



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

**TRABAJO DE GRADO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE**  
**INGENIERÍA EN MECATRÓNICA**

**TEMA:**

**SCADA PARA INVERNADERO SOBRE SOFTWARE LIBRE**

**AUTOR:** Génesis Betzabé Carlozama Flores

**DIRECTOR:** Ing. Pablo Benavides MsC.

Ibarra-Ecuador

**2018**

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

**IDENTIFICACIÓN DE LA OBRA**

La Universidad Técnica del Norte dentro del proyecto Repositorio Digital Institucional, determinó la necesidad de disponer de textos completos en formato digital con la finalidad de apoyar los procesos de investigación, docencia y extensión de la Universidad. Por medio del presente documento dejo sentada mi voluntad de participar en este proyecto, para lo cual pongo a disposición la siguiente información:

DATOS DE CONTACTO			
CEDULA DE IDENTIDAD:	1004040604		
APELLIDOS Y NOMBRE:	Génesis Betzabé Carlozama Flores		
DIRECCIÓN:	San Antonio- Barrio Bellavista Bajo		
EMAIL:	<a href="mailto:gbcarlozama@utn.edu.ec">gbcarlozama@utn.edu.ec</a>		
TELEFONO FIJO:	062-932399	TELEFONO MOVIL:	967158406

DATOS DE LA OBRA	
TÍTULO:	<b>SCADA PARA INVERNADERO SOBRE SOFTWARE LIBRE</b>
FECHA:	Carlozama Flores Génesis Betzabé
PROGRAMA:	PREGRADO
TITULO POR EL QUE OPTA:	Ingeniera en Mecatrónica
DIRECTOR:	MsC. Pablo Benavides Bastidas

## DECLARACIÓN

Yo, Génesis Betzabé Carlozama Flores, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte - Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

Firma

Nombre: Génesis Betzabé Carlozama Flores

Cédula: 1004040604

## DECLARACIÓN

Yo, Génesis Betzabé Carlozama Flores, declaro bajo juramento que el trabajo aquí escrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Universidad Técnica del Norte - Ibarra, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normativa institucional vigente.



---

Firma

Nombre: Génesis Betzabé Carlozama Flores

Cédula: 1004040604

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres Arturo Carlozama y Miryan Flores por ser mi ejemplo de vida y brindarme su apoyo incondicional.

A mis hermanos Alex, Steeven y Gisella, por estar conmigo en cada momento de mi vida.

A la Universidad Técnica del Norte, por abrirme sus puertas y poder formarme de manera profesional y ética.

A todo el personal docente de Facultad de Ingeniería en Ciencias Aplicadas, quienes con su paciencia y empeño han impartido conocimientos y valores en mí.

Al MsC. Pablo Benavides por su importante y valiosa asesoría en el desarrollo de este trabajo.

Al MsC. Diego Terán, por ser más que un docente, amigo, quien desde un principio confió en mí y supo brindarme su apoyo y conocimiento para la culminación de este trabajo.

A cada uno de mis amigos y compañeros con quienes compartimos alegrías y tristezas en las aulas que nos conocimos, quienes le dieron un sentido diferente a la palabra amistad, por sus palabras de aliento y apoyo en cada paso logrado.

Betzabé Carlozama

## **DEDICATORIA**

Dedico este trabajo a mis padres por sus sacrificios que han hecho para que pueda culminar esta meta en mi vida, de manera especial a mi madre quien ha estado conmigo en cada uno de mis logros, quien me corrigió cuando debía hacerlo, cuando me vio reír y llorar siempre estuvo como la mejor amiga que puedo tener.

A mi hermanita Gisella, quien me ha demostrado que un cromosoma extra puede darle otro sentido a tu vida y la llena de alegría en cada minuto, que el Síndrome de Down no te hace especial, sino hace especial la vida de los demás.

Betzabé Carlozama

## RESUMEN

El presente consiste en el diseño de un SCADA para invernadero desarrollado en software libre, mismo que es una aplicación de software de control y adquisición de datos de las variables que influyen en el desarrollo y cultivo de las plantas en invernadero. Para esto se realizaron diferentes tipos de investigación de diferentes softwares SCADA con sus respectivas ventajas, desventajas y aplicaciones que ofrecen. Luego de estudiar tres tipos de softwares, Movicon 11.5 se definió como el software en el cual se desarrolló el proyecto, este ofrece comunicación con ciertos drivers de comunicación para los PLC más renombrados en la industria. Para el diseño del sistema se tomó en cuenta 7 variables que se consideran críticas en el desarrollo de las plantas de invernadero como son: temperatura interior, temperatura del suelo, temperatura exterior, humedad relativa exterior, concentración de CO<sub>2</sub>, nivel de líquido y radiación solar. Se realizó un diseño de la arquitectura del sistema, que cuenta con una computadora central MTU, misma que administra toda la información que provee la RTU (PLC S7-1200), la comunicación entre estas dos se realiza a través del protocolo de comunicación Ethernet TCP/IP usando la topología punto a punto. El diseño de cada una de las pantallas del sistema se las realizó con base a la Norma ISO 9241, siguiendo los parámetros que indica esta, logrando un entorno amigable y de fácil manejo para el usuario. La interfaz del usuario cuenta con 12 pantallas que son: pantalla inicial, pantalla principal, pantalla de alarmas, pantalla de data loggers, configuración de variables y 7 pantallas de cada una de las variables. La programación para la adquisición de variables se la realizó a través de la plataforma Arduino, que provee la información al PLC, programado a través del software Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal). Finalmente se presenta un manual de usuario de la interfaz para el correcto funcionamiento y adquisición de los datos.

