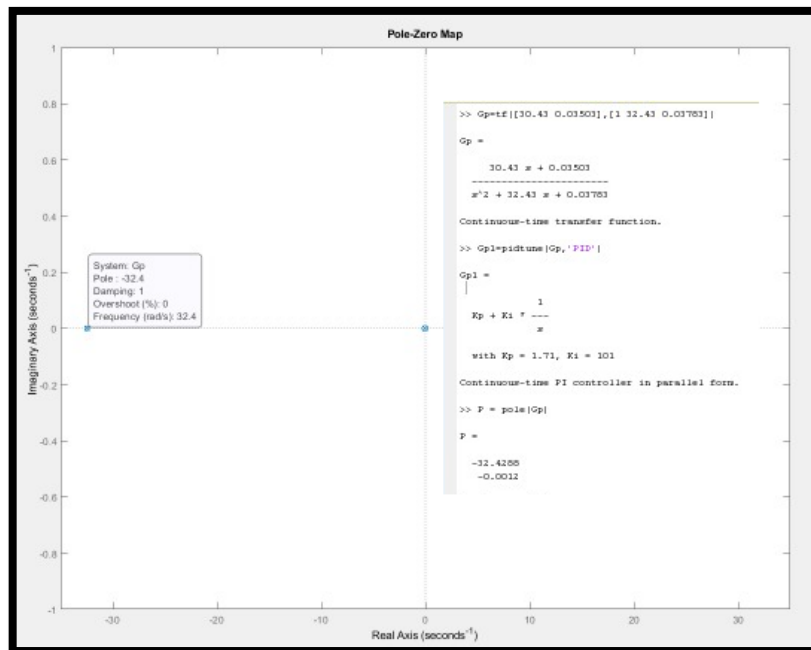


Figura 5.10. Diagrama de flujo del funcionamiento del sistema

5.4.4. Modelo utilizado en la planta

Mediante los datos adquiridos de entrada y salida y con la ayuda de la herramienta de Matlab se obtuvo el modelo de la planta como se muestra en la figura 5.11.

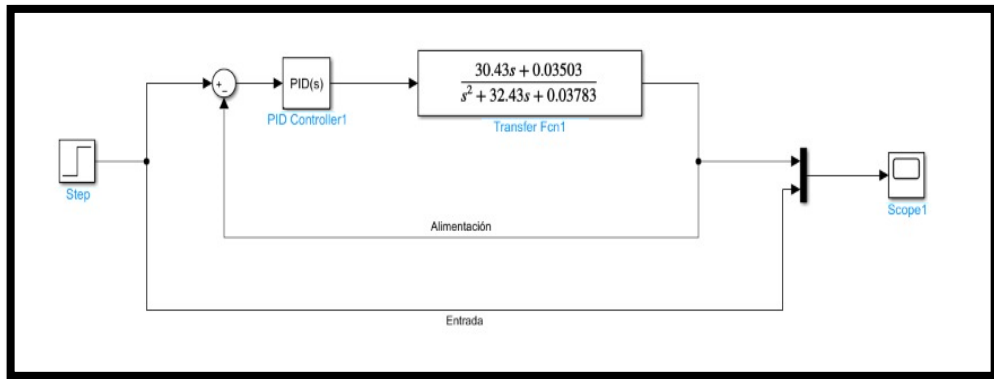


Figura 5.11. Modelo de la planta

5.4.5. Estabilidad del sistema de control de CO₂

El proyecto consta de un sistema ON/OFF por lo cual se busca la estabilidad del sistema con la ayuda de la herramienta Matlab en el que se desarrolla un diagrama de bloques con la utilización de un sistema PID para obtener una gráfica que indica la estabilidad del sistema como se observa en la figura 5.12.

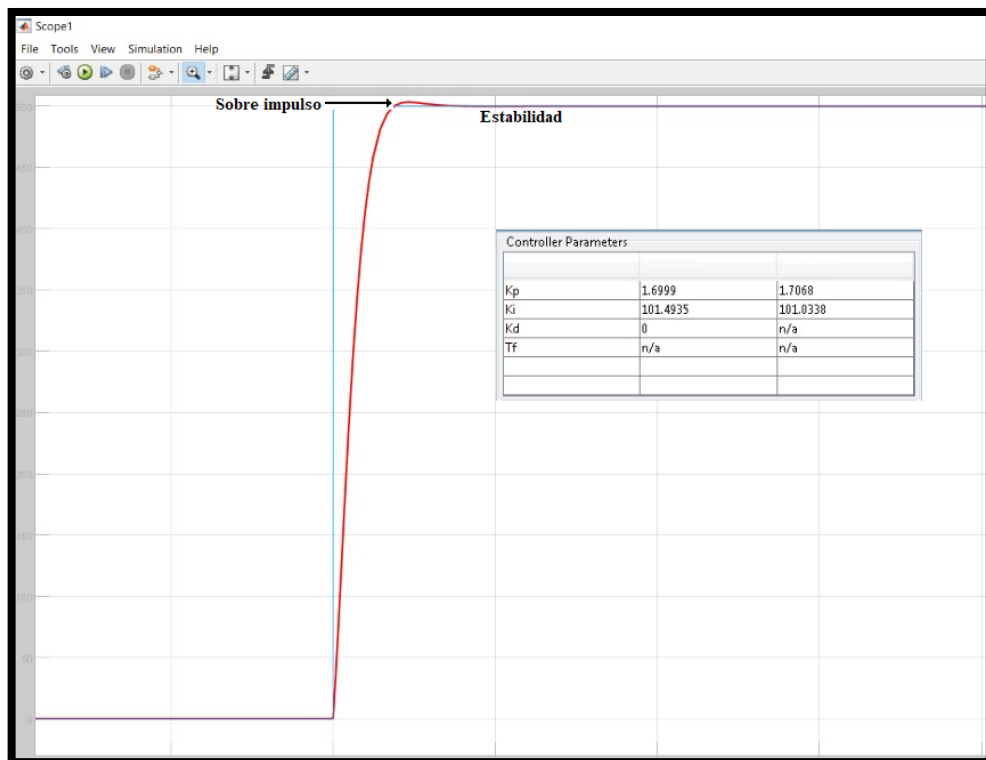


Figura 5.12. Gráfica de la estabilidad del sistema con la utilización de PID

5.4.6. Tabla de variables

En la siguiente tabla 5.2 se detalla las de entrada y salida de los elementos incorporados la misma que se encuentra en el interior del sistema programable y por medio está compuesto el sistema de control.

Tabla 5.2. Tabla de variables

VARIABLES DE PLC	
Sensor de pH 1	IW 118
Sensor de pH 2	IW 120
Sensor de CO ₂	IW 122
Datos pH1	MD 92
Datos pH2	MD 94
ON / OFF Generador	M 7.5
ON / OFF Generador Automático	M 9.0
Activar generador	Q 9.0
Generador HMI	M 7.4
Electroválvula a generador	Q 9.1
CO ₂ – Max	MD 710
CO ₂ – min	MD 720
Activar chispero	Q 0.3
Datos de CO ₂	MD 620

5.4.7. Toma de datos del registro de monitoreo del pH

El monitoreo del nivel del suelo censados por los sensores de pH arroja datos iniciales el cual se representa en la siguiente grafica 5.13.

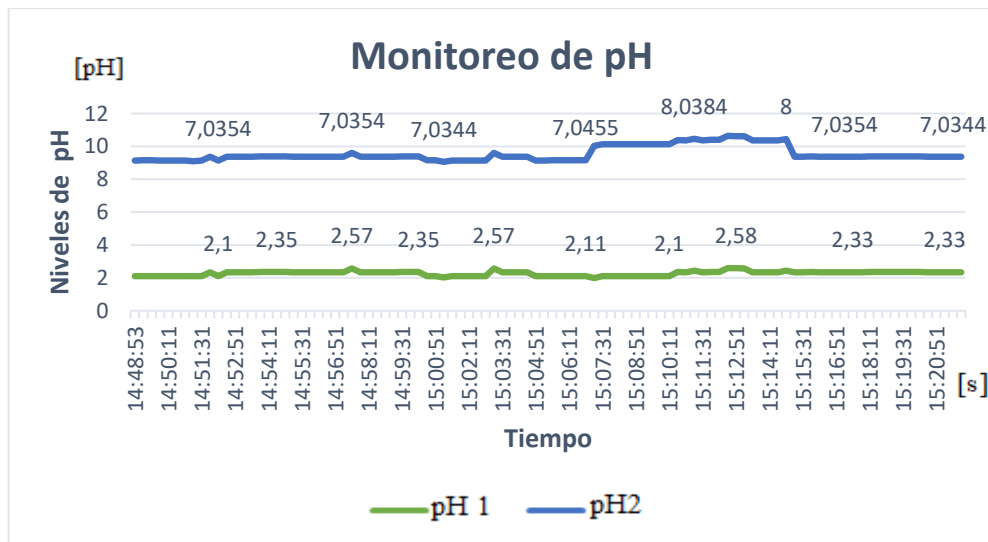


Figura 5.13. Gráfica del monitoreo del suelo

En la gráfica 5.13., la línea muestra el monitoreo del suelo en el que la línea de color azul corresponde al sensor pH1, con una lectura de 2,13 perteneciente al grupo 1 de ácidos fuertes

mientras que la línea de color tomate corresponde al sensor pH2 con una lectura de 7,34 perteneciente al grupo 4 de ácidos muy débiles.

A continuación, en la gráfica 5.14., se muestra el monitoreo en tiempo real del suelo.



Figura 5.14. Gráfica del sistema actual

Como resultado en la figura 5.14., existe dos sensores de pH uno esta como prueba introducido en el suelo y el otro no, de este modo se puede visualizar que el sensor 1 se tiene como resultado una lectura de 8,640 pH, el cual indica que está en el grupo IV que son Ácidos muy débiles en el sistema, por otro lado el sensor 2 marca una lectura de 0,037 pH, esto demuestra que no marca ningún valor debido a que no está en el interior del suelo y por medio de esto se puede evidenciar el funcionamiento del monitoreo del nivel del suelo.

5.4.8. Toma de datos del registro del control de CO₂

Para el control de CO₂ lo cual se obtiene mediante el sensor, el cual permite visualizar la lectura de datos y controlar el sistema de forma automática y manual, en la gráfica 5.15 se muestra el comportamiento de la generación de dióxido de carbono durante un tiempo determinado.

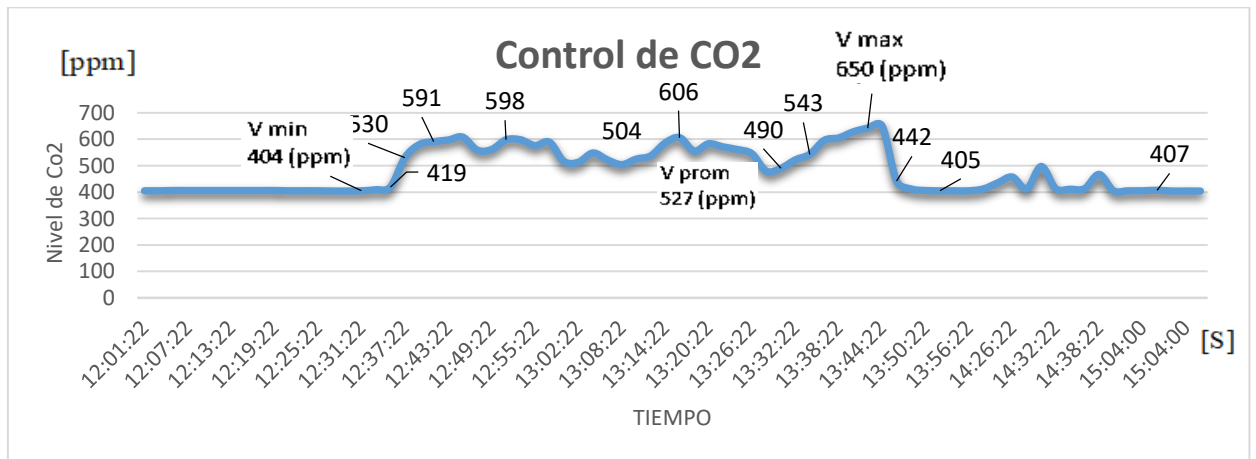


Figura 5.15. Control de CO₂

Se puede observar las curvas del comportamiento del CO₂ generado, es importante conocer que para tener una mejor concentración de dióxido de carbono se debe de realizar durante días soleados ya que permite tener una gran elevación de concentración, en cambio en días nublados o con lluvia no se tiene el mismo resultado, ya que no se obtiene iguales beneficios a comparación con días soleados.

Mediante la obtención de datos se puede realizar un análisis del sistema que se tiene valores de la concentración de dióxido de carbono que son: 404 ppm como un nivel mínimo que existe en el ambiente, un valor de 650 ppm como un nivel máximo generado, y consiguiente se tiene un valor de 527 ppm como un nivel promedio entre los niveles máximos y mínimos del sistema de control de CO₂.

5.5. OPERACIÓN DEL SISTEMA DE MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂

El sistema es compuesto por una pantalla principal donde encontraremos un botón digital con el nombre de MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂ cómo se observa en la figura 5.16.



Figura 5.16. Pantalla principal

Al seleccionar el botón digital de monitoreo de pH y control de CO₂ no dirige a otra sub pantalla como se muestra en la figura 5.17. Ahí podemos elegir el tipo de sistema que se requiere en este caso se tiene tres botones digitales que llevan a diferentes sub pantallas.



Figura 5.17. Pantalla sub principal

El primer botón digita se encuentra con el control manual del generador de CO₂ en el que se observa un botón encendido / apagado, la lectura de la concentración, así como también con el segundo botón llamado control automático que se dirige a otra sub pantalla como muestra la figura 5.18, además incluye de otro botón llamado curva que permite mostrar el proceso, así como la verificación de la concentración de dióxido de carbono en el interior del invernadero como muestra la siguiente figura 5.19., y finalmente se tiene un tercer botón el cual muestra una pantalla del monitoreo de pH.

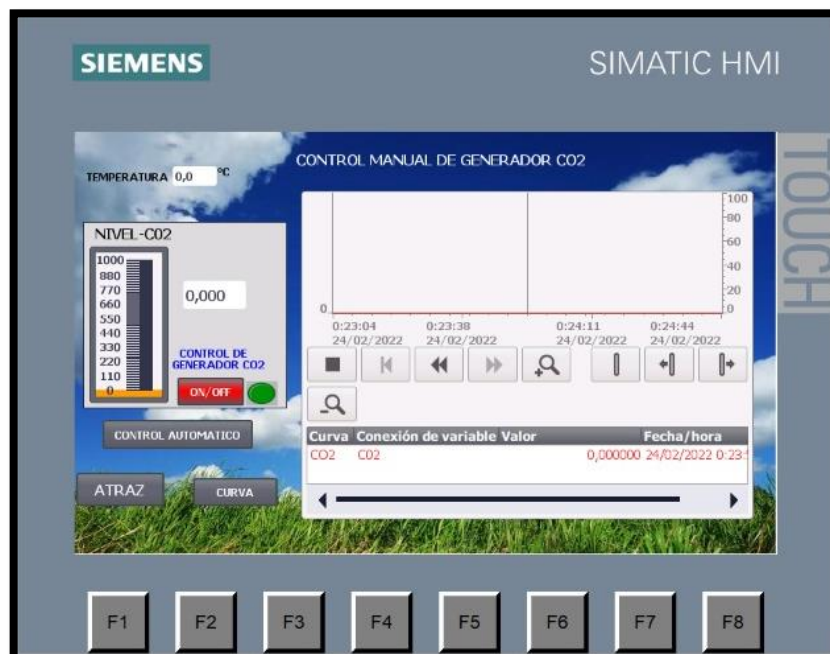


Figura 5.18. Pantalla sub principal del control manual

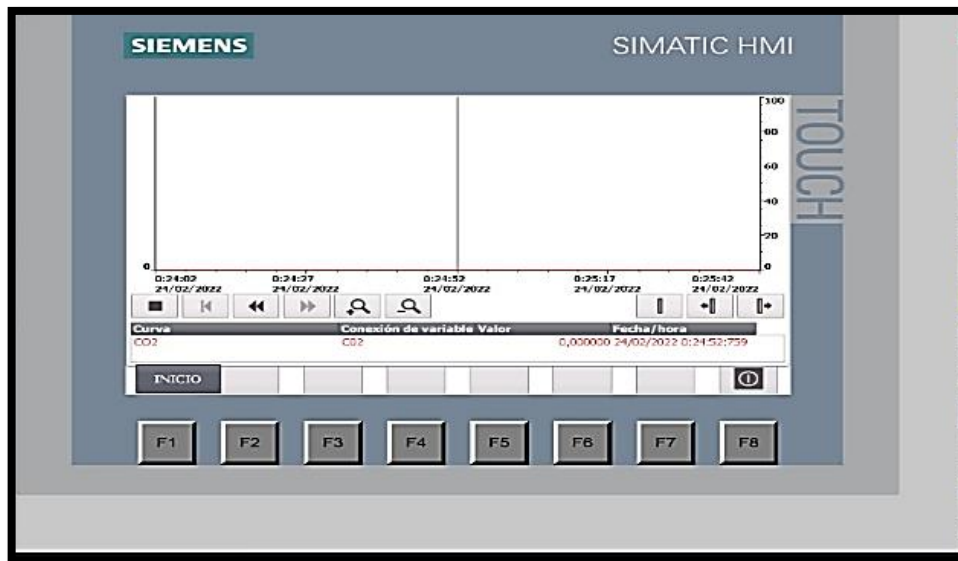


Figura 5.19. Pantalla sub principal de la curva del control manual

El segundo botón digital con el nombre CONTROL AUTOMÁTICO DEL GENERADOR DE CO₂ la cual dirige a una sub pantalla como se observa en la figura 5.20., en el que encontramos de igual manera un botón de encendido / apagado, lectura de la concentración de dióxido de carbono, parámetros en donde se debe de ingresar valores mínimos y máximos, un botón llamado curva que muestra el comportamiento de este y también un botón llamado control automático donde dirige hacia la sub pantalla del mismo.

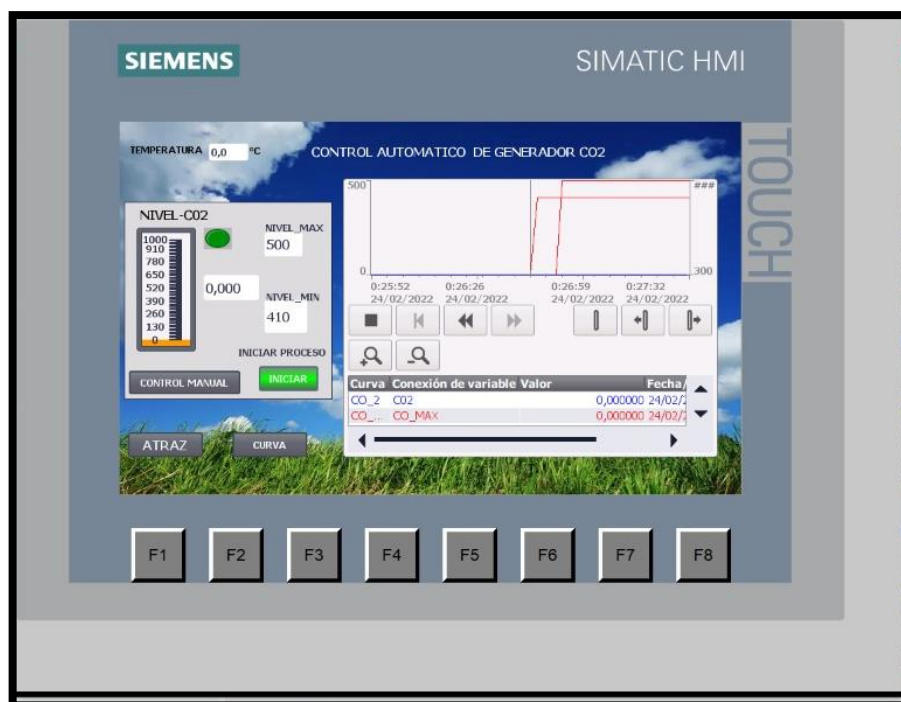


Figura 5.20. Pantalla sub principal del control automático del generador de CO₂

En el tercer botón digital con el nombre MONITOREO DE NIVEL DE pH dirige a otra sub pantalla como se ve en la figura 5.21., el cual se encuentra los indicadores numéricos de monitoreo del nivel del suelo y una gráfica que indica de la misma manera el nivel que marca el sensor.

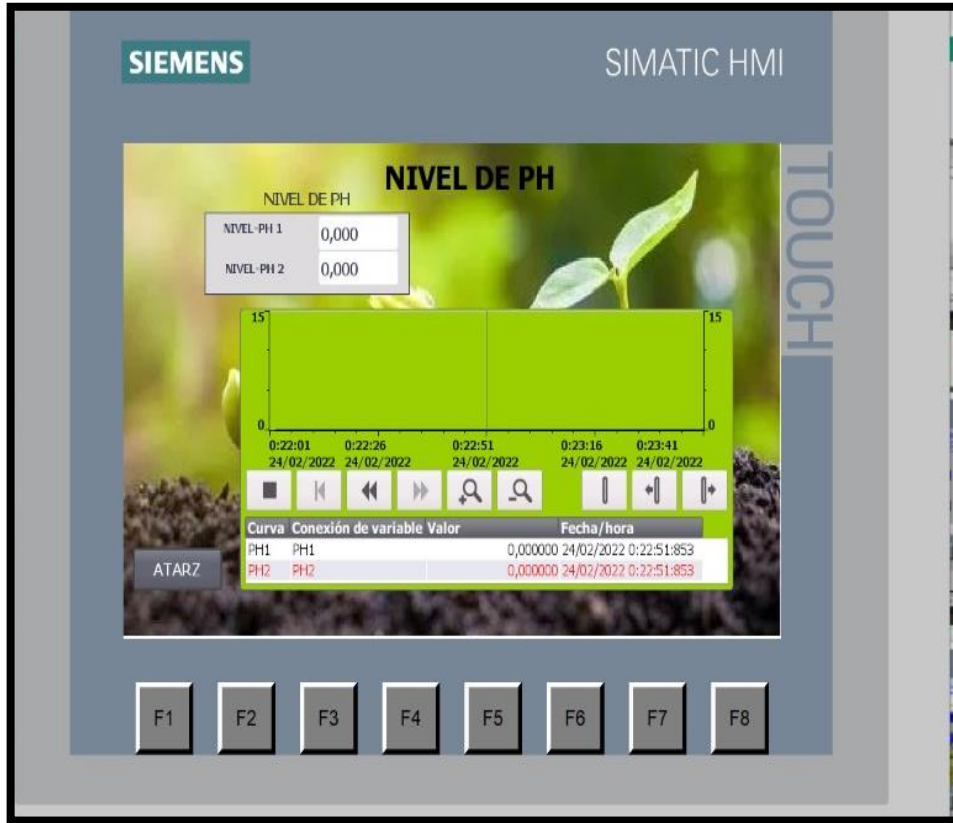


Figura 5.21. Pantalla sub principal del monitoreo del pH

5.6. PRESUPUESTO Y ANÁLISIS DEL IMPACTO ECONÓMICO

En la tabla 5.3., y 5.4., se detalla el presupuesto de la implementación del monitoreo de pH y control de CO₂ y del mismo modo los elementos que integran el tablero de control, lo cual se puede evidenciar los elementos adquiridos e implementados en la propuesta tecnológica la misma que se puede visualizar en dichas tablas la cantidad, el precio unitario y el monto total de cada uno de los dispositivos utilizados con el fin de obtener lecturas de los niveles del suelo así como un control de la generación de dióxido de carbono.