## **ABSTRACT**

This present is a SCADA design to be used in a greenhouse which was developed in a free software. It is a software application of control and acquisition of data variables that has influence on plants development and cultivation in a greenhouse. Different types of researches were made in order to analyze a variety of SCADA software and discovered the advantages, disadvantages and applications they offer. After studying three types of software, Movicon 11.5 was chosen as the software in which the project will be developed. It offers communication with certain drivers for the most known PCL in the industry. For the system design 7 variables were taken into account, they are considered essential for the development of greenhouse plants: indoors temperature, soil temperature, outdoors temperature, relative outdoors humidity, CO<sub>2</sub> gathering, liquid level and solar radiation. A design of the system's network was made. It counts with a central MTU computer which administrates all the data given by the RTU (PLC S7-1200). The communication between both is made through a communication protocol called Ethernet TCP/IP using point to point topology. The design of each system' screen was based on Norma ISO 9241 following its parameters which created a friendly environment and an easy use for the user. The user's interface has 12 screens which are: initial screen, main screen, alarms screen, loggers data screen, set variables and 7 screens with their variables. The programming for the acquisition of variables was made through the Arduino platform which provides information to the PCL. It was programmed through the Totally integrated Automation Portal software (TIA Portal). Finally, a user's manual is presented to get the correct working and data acquisition.

# INDICE DE CONTENIDOS

CAPITULO I .....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Justificación .....	2
1.3. Objetivos .....	3
1.3.2. Objetivos Específicos.....	3
CAPÍTULO II .....	4
2.1. Invernadero .....	4
2.2. Invernadero Inteligente .....	4
2.3. Técnicas Modernas de Cultivo.....	4
2.3.1. Hidroponía .....	4
2.3.2. Aeroponía.....	5
2.4. Factores Necesarios para el Buen Desarrollo de los Cultivos .....	5
2.4.1. Temperatura .....	5
2.4.2. Humedad .....	6
2.4.3. Luz .....	6
2.4.4. Riego.....	6
2.4.5. Calefacción .....	7
2.4.6. Ventilación.....	7
2.5. Factores por Visualizar .....	7
2.6. Sensores y Dispositivos actuadores .....	8

2.6.1.	Sensores .....	8
2.6.1.1.	DTH22 .....	9
2.6.1.1.2.	Características del Sensor DHT22 .....	10
2.6.1.1.3.	Especificaciones técnicas del sensor DHT22 .....	11
2.6.1.1.4.	Conexión.....	11
2.6.1.2.	LM35.....	12
2.7.	Controlador lógico programable.....	20
2.8.	PLC Siemens S7-1200.....	20
2.9.	Open Source.....	21
2.10.	Software Libre .....	21
2.11.	Sistemas SCADA.....	22
2.11.1.	Funciones de los Sistemas SCADA.....	22
2.12.	Componentes de un sistema SCADA .....	24
2.12.1.	Hardware.....	24
2.12.2.	Unidad Terminal Maestra (MTU).....	24
2.12.3.	Unidad remota de telemetría (RTU) .....	24
2.12.4.	Red de comunicación.....	25
2.12.5.	Instrumentación de campo .....	25
2.12.6.	Software .....	25
2.13.	Tipos de sistemas SCADA.....	26
2.13.1.	SCADA propietarios y abiertos .....	26
2.13.2.	Sistemas SCADA comerciales y gratuitos.....	27

CAPÍTULO III.....	30
3.1. Tipo de investigación.....	30
3.2. Investigación Documental .....	30
3.3. Investigación Tecnológica .....	31
3.4. Investigación de Campo.....	31
3.5. Métodos.....	32
3.5.1. Método inductivo .....	32
3.5.2. Método deductivo .....	32
3.5.3. Método tecnológico .....	32
3.5.4. Técnicas e instrumentos.....	33
CAPITULO IV.....	34
4.1. Diseño de la arquitectura del SCADA .....	34
4.3. Selección del software SCADA.....	36
4.3.1. Software Movicon 11.5.....	38
4.3.2. Características Principales de Movicon 11.5 .....	38
4.6. Diseño del HMI (Interfaz Hombre-Máquina).....	45
4.3. Descripción del sistema desarrollado en el software Movicon 11.5.....	46
4.3.1. Pantalla de inicio.....	46
4.3.2. Pantalla principal .....	47
4.3.4. Pantalla de alarmas .....	50
4.3.5. Pantalla de Data Loggers .....	53
4.3.6. Pantallas de análisis de curvas .....	55

4.3.7.	Base de datos en Microsoft Access.....	59
CAPITULO V.....		63
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	63
5.1.	Conclusiones.....	63
5.2.	Recomendaciones .....	65
5.3.	Bibliografía .....	66
5.4.	Anexos .....	70
5.4.1.	Anexo 1 .....	70
5.4.2.	Anexo 2.....	77
5.4.3.	Anexo 3.....	83
5.4.4.	Anexo 4.....	84
5.4.5.	Anexo 5.....	88

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Sensor DHT22.....	10
Figura 2: Conexión del sensor DHT22 .....	12
Figura 3: Sensor LM35 .....	13
Figura 4: Sensor MQ-135 .....	14
Figura 5: Diagrama interno del sensor MQ-135 .....	15
Figura 6: Curva característica de sensor MQ-135 .....	15
Figura 7: Sensor HC-SR04 .....	17
Figura 8: Panel solar .....	18
Figura 9: Sensor ACS712 .....	19
Figura 10: PLC s7-1200.....	20
Figura 11: Arquitectura del SCADA .....	34
Figura 12: Algoritmo usado en Arduino.....	41
Figura 13: Diagrama PCB.....	43
Figura 14: Placa de componentes electrónicos .....	44
Figura 15: RTU del Sistema .....	44
Figura 16: Pantalla inicial .....	46
Figura 17: Pantalla principal.....	47
Figura 18: Pantalla de configuración de variables.....	49
Figura 19: Pantalla de alarmas.....	50
Figura 20: Pantalla de Data Loggers.....	55