Tabla 5.3. Presupuesto de la implementación del monitoreo de pH y control de CO₂

GASTOS DEL MONITOREO DE PH Y CONTROL DE CO₂			
DESCRIPCIÓN	CANTIDAD	PRECIO UNITARIO (\$)	PRECIO TOTAL (\$)
Luz Piloto	1	2	2
Sensor de CO ₂	1	130	130
Sensor de pH	2	115	230
Generador de CO ₂	1	498	498
Electroválvula de gas	1	125	125
Válvula doméstica de gas	1	30	30
Manguera industrial de gas	10	0,95	9,5
Estructura para el generador de CO ₂	1	10	10
Estructura para el cilindro de gas	1	50	50
Caja plástica para la electroválvula	1	15	15
TOTAL			1 099.5

Tabla 5.4. Presupuesto del tablero de Control

GASTOS DE LA CONEXIÓN DE LOS EQUIPOS			
DESCRIPCION	CANTIDAD	PRESIO UNITARIO (\$)	PRESIO TOTAL (\$)
Contactador	1	15	15
Breaker	1	9	9
Módulo digital AM1223 DC/RLY	1	425	425
Módulo Analógico SM1231, 8al.	1	450	450
Conductor # 18 AWG	10	0,4	4
Conductor CENTELFFLEX PLUS TFF 2x18 AWG	60	0,9	54
TOTAL			957

En la tabla 5.5., se puede evidenciar un presupuesto final en donde se realizó una suma de los equipos adquiridos y elementos que se utilizó para la implementación de control de pH y monitoreo de **CO₂** obteniendo como presupuesto del proyecto correspondiente a **2 056,5 (\$)**.

Tabla 5.5. Presupuesto final del tablero de Control

GASTOS TOTAL PARA EL MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂	
DESCRIPCION	PRESIO TOTAL (\$)
GASTOS DEL MONITOREO DE PH Y CONTROL DE CO ₂	1 099,5
GASTOS DE LA CONEXIÓN DE EQUIPOS PARA EL MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO ₂	957
TOTAL	2 056,5

5.7. IMPACTOS DEL SISTEMA DE MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂

5.7.1. Impacto Tecnológico

Al implementar el monitoreo del pH y el control de CO₂, conduce a un aumento positivo en el rendimiento de las plántulas, mejorando la condición del invernadero, al hacer este estudio, no solo puede monitorear el nivel del suelo, sino también controlar la generación de dióxido de carbono mediante la parte automática y manual.

5.7.2. Impacto Económico

El impacto económico es en base al monitoreo de pH y control de CO₂ el cual coincidimos en que la inversión es alta sin embargo con la ayuda de los equipos adquiridos e implementados se obtiene un resultado positivo para mejorar la agricultura bajo invernadero.

5.7.3. Impacto Ambiental

Incidir en la propuesta de ingeniería es crucial para el principio de un sistema de monitoreo y control del invernadero, por lo que controlar las variables que forman parte del entorno permite registrar con precisión la mejora de las plantas, en este caso se puede decir que cuanto más control climatológico se puede obtener, la variabilidad dará lugar a mejores rendimientos de los plántulas.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1. CONCLUSIONES

La investigación es limitada debido a que no existen muchos proyectos a nivel nacional y pocos en el extranjero y por tanto la información se encontró en sitios web, tesis y artículos.

La implementación del sistema de monitoreo del suelo y control de CO₂ consiente en obtener un mejor manejo de las condiciones climáticas que existe en el interior del invernadero permitiendo alcanzar un mejor desarrollo en las plántulas.

El sistema de monitoreo de pH y control de CO₂ según, la investigación menciona que es un proyecto eficaz para mejorar el crecimiento de una planta.

El dióxido de carbono no es eficiente cuando existe mucho flujo de aire y también cuando existe fugas en el invernadero debido a que se escapa hacia el ambiente y lo que se requiere es que se concentre en el interior.

El proceso para la generación de CO₂ se desarrolla con respecto al tiempo y el clima, además se maneja a valores mínimos de 420 ppm y en un lapso de tiempo de 10 minutos se puede generar hasta los 500 ppm, en cambio para generar a valores máximos de 1 000 ppm el tiempo es más prolongado debido a que se demora en la concentración en el interior del invernadero.

El sistema implementado permite llevar un control de ambiente y un monitoreo del suelo, a través de una tabla de datos obtenidos en tiempo real que indica el comportamiento del sistema mediante una gráfica.

6.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda que se debería crear artículos científicos donde exista más información de calidad debido a que esta investigación servirá como guía para los futuros proyectos que se instalará en el país o en el extranjero.

Se recomienda utilizar un generador de CO₂ más grande debido a que el sistema implementado es una versión de prueba y por lo tanto un sistema de generación de dióxido de carbono de alta potencia se puede tener mejores resultados.

Es recomendable realizar el mantenimiento preventivo del generador de CO₂ y sensores dos veces al año para garantizar su buen funcionamiento de los equipos instalados.

Se recomienda que para el uso del sistema implementado sea utilizado en horas con más cantidad de sol ya que es una condición climática adecuada para la concentración de CO₂ y esta tendrá un mayor beneficio para la plántula que exista en la parte interna del invernadero.

Es recomendable que el invernadero esté completamente cerrado y que no exista la presencia de personas en el interior del invernadero al momento de encender el generador de CO₂, ya que puede causar riesgos de vida a las personas debido a concentraciones elevadas de dióxido de carbono.

7. BIBLIOGRAFÍA

- [1] J. E. Baron Alarcón and D. F. Pérez Orozco, “Invernadero de riego y temperatura controlado remotamente desde la web basado en tecnologías móviles,” p. 210093, 2017.
- [2] E. M. Barrerra, R. V. Herrero Niño, and A. R. Mera Garcia, “Invernaderos Inteligentes,” *Esc. Super. Ing. Mec. y Electr.*, p. 103, 2014, [Online]. Available: [https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14050/1/INVERNADERO INTELIGENTE.pdf](https://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14050/1/INVERNADERO_INTELIGENTE.pdf).
- [3] C. Panchi toledo, “Diseño e implementac1on de un sistema de control de Co2 en tiempo realzara una zona específica de invernaderos en la empresa hilsea investments ltd.,” 2001.
- [4] A. D. Gordo Ruiz, “Desarrollo e implementación de un Invernadero automatizado con cultivo hidropónico y aplicación móvil para el seguimiento de datos,” 2017.
- [5] HotboxInternational, “Generador de CO2,” 2022. <https://www.hotboxworld.com/product/generador-de-co2>.
- [6] R. Barrazueta, “Implementación de invernadero con sistema de control y monitoreo inalámbricos 424.16.9,” p. 197, 2016, [Online]. Available: <https://zaguan.unizar.es/record/58019/files/TAZ-TFG-2016-4838.pdf>.
- [7] INTAGRI, “Inyección de Dióxido de Carbono (CO2) en invernadero,” 2017, p. 3, 2017, [Online]. Available: [https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/inyeccion-de-bioxido-de-carbono-\(CO2\)-en-invernadero](https://www.intagri.com/articulos/horticultura-protegida/inyeccion-de-bioxido-de-carbono-(CO2)-en-invernadero).
- [8] W. Andrade Gutierrez, “Prototipo De Una Red Sensorial Inalámbrica (Wsn) Para La Medición Del Nivel De Co2 En La Ciudad De Ambato,” *Estudent*, vol. 5, no. 54, p. 453544, 2011, [Online]. Available: http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8595/1/Tesis_t953si.pdf.
- [9] M. Kluepfel and B. Lippert, “Cambiando el pH del suelo,” *Home Gard. Inf. Cent.*, p. 1, 2012, [Online]. Available: <https://hgic.clemson.edu/factsheet/cambiando-el-ph-del-suelo/%0Ahttps://hgic.clemson.edu/factsheet/cambiando-el-ph-del-suelo/#:~:text=Factores que Afectan el pH del Suelo&text=Los suelos desarrollados de rocas,calcio y magnesio del suelo>.
- [10] Alvarado Ochoa Soraya, “Determinación de un método para evaluar los requerimientos de cal en suelos ácidos de origen volcánico y no volcánico del Ecuador,” 1999.
- [11] J. Machado, “Automatización de los procesos Productivos en la planta II División Partes y Piezas para la Empresa Indurama S.A.,” pp. 1–195, 2009.
- [12] tecnopl, “Tia portal V15,” *Diseñado por Elegant Themes*, 2022. <https://www.tecnopl.com/tia-portal-v15-mas-opciones/>.
- [13] “Automatas programables,” 2001, [Online]. Available: http://www.sc.ehu.es/sbweb/webcentro/automatica/webcqmh1/pagina_principal/plc/estructuras/estructura_interna/seccion_de_ES/seccion_de_es.htm#Entradas digitales.
- [14] VAISALA, “Cómo medir el dióxido de carbono,” p. 4, 2013, [Online]. Available:

- <http://www.vaisala.com/Vaisala Documents/Application notes/CEN-TIA-Parameter-How-to-measure-CO2-Application-note-B211228ES-A.pdf>.
- [15] N. Esmeralda and S. Aguilar, “Diseño de un sistema inteligente para el control automatizado de invernaderos,” 2020.
- [16] D. L. Morales Silva, “Coordinación de protecciones en una industria química,” 2017.
- [17] E. G. Gualpa Cando and D. A. Rubio Rubio, “Diseño e implementación de un sistema de automatización para el control de riego por goteo y monitoreo de temperatura en el invernadero ‘clara llumiquinga’ sector de patután provincia de cotopaxi,” *Univ. Técnica Cotopaxi Fac.*, vol. 1, p. 101, 2018, [Online]. Available: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4501/1/PI-000727.pdf>.
- [18] C. D. Suntasig Flores, *Diseño y construcción de un sistema de transferencia eléctrica para la alimentación de un circuito cerrado de cámaras mediante un banco de baterías*. 2021.
- [19] D. D. E. Precio, “Norma Internacional CEI IEC 60204-1,” 1998.
- [20] N. T. ECUATORIANA, “Seguridad de las máquinas. parada de emergencia. principios para el diseño (ISO 13850:2006, IDT),” *primera edición*, 2014. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/viewer.html?pdfurl=https%3A%2F%2Fwww.normalizacion.gob.ec%2Fbuzon%2Fnormas%2Fnte_inen_iso_13850.pdf&chunk=true.
- [21] Hortitec, “Generador Co2,” 2022. <https://hortitec.es/generador-co2>.
- [22] M. G. Tapia Mora, “Diseño y construcción de un equipo generador de CO2 que utiliza GLP para la producción de biomasa para su posterior uso en la industria energética,” *Angew. Chemie Int. Ed.* 6(11), 951–952., pp. 2013–2015, 2021.
- [23] matillaplant, “Generadores de CO2,” 2022. <https://www.matillaplant.com/cultivo/generadores-de-co2>.
- [24] V. Fernández, “El gas natural y la calidad de vida: Factores percibidos por los hogares en un país en vías de desarrollo,” p. 234, 2014, [Online]. Available: http://www.tesisenred.net/bitstream/handle/10803/287061/00_PhD Thesis Victor FERNANDEZ_VF.pdf?sequence=1.
- [25] K. M. Ruiz Bolaños, “Automatización de una electroválvula de flujo de gas licuado de petróleo,” 2019.
- [26] A. Siemens, “Manual del sistema controlador programable S2-1200 SIMATIC,” pp. 1–1658, 2018, [Online]. Available: <http://www.siemens.com/industrialsecurity>.
- [27] Siemens AG, “SIMATIC S7 Controlador programable S7-1 200,” 2009. <https://support.industry.siemens.com/cs/mdm/91696622?c=61146318859&lc=es-WW>.
- [28] Siemens, “Hoja de Datos,” *Siemens Jose Rom. Lerma*, no. 800, p. 10, 2020, [Online]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7214-1AG40-0XB0>.
- [29] J. E. E. Guartatanga, M. Woodworth, A. D. Agar, and R. B. A. Coupland, “Aplicación de fusibles e interruptores termo magnéticos,” *Crim. Justice Behav.*, vol. 40, no. 9, pp. 1009–1026, 2005, [Online]. Available:

<http://journals.sagepub.com/doi/10.1177/0093854813482309>.