Figura 21: Pantalla de gráficas de temperatura interior .....	56
Figura 22: Pantalla de temperatura interior .....	57
Figura 23: Pantalla de CO2.....	57
Figura 24: Pantalla de temperatura exterior .....	58
Figura 25: Pantalla de humedad relativa exterior .....	58
Figura 26: Pantalla de irradiación solar .....	59
Figura 27: Base de datos en Microsoft Access. ....	60
Figura 28: Pantalla Software Movicon 11.5 .....	70
Figura 29: Creación de nuevo proyecto en Software Movicon 11.5 .....	71
Figura 30: Elección de plataformas en Software Movicon 11.5.....	71
Figura 31: Configuración del proyecto en Software Movicon 11.5 .....	72
Figura 32: Parámetros de seguridad en Software Movicon 11.5 .....	72
Figura 33: Elección de controladores en Software Movicon 11.5.....	73
Figura 34: Configuración de Sinópticos en Software Movicon 11.5.....	73
Figura 35: Configuración de data logger y recetas en Software Movicon 11.5 .....	74
Figura 36: Configuración de alarmas en Software Movicom 11.5.....	74
Figura 37: Configuración de la estación del controlador.....	75
Figura 38: Configuración de variables en Software Movicon 11.5 .....	75
Figura 39: Creación de Sinópticos en Software Movicon 11.5 .....	76
Figura 40: Creación de alarmas en Software Movicon 11.5.....	76
Figura 41: Diagrama general de conexiones.....	83
Figura 42: Programación del PLC .....	87

Figura 43: Inicio del sistema.....	89
Figura 44: Iniciar sistema.....	90
Figura 45: Valores de variables del sistema .....	90
Figura 46: Configuración de parámetros .....	91
Figura 47: Pantalla de configuraciones.....	91
Figura 48: Botones para análisis de curvas.....	93
Figura 49: Pantalla de variable seleccionada .....	93
Figura 50: Comparación de curvas .....	94
Figura 51: Ventana de selección de periodo a comparar. ....	94
Figura 52: Botones de selección de periodo .....	95
Figura 53: Botones de selección de periodo .....	95
Figura 54: Botón para el menú principal .....	95
Figura 55: Botón para actualizar los datos del sistema.....	96
Figura 56: Botón para data loggers.....	96
Figura 57: Botón para salir de la visualización de datos .....	96
Figura 58: Acceso a data logger.....	97
Figura 59: Data Logger de los datos de las variables .....	97
Figura 60: Botón para actualizar los datos del sistema.....	98
Figura 61: Botón para filtrar los datos del sistema .....	98
Figura 62: Botón para reporte e impresión de los datos del sistema .....	98
Figura 63: Botón para ir al menú principal.....	98
Figura 64: Botón para accede a la pantalla de alarmas .....	99

Figura 65: Botón para salir de la pantalla de data logger .....	99
Figura 66: Botón para acceder a las alarmas .....	100
Figura 67: Pantalla de alarmas .....	100
Figura 68: Botón para reconocer una alarma activada.....	101
Figura 69: Botón para reconocer varias alarmas activadas.....	101
Figura 70: Botón para activar o desactivar el sonido.....	101

## INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Tipos de sensores más comunes. ....	9
Tabla 2: Especificaciones técnicas del sensor DHT22 .....	11
Tabla 3: Especificaciones técnicas del sensor LM35 .....	13
Tabla 4: Especificaciones técnicas del HC-SR04.....	17
Tabla 5: Especificaciones técnicas del ACS712.....	19
Tabla 6: Sistemas SCADA Open Source.....	27
Tabla 7: Lista de SCADAs comerciales .....	27
Tabla 8: Lista de Software SCADA gratuitos.....	29
Tabla 9: Sensores utilizados en el sistema SCADA para invernadero .....	35
Tabla 10: Comparación de sistemas SCADA.....	36
Tabla 11: Variables usadas en TIA Portal .....	42

# CAPITULO I

## 1.1. Planteamiento del problema

En la actualidad las existencias de sistemas sofisticados permiten el control de las plantas industriales mismos que facilitan el acceso a los datos y la generación de información vital para la empresa. La gran mayoría de estos son de costo tan elevado que las medianas y pequeñas empresas se ven obligadas a renunciar la idea de implementar un sistema que les permita desarrollarse y progresar.

Los sistemas SCADA que se usan hoy en día en la industria están basados en softwares licenciados, que están diseñados para trabajar sobre plataformas de pago y estas a su vez cuentan con muchas restricciones de compatibilidad, por otro lado, tienen un costo elevado por el pago de licencias, pago por actualización de software o gastos por softwares de antivirus.

El código abierto u Open se encuentra en una etapa fuerte de crecimiento, compitiendo al mismo nivel que el software pagado, debido a sus grandes beneficios como compatibilidad con distintos fabricantes, mayor seguridad que estos ofrecen en comparación a los comerciales y sobre todo por tener un bajo costo y en algunos casos inclusive gratuito.

Es por ello por lo que se propone diseñar y simular un sistema de supervisión, control y adquisición de datos (SCADA) para la automatización de un invernadero de aeroponía, mediante el uso de

software libre que sea eficiente, de fácil implementación y asequible para las pequeñas y medianas empresas agroindustriales que no disponen de los recursos suficientes para la adquisición de uno en el mercado actual, pudiendo hacer cambios o mejoras por los expertos en el área.

## **1.2. Justificación**

Los procesos de cultivo en invernaderos aeropónicos requieren de supervisión y control de diferentes parámetros como temperatura, humedad, PH y riego, para el correcto desarrollo de los productos a cultivarse en el mismo, mediante un control de las condiciones ambientales y el registro de los parámetros pertinentes.

El costo de una solución industrial convencional resulta ser de costo muy elevado siendo que para muchas agroindustrias de este tipo no sea asequible, y en otros casos, es necesario realizar importaciones de equipos que son imposibles de encontrar en nuestro país.