- [30] I. N. T. T. I. C. N. Curva, “INT. Termomagnetico ic60n 1X6A Curva C,” pp. 9–11, 2018.
- [31] V. Dc, “Logo!power 24 V/4 A Fuente aliment.,” pp. 10–11, 2011.
- [32] Aliexpress, “Sensor de detección de concentración de dióxido de carbono, transmisor RS485, 4-20mA, Software en inglés,” 2010.
<https://es.aliexpress.com/item/4000317218065.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.480663c0PnsITFhttps://es.aliexpress.com/item/4000317218065.html?spm=a2g0s.9042311.0.0.480663c0PnsITF>.
- [33] Aliexpress, “Sensor Digital de pH del suelo, medidor de pH del suelo de 4-20mA, 0-5V, 0-10V, para invernadero, jardín y plantas,” 2010.
https://es.aliexpress.com/item/1005003107698340.html?spm=a2g0o.search0304.0.0.75153ddflfkySf&algo_pvid=83bfe019-a532-4ae4-9ac4-c38c81bf7315&algo_exp_id=83bfe019-a532-4ae4-9ac4-c38c81bf7315-20.
- [34] B. Lenntech, “Agua desionizada/desmineralizada,” 1998.
<https://www.lenntech.es/aplicaciones/proceso/desmineralizada/agua-desionizada-desmineralizada.htm#:~:text=El valor del pH,equilibrio dinámico con la atmósfera>.
- [35] Centelsa, “Cables Flexibles.” 2021.
- [36] centelsa, “CABLES CentelFlex plus,” 2022.
https://www.centelsa.com/cables_flexibles/cables-centelflex-plus-cu-90c-600v-2/.
- [37] Comité ejecutivo de la norma ecuatoriana del Ecuador, “Norma Ecuatoriana De Construcción Nec Capítulo 15 Instalaciones Electromecánicas,” *Nec*, p. 173, 2013, [Online]. Available: <https://www.ecp.ec/wp-content/uploads/2017/09/NECINSTALACIONESELECTROMECANICAS2013.pdf>.
- [38] P. A. M. R. pablo Gabriel Campoverde Rosero, “Algoritmos de control óptimo basados en wncs aplicados a un levitador neumático,” *Tesis*, pp. 1–100, 2021, [Online]. Available: <http://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/5081/1/UPS-CYT00109.pdf>.

8. ANEXOS

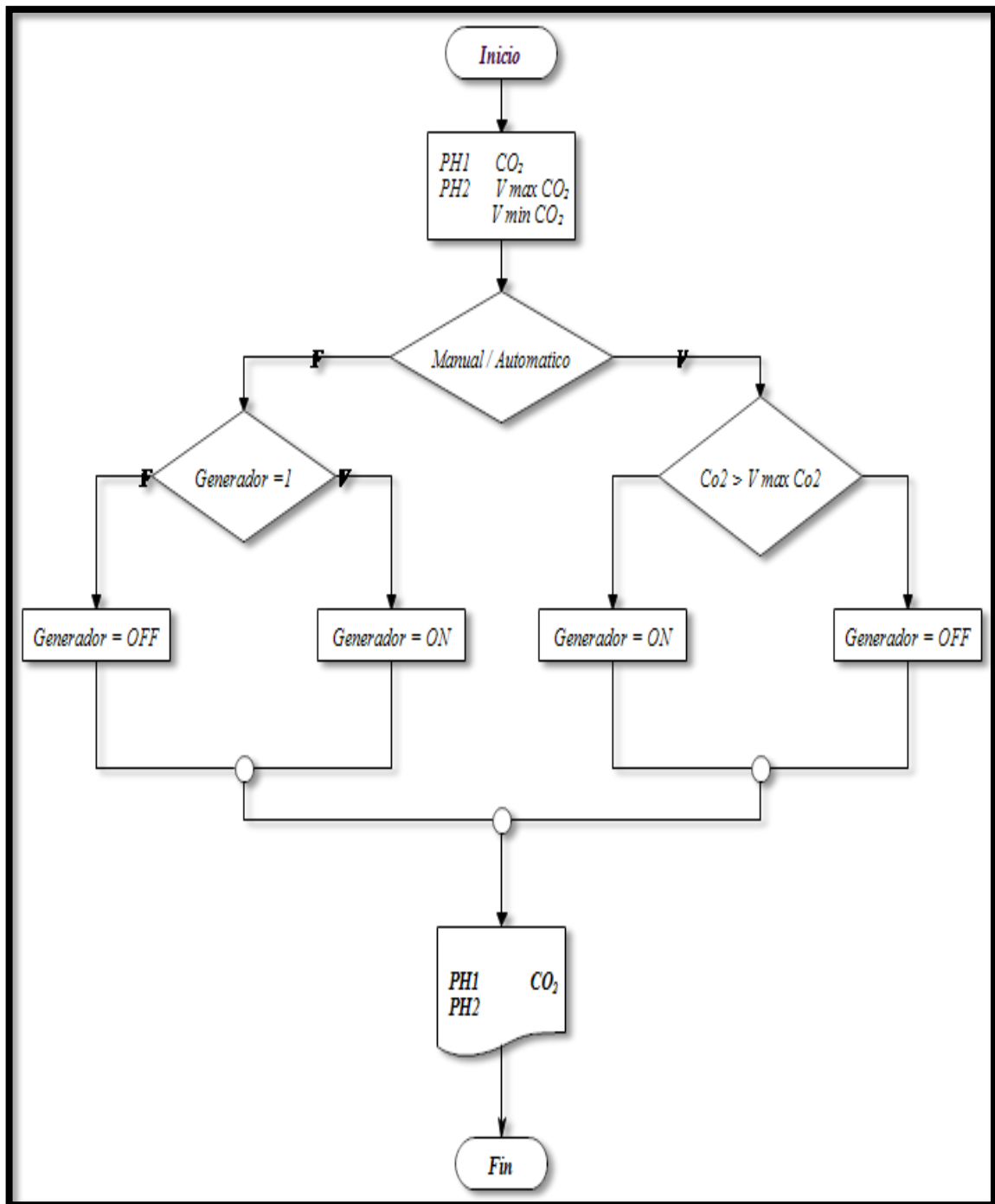
8.1. ANEXO A. Diagrama unifilar de control

8.2. ANEXO B. Diagrama de conexión de control

8.3. ANEXO C. Diagrama unifilar de potencia

8.4. ANEXO D. Diagrama de conexión de potencia

8.5. ANEXO E. Diagrama de flujo del sistema de control de CO₂



8.6. ANEXO F. Cableado para la conexión de los equipos



8.7. ANEXO G. Construcción de la estructura metálica para la protección del generador de CO₂



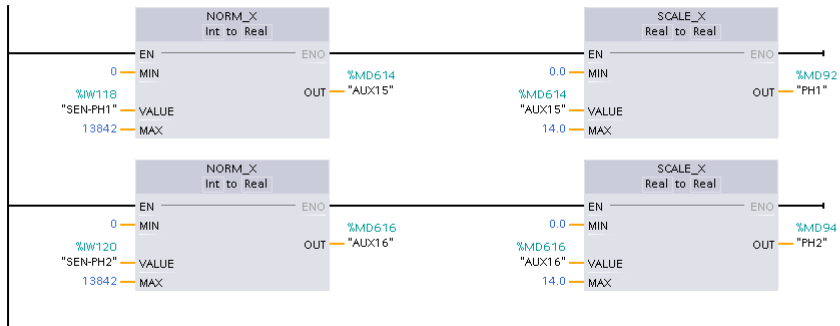
8.8. ANEXO H. Conexión del generador de CO₂



8.9. ANEXO I. Segmentos de la programación de TIA PORTAL V15

Segmento 4: ADQUISICION DE PH

Comentario



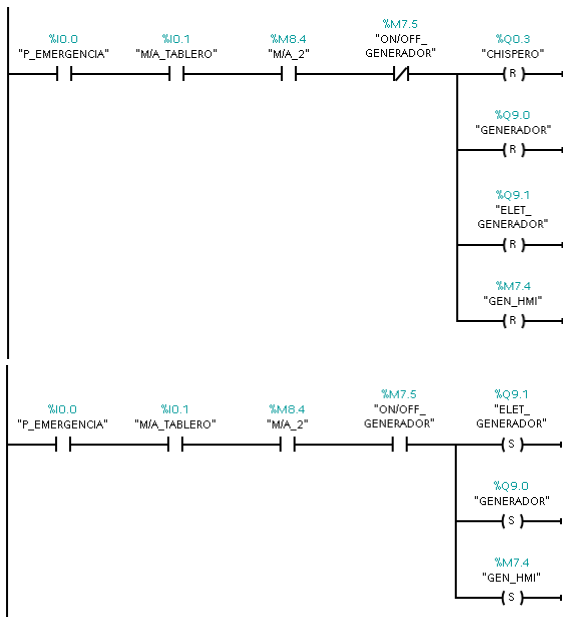
Segmento 5: ADQUISICION DE CO2

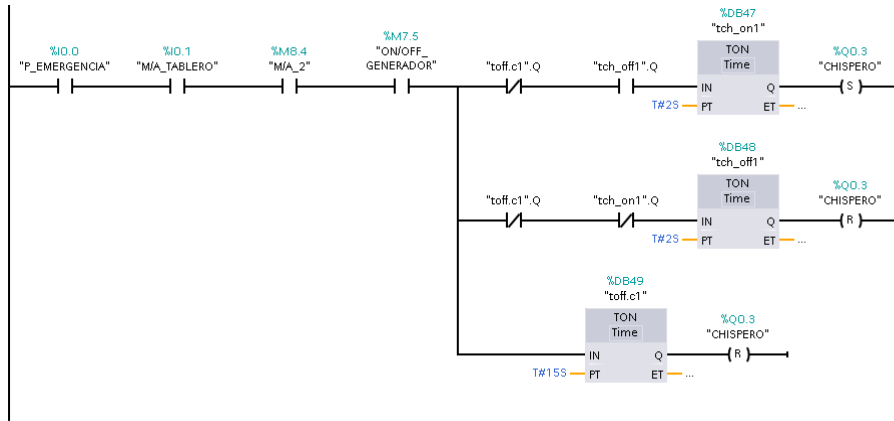
Comentario



Segmento 12: CONTROL MANUAL DE GENERADOR CO2-HMI

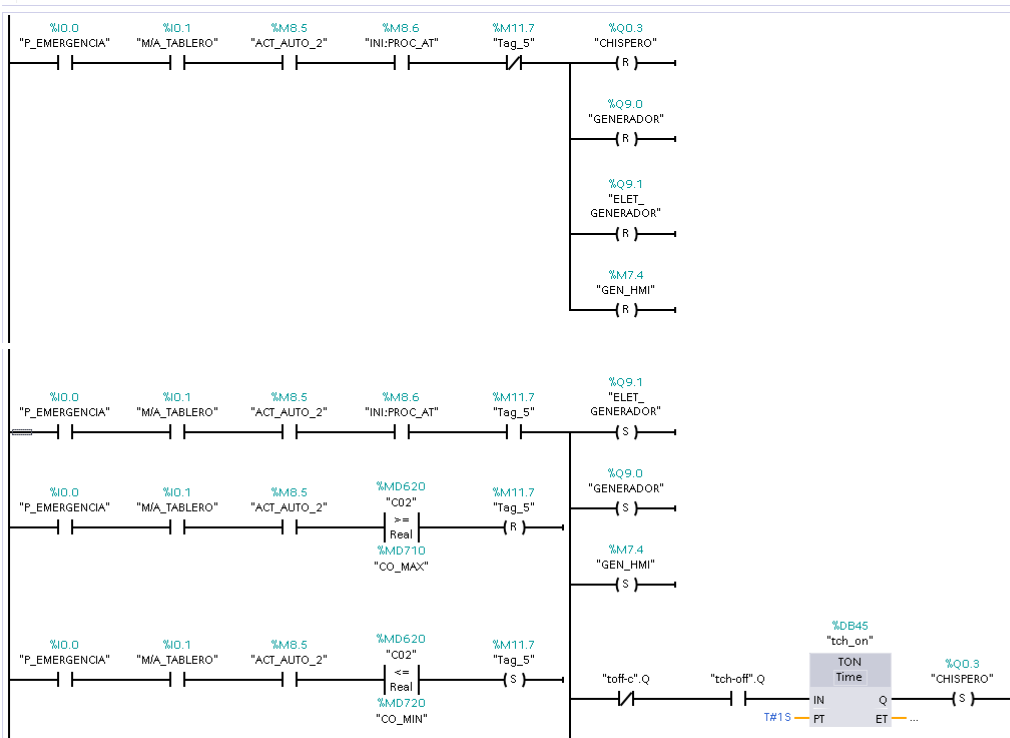
Comentario

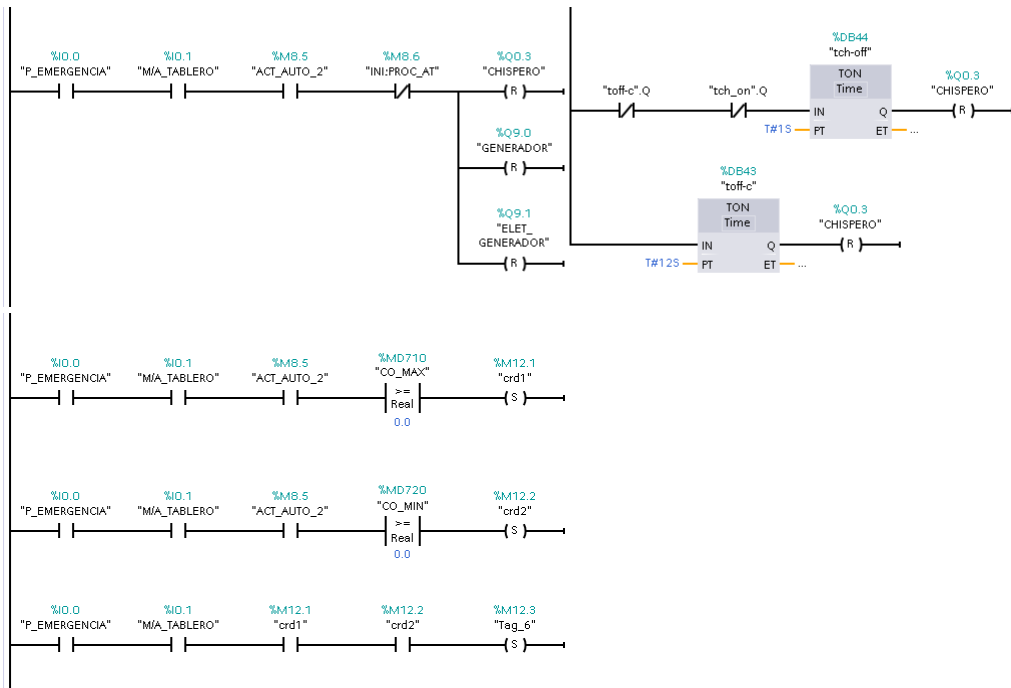




Segmento 20: CONTROL AUTOMÁTICO DE GENERADOR C02-HMI

Comentario





8.10. ANEXO J. Tabla de datos del monitoreo del pH

N° DATOS	FECHA	HORA	pH1	pH2
1	2/18/2022	14:48:53	2,1	7,12
2	2/18/2022	14:49:11	2,11	7,13
3	2/18/2022	14:49:31	2,11	7,12
4	2/18/2022	14:49:51	2,1	7,13
5	2/18/2022	14:50:11	2,1	7,14
6	2/18/2022	14:50:31	2,1	7,14
7	2/18/2022	14:50:51	2,1	7,13
8	2/18/2022	14:51:11	2,1	7,13
9	2/18/2022	14:51:31	2,1	7,15
10	2/18/2022	14:51:51	2,33	6,95
11	2/18/2022	14:52:11	2,1	6,8
12	2/18/2022	14:52:31	2,33	6,7
13	2/18/2022	14:52:51	2,33	6,73
14	2/18/2022	14:53:11	2,33	6,74
15	2/18/2022	14:53:31	2,33	6,73
16	2/18/2022	14:53:51	2,35	6,73

17	2/18/2022	14:54:11	2,35	6,43
18	2/18/2022	14:54:31	2,35	6,32
19	2/18/2022	14:54:51	2,35	6,43
20	2/18/2022	14:55:11	2,33	6,45
21	2/18/2022	14:55:31	2,33	6,4
22	2/18/2022	14:55:51	2,33	6,34
23	2/18/2022	14:56:11	2,33	6,54
24	2/18/2022	14:56:31	2,33	6,44
25	2/18/2022	14:56:51	2,33	6,44
26	2/18/2022	14:57:11	2,33	6,64
27	2/18/2022	14:57:31	2,57	6,54
28	2/18/2022	14:57:51	2,33	6,44
29	2/18/2022	14:58:11	2,33	6,54
30	2/18/2022	14:58:31	2,33	6,54
31	2/18/2022	14:58:51	2,33	6,74
32	2/18/2022	14:59:11	2,33	7,74
33	2/18/2022	14:59:31	2,35	7,45
34	2/18/2022	14:59:51	2,35	7,65
35	2/18/2022	15:00:11	2,35	7,06
36	2/18/2022	15:00:31	2,11	7,85
37	2/18/2022	15:00:51	2,11	7,55
38	2/18/2022	15:01:11	2,02	7,44
39	2/18/2022	15:01:31	2,1	7
40	2/18/2022	15:01:51	2,1	7,44
41	2/18/2022	15:02:11	2,1	7,44
42	2/18/2022	15:02:31	2,1	7,54
43	2/18/2022	15:02:51	2,1	7,44
44	2/18/2022	15:03:11	2,57	7
45	2/18/2022	15:03:31	2,33	7,44
46	2/18/2022	15:03:51	2,33	8,64
47	2/18/2022	15:04:11	2,33	8,54
48	2/18/2022	15:04:31	2,33	8,54
49	2/18/2022	15:04:51	2,1	8,54
50	2/18/2022	15:05:11	2,1	8,74

51	2/18/2022	15:05:31	2,11	8,15
52	2/18/2022	15:05:51	2,11	8,85
53	2/18/2022	15:06:11	2,11	8,06
54	2/18/2022	15:06:31	2,11	8,96
55	2/18/2022	15:06:51	2,11	8,55
56	2/18/2022	15:07:11	1,99	8,94
57	2/18/2022	15:07:31	2,1	7,44
58	2/18/2022	15:07:51	2,1	7,44
59	2/18/2022	15:08:11	2,1	7,54
60	2/18/2022	15:08:31	2,1	7,44
61	2/18/2022	15:08:51	2,1	7,44
62	2/18/2022	15:09:11	2,1	7,44
63	2/18/2022	15:09:31	2,1	7,44
64	2/18/2022	15:09:51	2,1	7,44
65	2/18/2022	15:10:11	2,1	7,64
66	2/18/2022	15:10:31	2,35	7
67	2/18/2022	15:10:51	2,33	7,64
68	2/18/2022	15:11:11	2,43	7,84
69	2/18/2022	15:11:31	2,33	7,94
70	2/18/2022	15:11:51	2,35	7,96
71	2/18/2022	15:12:11	2,35	7,06
72	2/18/2022	15:12:31	2,58	7,96
73	2/18/2022	15:12:51	2,58	7,65
74	2/18/2022	15:13:11	2,57	7,25
75	2/18/2022	15:13:31	2,33	7,34
76	2/18/2022	15:13:51	2,33	7,44
77	2/18/2022	15:14:11	2,33	7,44
78	2/18/2022	15:14:31	2,33	7,54
79	2/18/2022	15:14:51	2,44	7,54
80	2/18/2022	15:15:11	2,33	7,54
81	2/18/2022	15:15:31	2,33	7,44
82	2/18/2022	15:15:51	2,35	7,44
83	2/18/2022	15:16:11	2,33	7,44
84	2/18/2022	15:16:31	2,33	7,54

85	2/18/2022	15:16:51	2,33	7,44
86	2/18/2022	15:17:11	2,33	7,54
87	2/18/2022	15:17:31	2,33	7,64
88	2/18/2022	15:17:51	2,33	7,74
89	2/18/2022	15:18:11	2,35	7,05
90	2/18/2022	15:18:31	2,35	7,55
91	2/18/2022	15:18:51	2,35	7,06
92	2/18/2022	15:19:11	2,35	7,96
93	2/18/2022	15:19:31	2,35	7,85
94	2/18/2022	15:19:51	2,35	7,45
95	2/18/2022	15:20:11	2,35	7,15
96	2/18/2022	15:20:31	2,33	7,54
97	2/18/2022	15:20:51	2,33	7,44
98	2/18/2022	15:21:11	2,33	7,34
99	2/18/2022	15:21:31	2,33	7,44
100	2/18/2022	15:21:51	2,33	7,44

8.11. ANEXO K. Tabla de datos del control del generador de CO₂

N° DATOS	FECHA	HORA	CO₂
1	1/31/2022	12:01:22	405
2	1/31/2022	12:03:22	405
3	1/31/2022	12:05:22	406
4	1/31/2022	12:07:22	406
5	1/31/2022	12:09:22	406
6	1/31/2022	12:11:22	406
7	1/31/2022	12:13:22	406
8	1/31/2022	12:15:22	406
9	1/31/2022	12:17:22	406
10	1/31/2022	12:19:22	406
11	1/31/2022	12:21:22	405
12	1/31/2022	12:23:22	405
13	1/31/2022	12:25:22	405
14	1/31/2022	12:27:22	404
15	1/31/2022	12:29:22	404
16	1/31/2022	12:31:22	405

17	1/31/2022	12:33:22	409
18	1/31/2022	12:35:22	419
19	1/31/2022	12:37:22	530
20	1/31/2022	12:39:22	580
21	1/31/2022	12:41:22	591
22	1/31/2022	12:43:22	597
23	1/31/2022	12:45:22	608
24	1/31/2022	12:47:22	559
25	1/31/2022	12:49:22	561
26	1/31/2022	12:51:22	598
27	1/31/2022	12:53:22	598
28	1/31/2022	12:55:22	576
29	1/31/2022	12:57:22	589
30	1/31/2022	13:00:22	516
31	1/31/2022	13:02:22	513
32	1/31/2022	13:04:22	548
33	1/31/2022	13:06:22	522
34	1/31/2022	13:08:22	504
35	1/31/2022	13:10:22	525
36	1/31/2022	13:12:22	537
37	1/31/2022	13:14:22	586
38	1/31/2022	13:16:22	606
39	1/31/2022	13:18:22	555
40	1/31/2022	13:20:22	583
41	1/31/2022	13:22:22	571
42	1/31/2022	13:24:22	561
43	1/31/2022	13:26:22	545
44	1/31/2022	13:28:22	479
45	1/31/2022	13:30:22	490
46	1/31/2022	13:32:22	522
47	1/31/2022	13:34:22	543
48	1/31/2022	13:36:22	596
49	1/31/2022	13:38:22	605
50	1/31/2022	13:40:22	628
51	1/31/2022	13:42:22	642
52	1/31/2022	13:44:22	650
53	1/31/2022	13:46:22	442
54	1/31/2022	13:48:22	412

55	1/31/2022	13:50:22	406
56	1/31/2022	13:52:22	405
57	1/31/2022	13:54:22	405
58	1/31/2022	13:56:22	405
59	1/31/2022	14:22:23	412
60	1/31/2022	14:24:22	435
61	1/31/2022	14:26:22	457
62	1/31/2022	14:28:22	412
63	1/31/2022	14:30:22	497
64	1/31/2022	14:32:22	413
65	1/31/2022	14:34:22	411
66	1/31/2022	14:36:22	413
67	1/31/2022	14:38:22	467
68	1/31/2022	15:04:00	405
69	1/31/2022	15:04:00	405
70	1/31/2022	15:04:00	405
71	1/31/2022	15:04:00	407
72	1/31/2022	15:04:00	404
73	1/31/2022	15:04:00	404
74	1/31/2022	15:04:00	404