Con la implementación de un Sistema SCADA sobre software libre, se pretende dar solución a lo planteado, logrando tener acceso a información real del invernadero aeropónico, los mismos que podrían simularse y parametrizarse, además con la reducción de costos por el uso de un software libre por el cual no se pagarán licencias, pago por actualización de software o gastos por softwares de antivirus, las pequeñas y medianas agroindustrias podrán desarrollarse y progresar en estas actividades y se lograrán hacer mejoras o modificaciones en el sistema empleado según la conveniencia de los estudios realizados.

### **1.3. Objetivos**

#### **1.3.1. Objetivo General**

Simular un sistema SCADA para invernaderos de aeroponía, utilizando software libre.

#### **1.3.2. Objetivos Específicos**

- Definir el software libre de SCADA a usar, tomando en cuenta las necesidades de un invernadero para aeroponía.
- Establecer los parámetros que se van a controlar y visualizar en el entorno del sistema SCADA de invernaderos en aeroponía.
- Diseñar y simular el sistema SCADA para invernaderos de aeroponía.
- Demostrar la confiabilidad del sistema realizado, en términos de entrega de información hacia el usuario.

## **CAPÍTULO II**

### **2. Marco teórico**

#### **2.1. Invernadero**

Un invernadero es toda aquella estructura cerrada y cubierta, dentro de la cual es posible obtener unas condiciones artificiales de microclima, y con ello cultivar plantas en condiciones óptimas y fuera de temporada. (Miserendino & Astorquizaga, 2014)

#### **2.2. Invernadero Inteligente**

Un invernadero inteligente es aquel que tiene la capacidad de controlar las variables que afectan el cultivo de las plantas mediante la utilización de sensores, actuadores y software, esto sin la intervención del hombre y logrando un desarrollo y producción eficiente y de calidad.

Técnicas. (Erazo Rodas & Sanchez Alvarado, 2011)

#### **2.3. Técnicas Modernas de Cultivo**

##### **2.3.1. Hidroponía**

Es una técnica de producción agrícola en la que se cultiva sin suelo (tierra) y donde los elementos nutritivos son entregados en una solución líquida. (Zeoli, 2011)

### **2.3.2. Aeroponía**

La aeroponía es el sistema hidropónico más moderno. Las raíces crecen en oscuridad y pasan la mayor parte del tiempo expuestas al aire, de ahí el nombre de aeroponía. Por el interior del cilindro una tubería distribuye la solución nutritiva mediante pulverización media o baja presión. (Hidroponia, 2013)

## **2.4. Factores Necesarios para el Buen Desarrollo de los Cultivos**

Para garantizar el desarrollo correcto y calidad de plantas y cultivos se debe tener conocimiento de cada uno de los factores de crecimientos ideales de cada uno de ellos. Existen muchas variables dentro del desarrollo de la planta las cuales le permiten un buen desarrollo, la temperatura, la humedad, el riego y la iluminación entre otras. (Diseño y construcción de invernaderos y viveros en España, 2017)

### **2.4.1. Temperatura**

Cada cultivo cuenta con un rango de temperatura adecuado para su desarrollo y crecimiento, la mayoría de los cultivos requieren de temperaturas consideradas frescas. La aportación de calor, así como la correcta circulación dentro del invernadero ayudan en el aumento de producción de las plantas, logrando cosechas de calidad y el incremento las mismas. (Barrera Martin, Herrero Niño, & Meraz García, 2014)

#### 2.4.2. **Humedad**

Para que el desarrollo y producción sea perfecta y a su vez la deseada por quienes la cultivan, la humedad ambiental específica debe ser la adecuada para cada una de las especies según los parámetros de cada una de ellas. Si la humedad del ambiente aumenta se contribuye a la aparición y propagación de plagas y enfermedades en los cultivos, de igual manera si la humedad es muy baja el único resultado será secar los cultivos. (Barrera Martin, Herrero Niño, & Meraz García, 2014)

#### 2.4.3. **Luz**

Otro factor importante en los invernaderos es la cantidad de luz que ingieren sobre ellos. Sobre todo, en los días de invierno, la ausencia de luz afecta al crecimiento de la planta ya que, si no hay luz, no existe fotosíntesis y, por lo tanto, no se puede realizar la floración y fructificación. (Barrera Martin, Herrero Niño, & Meraz García, 2014)

#### 2.4.4. **Riego**

Los cultivos para su desarrollo requieren de aporte de macronutrientes y micronutrientes los cuales son absorbidos a través de las raíces de las plantas, de igual manera a cada cultivo se le deberá brindar cada uno de los nutrientes según lo especifiquen las condiciones. (Barrera Martin, Herrero Niño, & Meraz García, 2014)

#### **2.4.5. Calefacción**

La calefacción dentro de los invernaderos genera grandes beneficios para los productores, debido que mediante la climatización ideal se consigue aumentar la productividad y en muchos casos el número de cosechas. (Barrera Martin, Herrero Niño, & Meraz García, 2014)

#### **2.4.6. Ventilación**

La ventilación es muy importante para que el crecimiento del cultivo sea óptimo, esta debe ser la suficiente dentro del invernadero, especialmente en los casos en que la temperatura exterior, la radiación solar y la humedad relativa sean muy elevadas. (Barrera Martin, Herrero Niño, & Meraz García, 2014)

#### **2.4.7. CO<sub>2</sub>**

El CO<sub>2</sub> es esencial para que se produzca la fotosíntesis. Las plantas toman CO<sub>2</sub> del aire y agua de las raíces y luego utilizan energía luminosa para transformar estos componentes en azúcar (carbohidratos) y oxígeno. Si no existe un suministro de CO<sub>2</sub> adecuado y disponible para las plantas, el ritmo de fotosíntesis se reduce. (Marlow, 2011)

### **2.5. Factores por Visualizar**

Una vez identificados los factores ideales para el desarrollo de cultivos en invernaderos, se plantean los factores a visualizar y monitorear para el desarrollo de la automatización del invernadero inteligente. Los factores que se van a monitorear mediante la utilización de sistemas automatizados son:

Temperatura interior  
Humedad relativa  
Nivel de fertirrigante  
Irradiación  
Temperatura exterior  
CO<sub>2</sub>  
Temperatura del suelo

## **2.6. Sensores y Dispositivos actuadores**

Los factores determinantes para el desarrollo y cultivos de plantas en invernaderos aeropónicos son la temperatura, la humedad relativa y luminosidad, estas variables se las monitorea a través de sensores electrónicos ubicados en lugares específicos en el invernadero.