8.12. ANEXO L. Elementos del tablero de control

MANUAL

MANUAL DE USUARIO



Ingeniería
Eléctrica

Implementación del Monitoreo de PH y control de CO₂
en el invernadero N° 1

Palomo Masabanda Jhonatan David
Velasco Chimba David Napoleón

LATACUNGA - COTOPAXI - ECUADOR

Hoja de control

Universidad	UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI		
Proyecto	“IMPLEMENTACIÓN DEL MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO ₂ EN EL INVERNADERO N°1”		
Entregable	MANUAL DE USUARIO		
Autores:	PALOMO MASABANDA JHONATAN DAVID VELASCO CHIMBA DAVID NAPOLEÓN		
Tutor	PHD. MARRERO RAMÍREZ SECUNDINO		
Versión/ Edición	01	fecha de Aprobación	26/11/2021
		N° Total de Páginas	

ÍNDICE GENERAL DEL MANUAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	92
2.	PANTALLA DEL SISTEMA	92
3.	MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO ₂	94
3.1.	Control manual de generador de CO ₂	95
3.2.	Control automático de generador de CO ₂	97
3.3.	Monitoreo de pH	100
3.4.	Igualar hora.....	101
3.5.	Inicio	101

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Pantalla principal.....	92
Figura 2.	Pantalla principal con los botones digitales elegidos.....	93
Figura 3.	Pantalla sub principal del monitoreo de pH y control de CO ₂	94
Figura 4.	Control manual de generador de CO ₂	95
Figura 5.	Lectura del sensor	95
Figura 6.	Sistema de encendido y apagado.....	96
Figura 7.	Diseño desplegable	96
Figura 8.	Curva de la pantalla.....	96
Figura 9.	Pantalla visible del HMI	97

Figura 10. Controles de pantalla.....	97
Figura 11. Pantalla de sistema automático	97
Figura 12. Visualizar niveles de CO ₂	98
Figura 13. Niveles máximos o mínimos de CO ₂	98
Figura 14. Inicio y fin de proceso.....	98
Figura 15. Control manual de pantalla.	99
Figura 16. La curva en la pantalla.	99
Figura 17. Curva en la pantalla visible	100
Figura 18. Controles de la pantalla.....	100
Figura 19. Pantalla sub principal del Monitoreo de pH.....	100
Figura 20. Pantalla de igualar la hora.	101
Figura 21. Pantalla sub principal	101

1. INTRODUCCIÓN

El siguiente documento es una guía de uso para el funcionamiento del sistema de monitoreo de pH y control de CO₂ del invernadero N° 1 campus Salache, permitiendo a los estudiantes y docentes un correcto uso del sistema. El control y seguimiento del sistema climático del invernadero son parámetros básicos para la producción de plántula ya que se busca mejorar los estándares de calidad.

2. PANTALLA DEL SISTEMA

En el proyecto se utilizó una pantalla digital, la cual incluye una interfaz gráfica donde se puede ver y operar de forma manual o automática los botones digitales ya que cuenta con un sistema táctil. En esta sección se dará una breve explicación, donde se listará cada parte de la pantalla de inicio.

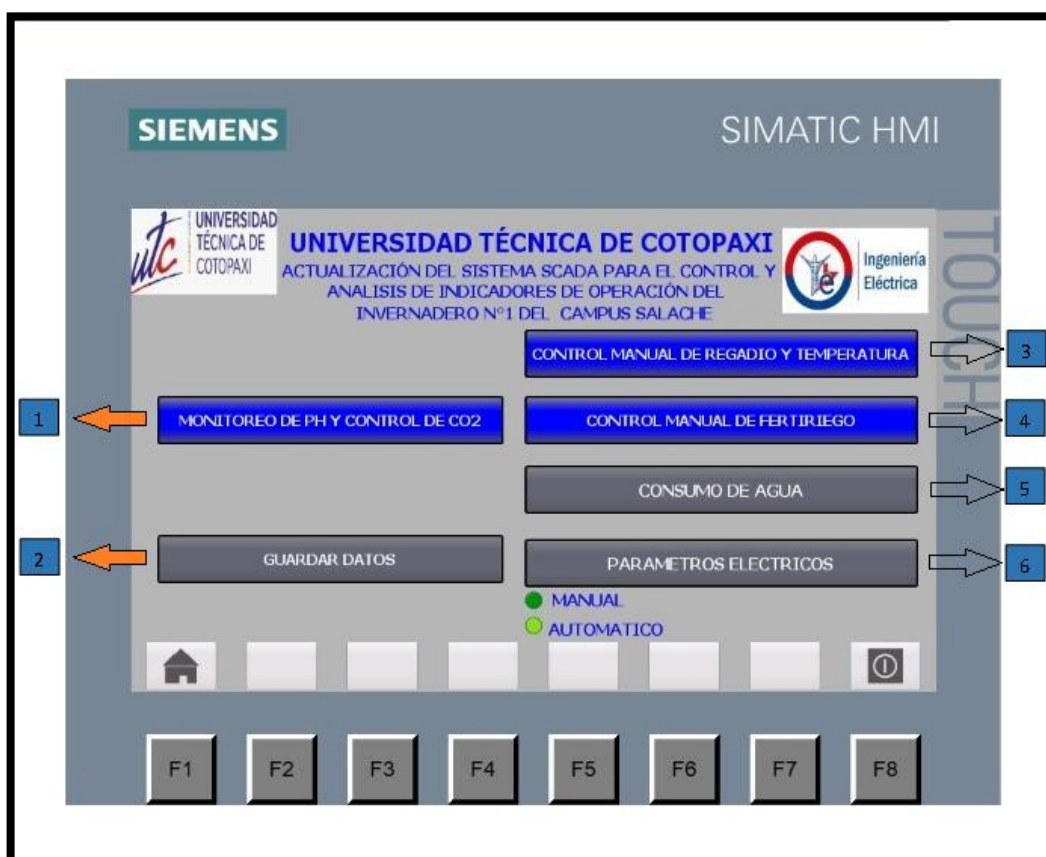


Figura 1. Pantalla principal

Como se puede ver en la Figura 1, la pantalla está constituida de 6 botones digitales los cuales son:

1. MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂
2. GUARDAR DATOS
3. CONTROL MANUAL DE REGADÍO Y TEMPERATURA
4. CONTROL MANUAL DE FERTIRRIEGO
5. CONSUMO DE AGUA
6. PARÁMETROS ELÉCTRICOS

A continuación se puede identificar cada uno de los botones que se encuentran en la pantalla HMI.

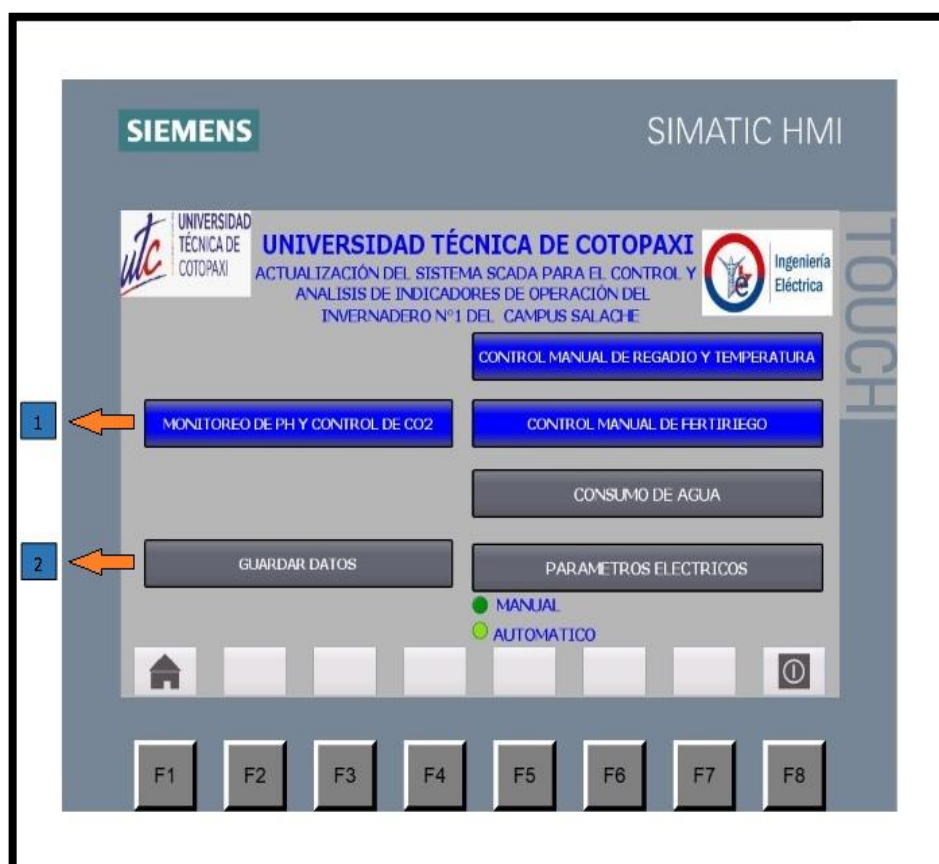


Figura 2. Pantalla principal con los botones digitales elegidos

En el manual se va a reconocer los botones que se utiliza en el proyecto los cuales son:

Botón digital 1. Denominado Monitoreo de pH y control de CO₂ que lleva a una sub pantalla donde encontraremos el sistema de monitoreo y control

Botón digital 2. Se encentra un icono donde permite descargar los datos que se puede adquirir alrededor de un tiempo determinado

3. MONITOREO DE pH Y CONTROL DE CO₂

Al pulsar el siguiente **Botón digital 1**. Donde se encuentra del proyecto de Implementación del monitoreo de pH y control de CO₂.

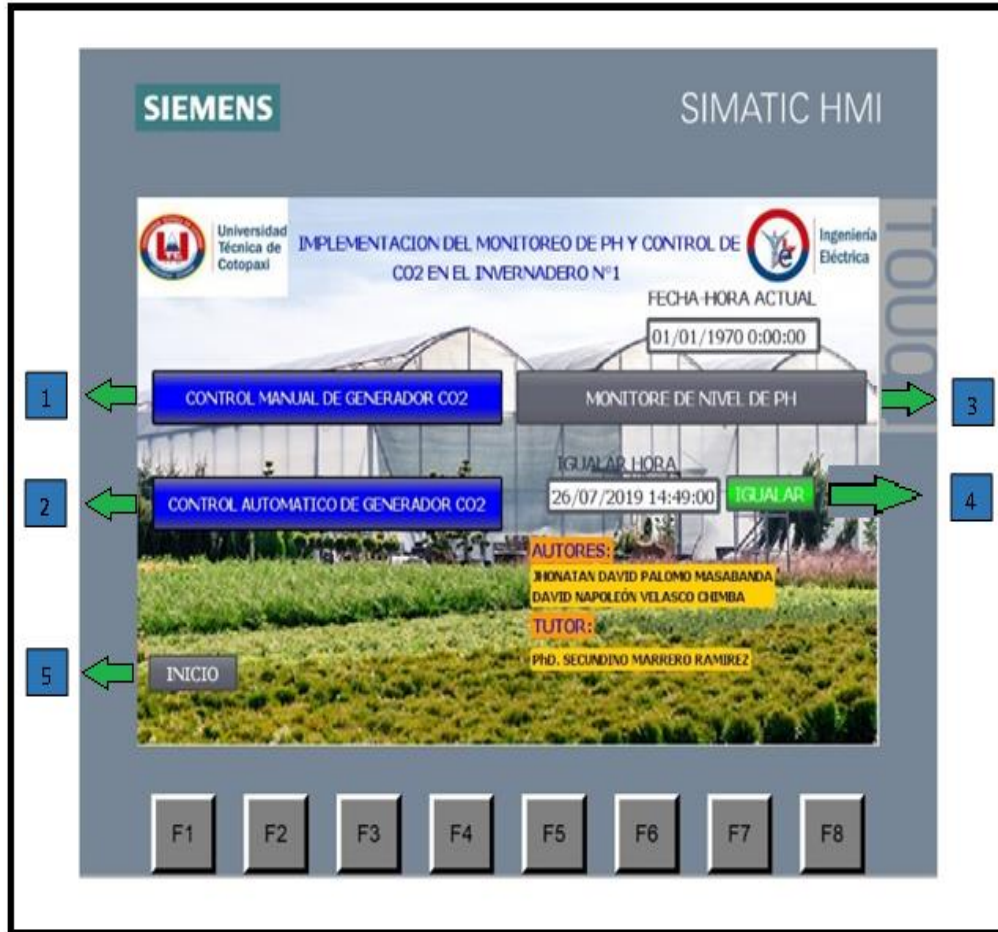


Figura 3. Pantalla sub principal del monitoreo de pH y control de CO₂.

En la siguiente figura se puede observar que existe 5 botones más las cuales cada uno tiene distintas funciones las cuales son:

1. Control manual de generador de CO₂
2. Control automático de generador de CO₂
3. Monitoreo de nivel de pH
4. Igualar la hora
5. Inicio

3.1. CONTROL MANUAL DE GENERADOR DE CO₂

Si se pulsa el siguiente botón se despliega una nueva imagen donde se puede ver un conjunto de elementos y botones en el interior de esta pantalla como se puede observar a continuación.

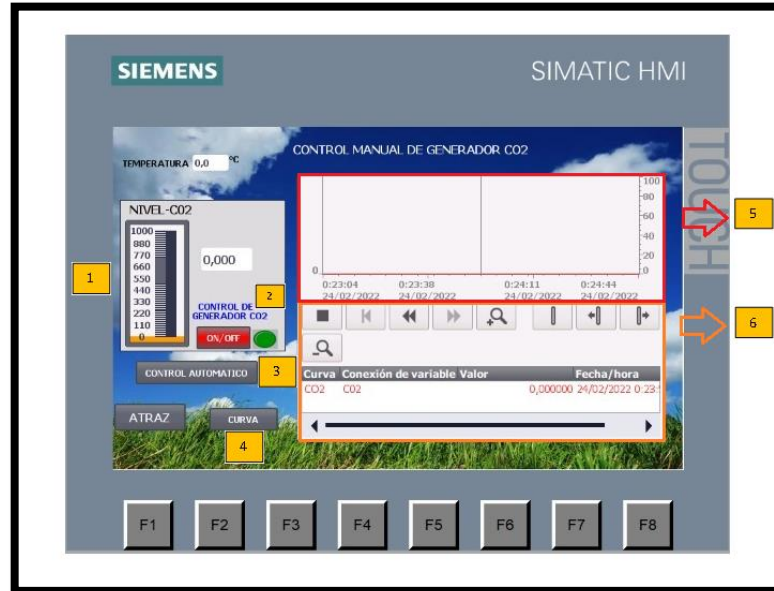


Figura 4. Control manual de generador de CO₂

En esta pantalla se divide en 9 partes, así como el anterior caso, pero en esta imagen ya se tiene más literales que se puede ver a continuación:

1. Este pequeño cuadrado se puede visualizar la lectura del sensor que se puede evidenciar del nivel de CO₂ la cual no se puede editar y en la otra pantalla se puede evidenciar el incremento o decremento de los niveles que se tiene en el invernadero.

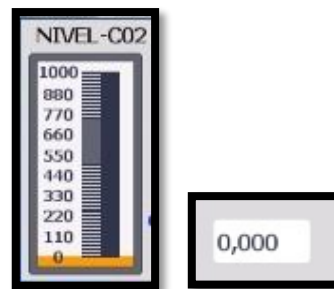


Figura 5. Lectura del sensor

2. Este es el sistema de encender y apagar el sistema de generación de CO₂, decir este botón se encarga de manipular el sistema de forma manual debido a que si está en color rojo significa que está apagado y si esta de color verde quiere decir que este encendido el sistema.



Figura 6. Sistema de encendido y apagado

- Este botón está implementado para pasar del sistema manual al sistema automático para de este modo no tenga la necesidad de presionar atrás y regresar al inicio.



Figura 7. Diseño desplegable

- Este botón es uno de los más importantes debido que si se presiona va a desplegarse una curva amplia en las cuales se puede visualizar el correcto funcionamiento del proyecto.

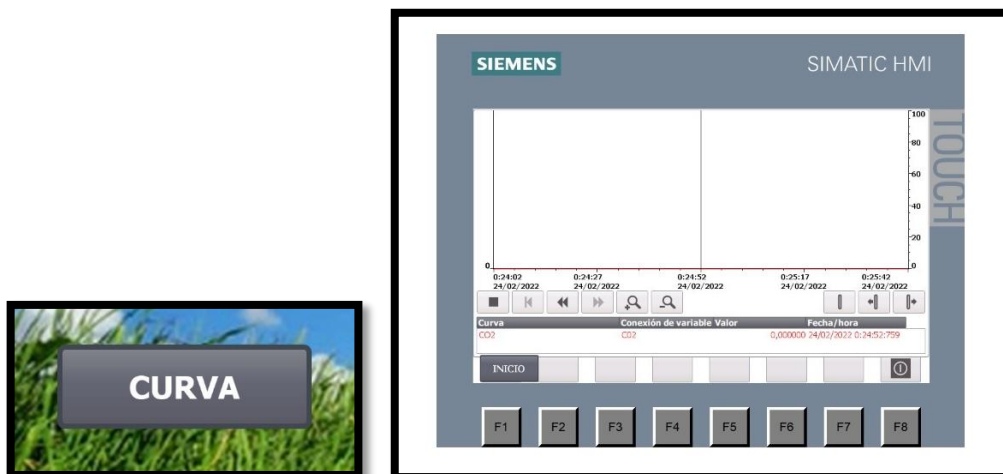


Figura 8. Curva de la pantalla.

- Este cuadro se puede ver ya la curva sin la necesidad de presionar el botón de la curva y también se puede evidenciar los datos que se está mostrando mediante la pantalla y él envió por medio del sensor.

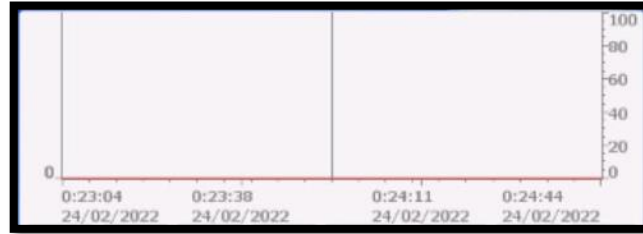


Figura 9. Pantalla visible del HMI

- Esta parte se puede controlar un poco de la figura debido a que se puede hacer un más grande o más pequeño a la curva y se puede ver de mejor forma.

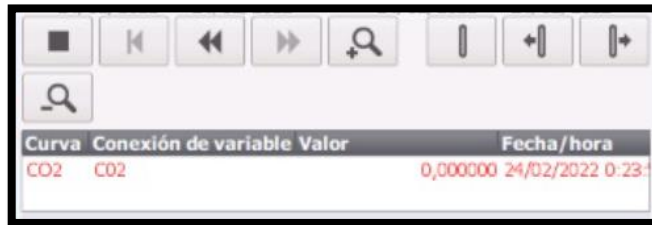


Figura 10. Controles de pantalla

3.2. CONTROL AUTOMÁTICO DE GENERADOR DE CO₂

En el sistema de control automático se puede visualizar un conjunto de elementos que tiene una nueva imagen donde se puede ver esta pantalla como se puede observar a continuación.

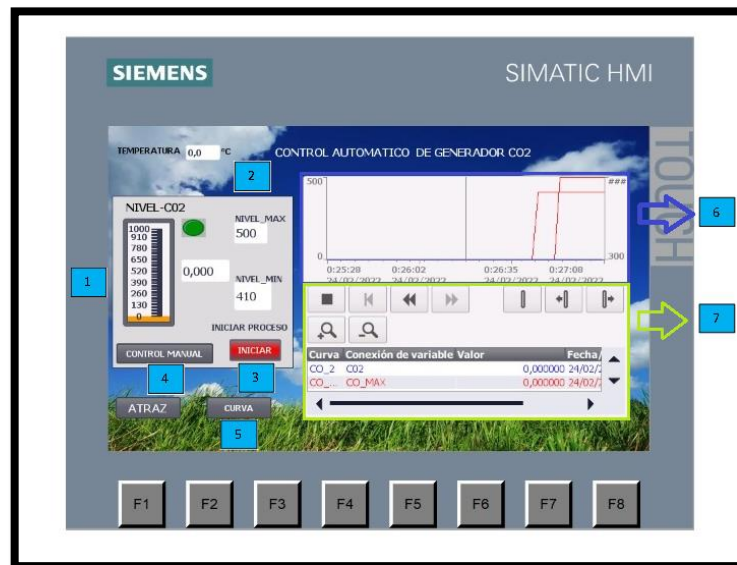


Figura 11. Pantalla de sistema automático

En esta pantalla se divide en 7 partes, así como el anterior caso, pero en esta imagen ya se tiene más opciones que se puede ver a continuación:

1. Este cuadro se puede visualizar la lectura del sensor que se puede evidenciar del nivel de CO₂ la cual no se puede editar sino solo observar también se puede evidenciar el incremento o decremento de los niveles que se tiene en el invernadero.

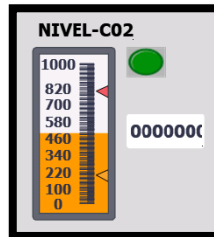


Figura 12. Visualizar niveles de CO₂

2. Aquí es donde se puede regular el nivel máximo y mínimo q se necesita para el control automático que se necesita para dejar programado por un lapso de tiempo.



Figura 13. Niveles máximos o mínimos de CO₂

3. Este es el sistema de encender y apagar automáticamente del sistema de generación de CO₂, decir este botón se encarga de manipular el sistema debido a que si está en color rojo significa que está apagado y si esta de color verde quiere decir que este encendido el sistema.

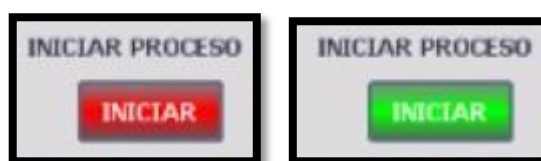


Figura 14. Inicio y fin de proceso

- En este botón esta implementado para pasar del sistema automático al sistema manual para de este modo no tenga la necesidad de presionar atrás y regresar al inicio.

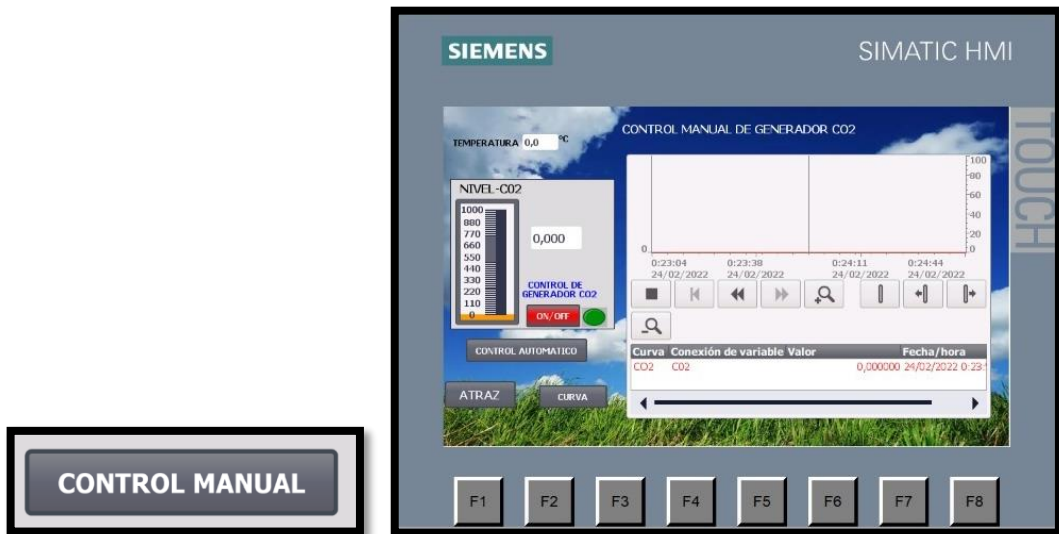


Figura 15. Control manual de pantalla.