### **2.6.1. Sensores**

La medida de un fenómeno físico, como la temperatura de una habitación, la intensidad de una fuente de luz o la fuerza aplicada a un objeto, comienza con un sensor. Un sensor, también llamado un transductor, convierte un fenómeno físico en una señal eléctrica que se puede medir. Dependiendo del tipo de sensor, su salida eléctrica puede ser un voltaje, corriente, resistencia u otro atributo eléctrico que varía con el tiempo. (National Instruments, 2018). La tabla 1 muestra una lista de algunos sensores.

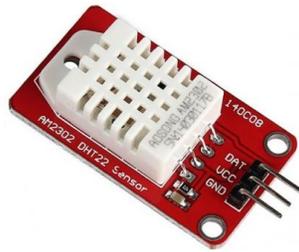
**Tabla 1:** Tipos de sensores más comunes.

<b>Sensor</b>	<b>Fenómeno</b>
<b>Termopar, RTD, Termistor</b>	Temperatura
<b>Fotosensor</b>	Luz
<b>Micrófono</b>	Sonido
<b>Galga Extensiométrica, Transductor Piezoeléctrico</b>	Fuerza y Presión
<b>Potenciómetro, LVDT, Codificador Óptico</b>	Posición y Desplazamiento
<b>Acelerómetro</b>	Aceleración
<b>Electrodo pH</b>	pH

**Fuente:** <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>

#### 2.6.1.1. DTH22

El DHT22, figura 1, es un módulo sensor de temperatura y humedad que en su interior incluye dos sensores, uno para medir la temperatura y otro para medir la humedad ambiental, ambos son comandados por un micro controlador el cual se encarga de tomar el valor de ambas magnitudes y digitalizarlas, de tal manera de que puedan ser enviadas a un MCU para ser decodificadas y mostradas al usuario. (Tecnobótica, 20)



**Figura 1:** Sensor DHT22

**Fuente:** <https://www.cytron.io/p-sn-dht22-mod>

#### **2.6.1.1.2. Características del Sensor DHT22**

- Salida digital: Puede estar localizado a 25 metros del MCU sin perder datos por el largo del cable
- Calibración de fábrica: Se encuentran calibrados de fábrica, tienen su calibración almacenada en memoria, este coeficiente de calibración se utiliza en las mediciones realizadas por el dispositivo.
- Consumo de corriente reducido.
- No se necesitan componentes extras para hacerlo funcionar.
- Fácil de reemplazar

### 2.6.1.1.3. Especificaciones técnicas del sensor DHT22

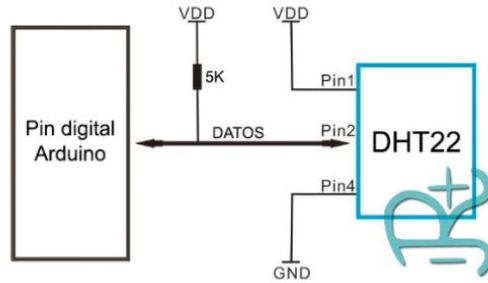
*Tabla 2:* Especificaciones técnicas del sensor DHT22

<b>Voltaje de alimentación:</b>	<b>3.3 – 6 V dc.</b>
<b>Señal de salida:</b>	Digital bus simple (una línea).
<b>Elemento sensor:</b>	Capacitor de polímero.
<b>Rango de operación:</b>	0-100% Rh -40, 80 C Temperatura.
<b>Precisión:</b>	+2% tip. +5% max Rh.
<b>Sensibilidad:</b>	0.1%Rh - 0.1C.
<b>Repetibilidad:</b>	+1%Rh +-0.2 C.
<b>Histéresis Rh:</b>	+ - 0.3%Rh.
<b>Estabilidad:</b>	+ - 0.5%Rh /Año.
<b>Tiempo de sensado:</b>	2 seg Promedio.
<b>Intercambiabilidad:</b>	Completamente intercambiable.
<b>Dimensiones</b>	14X18X5.5 mm

**Fuente:** <http://tecnobotica.com/index.php/dht22-lectura-de-temperatura-y-humedad>

### 2.6.1.1.4. Conexión

La conexión es totalmente funcional, sin contar con ningún elemento extra. La conexión del sensor se visualiza en la figura 2.



**Figura 2:** Conexión del sensor DHT22

**Fuente:** (RDUINOSTAR.COM, 2018)

### 2.6.1.2. LM35

El LM35 es un sensor de temperatura integrado de precisión, cuya tensión de salida es linealmente proporcional a la temperatura, cada grado Celsius equivale a 10 mV, por lo tanto:

$$150^{\circ}C = 1500mV$$

$$250mV = 25^{\circ}C$$

$$-555mV = -55^{\circ}C$$

El LM35 por lo tanto tiene una ventaja sobre los sensores lineales de temperatura que están calibrados en grados Kelvin, debido a q el usuario no debe restar una gran tensión constante. No requiere de ningún ajuste o calibración externa; proporciona una precisión típica de  $\pm 1.4^{\circ}C$  a temperatura ambiente y  $\pm 3.4^{\circ}C$  durante su rango de medición. La figura 3 muestra un encapsulado TO92 de un LM35.