- Este botón es uno de los más importantes debido que si se presiona va a desplegarse una curva amplia en las cuales se puede visualizar el correcto funcionamiento del proyecto automatizado.

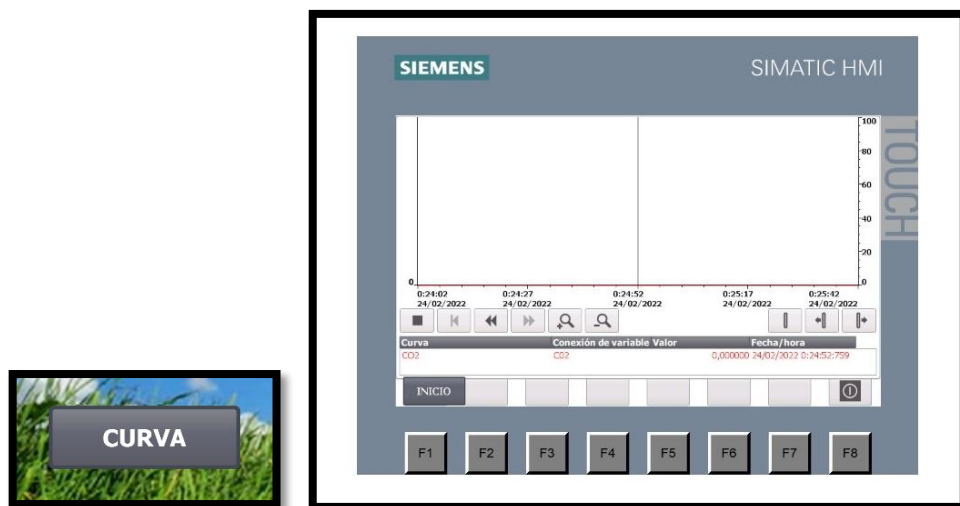


Figura 16. La curva en la pantalla.

- Este cuadro se puede ver ya la curva sin la necesidad de presionar el botón de la curva y también se puede evidenciar los datos que se está mostrando mediante la pantalla.



Figura 17. Curva en la pantalla visible

- Esta parte se puede controlar un poco de la figura debido a que se puede hacer un más grande o más pequeño a la curva y se puede ver de mejor forma.

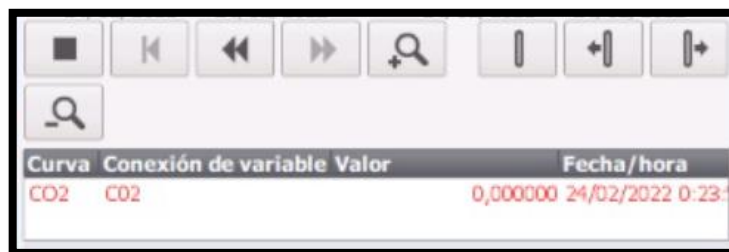


Figura 18. Controles de la pantalla

3.3. MONITOREO DE pH

Monitoreo de nivel de pH está implementado para que se pueda evidenciar el nivel del pH de los dos sensores que se encuentra implementado y también se puede visualizar en la gráfica en qué nivel se encuentra el nivel de pH

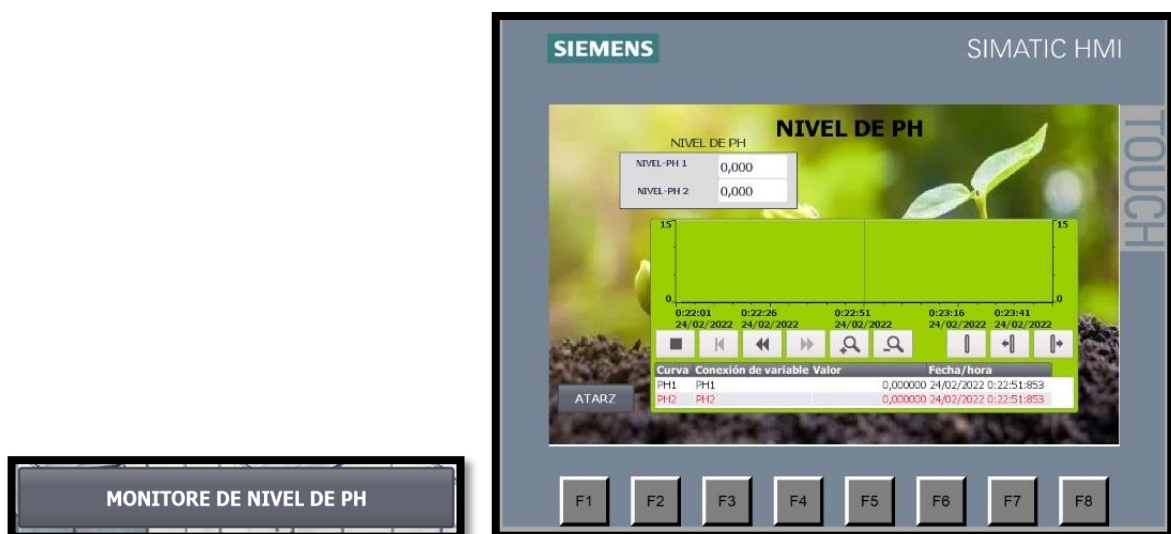


Figura 19. Pantalla sub principal del Monitoreo de pH

3.4. IGUALAR HORA

Este apartado está implementado para ingresar la hora y poder igualar.



Figura 20. Pantalla de igualar la hora.

3.5. INICIO

Aquí está el botón de inicio del cual está implementado para poder regresar a la pantalla inicial.



Figura 21. Pantalla sub principal

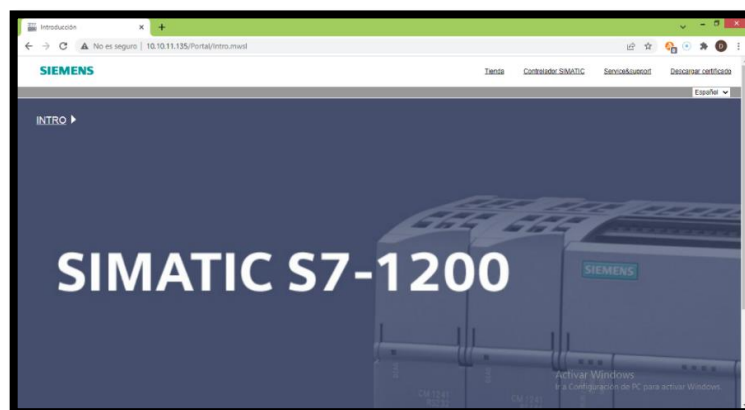
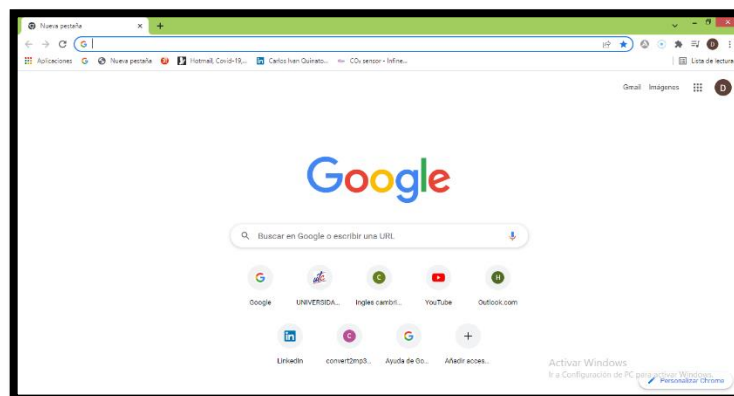
ADQUISICIÓN DE DATOS DEL SISTEMA DE CONTROL DE CO₂ Y MONITOREO DE pH

La adquisición de datos permite a los estudiantes de agronomía monitorear constantemente para monitorear continuamente los indicadores de monitoreo de pH y control de CO₂, se deben seguir los siguientes pasos.

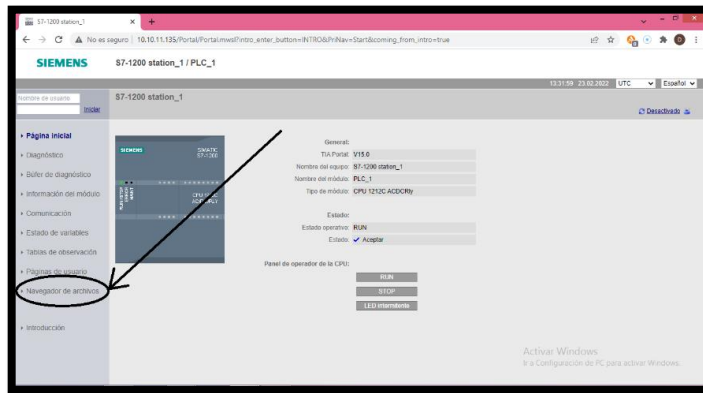
- Tener un cable de red que se conecta en el ordenador del usuario quien va a adquirir los datos a nuestro router que existe en el tablero de control.



- Ingresar al navegador Chrome recomendado ya que es un navegador compatible para realizar el proceso de recolección de datos, en la barra de navegación ingresar IP **10.10.11.135** donde se abrirá la ventana del PLC S7-1 200.



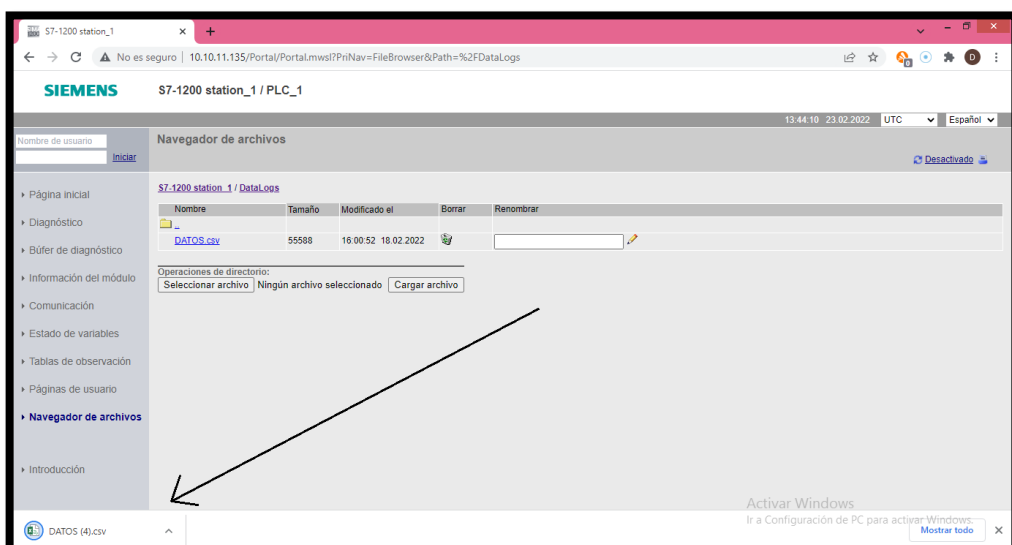
- Seleccionar en el botón INTRO y a sí mismo es como se dirige a otra pantalla donde se debe seleccionar el Navegador de archivo.



- Seleccionar la carpeta Data Log que dirige a otra carpeta con los datos que se requiere adquirir, en este caso en monitoreo del pH y control de CO₂.



- Una vez ingresado a la carpeta Data Log, se selecciona la carpeta de Datos para finalmente empezar la descarga de los datos requeridos.



AUTORES DE PLAN DE TITULACIÓN:

Palomo Masabanda Jhonatan David

Cédula: 0504282906

Velasco Chimba David Napoleón

Cédulas: 0550110407

APROBACIÓN DEL PLAN DE TITULACIÓN POR PARTE DEL TUTOR

PhD. Marrero Ramírez Secundino

Cédula: 1757107907