### 2.6.1.3. MQ-135

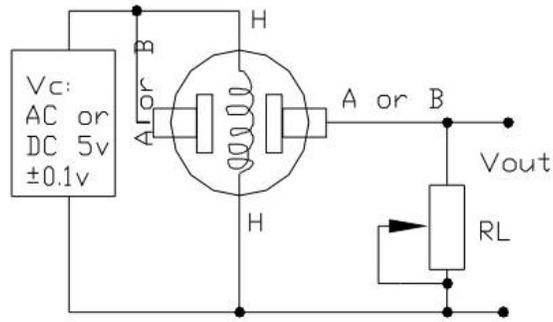
El sensor MQ-135, figura 4, es electroquímico y varían su resistencia interna cuando se exponen a determinados gases, internamente posee un calentador encargado de aumentar la temperatura interna y de esta manera el sensor puede reaccionar con los gases, provocando un cambio en el valor de la resistencia.



**Figura 4:** Sensor MQ-135

**Fuente:** <https://fabricadigital.org/tienda/sensor-de-calidad-del-aire-mq-135>

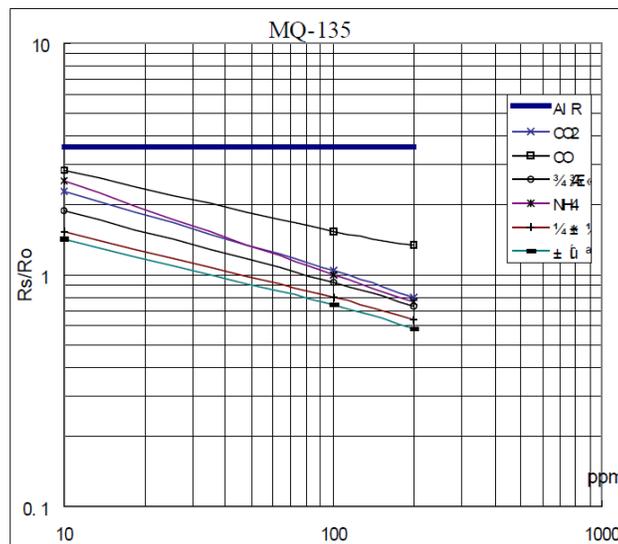
El comportamiento del sensor es como una resistencia la cual necesita una resistencia de carga (RL) para cerrar el circuito y así poder hacer un divisor de tensión y leerlo desde un microcontrolador como se indica en la figura 5. Para que la salida sea estable se requiere esperar un tiempo de calentamiento como lo indica el fabricante.



**Figura 5:** Diagrama interno del sensor MQ-135

**Fuente:** (nayLAMP MECHATRONICS, 2018)

El sensor detecta varios gases como: Benceno, alcohol, humo y calidad del aire (CO<sub>2</sub>), por eso se requiere de una calibración adecuada para cada tipo de gas. Para ello se toma la curva característica del sensor, figura 6.



**Figura 6:** Curva característica de sensor MQ-135

**Fuente:** (nayLAMP MECHATRONICS, 2018)

La gráfica permite obtener una concentración del gas a través de la relación entre la resistencia del sensor  $R_0$  y la resistencia medida  $R_s$ . Además, la hoja de especificaciones proporciona la resistencia  $R_L$  que emplea el módulo para realizar la lectura. La gráfica se muestra en escala logarítmica para los dos ejes. Por lo que la concentración resultará:

$$ppm = 10^{(A \cdot \log(\frac{R_s}{R_0}) + B)}$$

La concentración se obtiene mediante la recta de aproximación del  $CO_2$ , tomando dos puntos cualquiera en la gráfica.

#### **2.6.1.4. Sensor HC-SR04**

El HC-SR04, figura 7, es un sensor ultrasónico, usado comúnmente para medir distancias. El principio de funcionamiento se basa en el envío y recepción de un pulso de alta frecuencia, mismo que no es audible para el ser humano. Cuando se dispara el pulso y al hacer contacto con algún objeto rebota y es devuelto hacia el micrófono del sensor. Logrando de esta manera medir el tiempo de envío y recepción del pulso.



**Figura 7:** Sensor HC-SR04

**Fuente:** (nayLAMP MECHATRONICS, 2018)

En la tabla 4 se muestran las especificaciones técnicas del sensor HC-SR04

**Tabla 4:** Especificaciones técnicas del HC-SR04

<b>Voltaje de trabajo</b>	5V DC
<b>Corriente de trabajo</b>	15mA
<b>Frecuencia de trabajo</b>	40Hz
<b>Rango máximo</b>	4m
<b>Rango mínimo</b>	2cm

**Fuente:** (ELEC Freaks, 2018)

#### 2.6.1.5. Panel solar

Los paneles solares, figura 8, también conocidos como módulos solares, son dispositivos que captan y aprovechan la luz solar (como fuente de energía) para convertirla en corriente eléctrica.

Están conformados por celdas solares, que son las que permiten aprovechar la luz del Sol y convertirla en electricidad para que el ser humano la ocupe con distintos fines. (Galt Energy, 2018).



**Figura 8:** Panel solar

**Fuente:** <https://www.linio.com.mx/p/panel-solar-fotovoltaico-policristalino-iusa-448137-toe2z2>

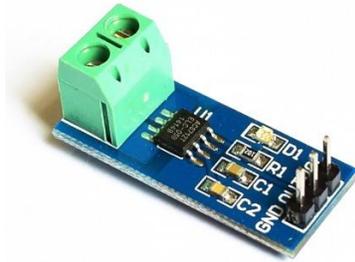
#### **2.6.1.6. Sensor de corriente**

El sensor ACS712 se muestra en la figura 9, es un sensor de corriente por efecto hall, que provee un solución económica y precisa para medir corriente en AC o DC, ya sea en ambientes industriales o comerciales. Este sensor funciona transformando un campo magnético surgido del paso de la corriente por un alambre de cobre interno en el sensor, y convirtiendo este campo en un voltaje variable. Esto significa que a mayor cantidad de corriente que se tenga, el voltaje será mayor.

(Patagonia

Tecnology,

2018)



**Figura 9:** Sensor ACS712

**Fuente:** (nayLAMP MECHATRONICS, 2018)

#### 2.6.1.6.1. Especificaciones técnicas

La tabla 5 muestra las especificaciones técnicas del sensor ACS712

**Tabla 5:** Especificaciones técnicas del ACS712

<b>Voltaje de salida</b>	Analog outoput 66mV/A
<b>Voltaje de operación</b>	4.5V – 5.5V
<b>Salida de voltaje sin corriente</b>	VCC/2
<b>Error total de salida</b>	1.5% en TA=25°
<b>Resistencia interna</b>	1.2Ω

**Fuente:** <http://saber.patagoniatec.com/2014/12/sensor-de-corriente-ac712-5-20-30a-ptec-arduino-pic/>

## 2.7. Controlador lógico programable

Un controlador lógico programable (Programmable Logic Controller PLC), es un dispositivo operado digitalmente, que usa una memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos. (Controlador Lógico Programable PLC, 2018)

## 2.8. PLC Siemens S7-1200

El controlador Siemens S7-1200, figura 10, supone una revolución en el mundo de la automatización. Con interfaz Ethernet / PROFINET integrada, mayor flexibilidad de configuración y más velocidad, se convierte en la solución ideal para un amplio abanico de aplicaciones. La CPU S7-1200 es un potente controlador que incorpora una fuente de alimentación y distintos circuitos de entradas y salidas integrados. (SIEMENS, 2018)



**Figura 10:** PLC s7-1200

Fuente: (SIEMENS, 2018)

## **2.9. Open Source**

La idea básica detrás del Open Source es muy simple: cuando los desarrolladores pueden leer, redistribuir y modificar el código fuente de una aplicación, ésta evoluciona. La comunidad mejora el software, lo adapta, o corrige con gran rapidez. Nosotros, en la comunidad Open Source hemos aprendido que este rápido proceso de evolución produce mejor software que el modelo tradicional cerrado, donde solo algunos programadores pueden ver el código fuente, mientras que el resto debe usar ciegamente un bloque indescifrable de bits. (Open Source, 2018)

## **2.10. Software Libre**

El software libre hace referencia a la capacidad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el software que se ha puesto en sus manos; esto implica una gran ventaja para los usuarios de él porque el código fuente es colocado a disposición del usuario, es factible adaptarlo a los cambios del entorno en donde se esté utilizando este tipo de recursos, y esto da pie a la satisfacción de las necesidades particulares.

La primera característica y tal vez la más llamativa es que para utilizar o descargar esta clase de software no es necesario realizar ningún pago, pero lo más importante de este tipo de software es que se proporciona el código del programa; es decir que cualquier usuario puede realizar las adecuaciones y modificaciones que requiere para mejorar sus prestaciones a la luz de ciertos requerimientos particulares o generales. El Software libre incluye la libertad de los usuarios para ejecutar, copiar, distribuir, estudiar, cambiar y mejorar el propio software. (Arriola Navarrete, Tecuatl Qhecol, & Gonzáles Herrera , 2018)

## **2.11. Sistemas SCADA**

Los sistemas SCADA “Supervisory Control And Data Acquisition” (Sistemas de control, supervisión y adquisición datos). Permiten supervisar y controlar diferentes variables de un determinado proceso basado en computadores, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo y controlando el proceso de manera automática a través de un software especializado.

Además, brindan toda la información suscitada en los procesos a los usuarios. (Pérez, 2015)

En un sistema SCADA se incluyen muchos subsistemas, así la adquisición de los datos puede estar a cargo de un PLC (Controlador Lógico Programable) el cual recibe las señales y las envía a las estaciones remotas usando protocolos determinados, otra manera podría ser a través de una computadora que realice la toma de datos vía hardware especializado y luego transmita la información a un equipo de radio mediante su puerto serial, y así un sinnúmero de alternativas.

(Aillón Abril, 2010)

### **2.11.1. Funciones de los Sistemas SCADA**

Según (Chavarría Meza, 2007) las funciones principales que realiza los sistemas SCADA son las siguientes:

**a) Supervisión remota de instalaciones y equipos:** Permite al operador conocer el estado de desempeño de las instalaciones y los equipos alojados en la planta, lo que permite dirigir las tareas de mantenimiento y estadística de fallas.

**b) Control remoto de instalaciones y equipos:** Mediante el sistema se puede activar o desactivar los equipos remotamente (por ejemplo, abrir válvulas, activar interruptores, prender motores, etc.),

de manera automática y también manual. Además, es posible ajustar parámetros, valores de referencia, algoritmos de control, etc.

**c) Procesamiento de datos:** El conjunto de datos adquiridos conforman la información que alimenta el sistema, esta información es procesada, analizada, y comparada con datos anteriores, y con datos de otros puntos de referencia, dando como resultado una información confiable y veraz.

**d) Visualización gráfica dinámica:** El sistema es capaz de brindar imágenes en movimiento que representen el comportamiento del proceso, dándole al operador la impresión de estar presente dentro de una planta real. Estos gráficos también pueden corresponder a curvas de las señales analizadas en el tiempo.

**e) Generación de reportes:** El sistema permite generar informes con datos estadísticos del proceso en un tiempo determinado por el operador.

**f) Representación de señales de alarma:** A través de las señales de alarma se logra alertar al operador frente a una falla o la presencia de una condición perjudicial o fuera de lo aceptable. Estas señales pueden ser tanto visuales como sonoras.

**g) Almacenamiento de información histórica:** Se cuenta con la opción de almacenar los datos adquiridos, esta información puede analizarse posteriormente, el tiempo de almacenamiento dependerá del operador o del autor del programa.

**h) Programación de eventos:** Esta referido a la posibilidad de programar subprogramas que brinden automáticamente reportes, estadísticas, gráfica de curvas, activación de tareas automáticas, etc.

## **2.12. Componentes de un sistema SCADA**

Según Hernández y Ledesma, (2010) mencionan que los componentes de un Sistema SCADA se dividen en dos grupos principales: Hardware y Software.

### **2.12.1. Hardware**

Un sistema SCADA necesita ciertos componentes inherentes de hardware en su sistema para poder tratar y gestionar la información captada. (Hernández Cevallos & Ledesma Marcalla, 2010)

### **2.12.2. Unidad Terminal Maestra (MTU)**

La MTU es el computador principal del sistema, el cual supervisa y recoge la información del resto de las subestaciones; soporta una interfaz hombre-máquina. El sistema SCADA más sencillo es el compuesto por un único computador, el cual es la MTU que supervisa toda la estación. (Hernández Cevallos & Ledesma Marcalla, 2010)

### **2.12.3. Unidad remota de telemetría (RTU)**

Una RTU es un dispositivo instalado en una localidad remota del sistema, está encargado de recopilar datos para luego ser transmitidos hacia la MTU. Esta unidad está provista de canales de entrada para detección o medición de las variables de un proceso y de canales de salida para control o activación de alarmas y un puerto de comunicaciones; físicamente estos computadores son tipo armarios de control. Una tendencia actual es la de dotar a los Controladores Lógicos

Programables(PLC's) la capacidad de funcionar como RTU. (Hernández Cevallos & Ledesma Marcalla, 2010)

#### **2.12.4. Red de comunicación**

El sistema de comunicación es el encargado de la transferencia de información entre la planta y la arquitectura hardware que soporta el sistema SCADA, puede ser construida con cables o puede ser inalámbrica, haciendo uso de cualquier protocolo industrial existente en el mercado, como por ejemplo; CANbus, Fieldbus, Modbus, etc. (Hernández Cevallos & Ledesma Marcalla, 2010)

#### **2.12.5. Instrumentación de campo**

Los instrumentos de campo están constituidos por todos aquellos dispositivos que permiten tanto realizar la automatización o control del sistema (PLC's, controladores de procesos industriales, y actuadores en general) y son los encargados de la captación de información del sistema. (Hernández Cevallos & Ledesma Marcalla, 2010)

#### **2.12.6. Software**

Es un programa que permite construir la interfaz humano- maquina (HMI, Human Machine Interface), debe ser capaz de restringir el acceso de las personas al sistema y generar señales de alarma en caso de fallas. Permite la comunicación tanto entre dispositivos de campo, como entre

los niveles de supervisión, niveles gerencias y administrativos. HMI puede ser una simple lámpara indicadora, o constar de un conjunto de pantallas donde se encuentra esquematizado gráficamente el proceso que se desea monitorear. En otras palabras, es el mecanismo que permite la interacción del ser humano con el proceso. (Hernández Cevallos & Ledesma Marcalla, 2010)

## **2.13. Tipos de sistemas SCADA**

Los sistemas SCADA pueden dividirse en dos categorías y según estas definir las, a continuación, se detallan cada una de ellas:

### **2.13.1. SCADA propietarios y abiertos**

Los sistemas propietarios: son desarrollados por los propios fabricantes de equipos o dispositivos de control, mismos que se comunican entre sí con sus propios controladores. La mayor desventaja que se ve en este tipo de SCADA es la limitación de compatibilidad y la gran dependencia de los fabricantes o proveedores del sistema. (Aguirre Zapata, 2013)

Los sistemas abiertos u Open son desarrollados para que tengan la posibilidad de ser aplicados a diferentes tecnologías o dispositivos de control, tan solo basta con contar con los drivers que interpreten los diferentes códigos de comunicación. La principal ventaja que ofrece este tipo de sistema es que si llega equipo de fábrica podrá ser implementado sin encontrar inconvenientes. La tabla 6 muestra una lista de algunos Software SCADA de Open Source. (Aguirre Zapata, 2013)

**Tabla 6:** Sistemas SCADA Open Source

<i>Nombre</i>	<i>Sistema Operativo que soporta</i>	<i>Tipo de Licencia</i>
<b>IndigoSCADA</b>	Windows, Linux	GPL
<b>openDAX</b>	Linux	GPL
<b>S.E.E.R. 2</b>	Linux	GPL
<b>SCADA ProcessViewer</b>	Windows	GPL
<b>ScadaBR</b>	Windows	GPL
<b>Szarp</b>	Windows, Linux	GPL

**Fuente:** (Amaresh, 2017)

### 2.13.2. Sistemas SCADA comerciales y gratuitos

Un sistema SCADA comercial es aquel que una compañía realiza su desarrollo, es decir, creación de interfaces para comunicar los distintos dispositivos, y una vez finalizado su desarrollo, se entrega al usuario final un producto de uso fácil. La principal desventaja es que el desarrollo por ser de entrega final tiene un costo elevado, lo que hace que no sea accesible para medianas y pequeñas empresas. La tabla 7 indica una lista de varios SCADAs comerciales con sus proveedores y su costo.

**Tabla 7:** Lista de SCADAs comerciales

<i>Nombre</i>	<i>Compañía</i>
<b>Aimax</b>	Design Instruments S.A.
<b>CUBE</b>	Orsi España S.A.
<b>Lookout</b>	National Instruments.
<b>Monitor Pro</b>	Schneider Electric.
<b>SCADA In Touch</b>	LOGITEK
<b>SYSMAC SCS</b>	Omrom
<b>Scatt Graph 5000</b>	ABB
<b>WinCC</b>	Siemens
<b>LabView</b>	National Instuments
<b>VB_ScadaLadder</b>	Microsoft

**Fuente:** (Devia, 2018)

Un SCADA gratuito se dio de la creación de un SCADA comercial, del cual se observó que se tenían mayor ventaja si ese se ponía a disposición de varios desarrolladores del mundo con la modificación, la única condición para poder adquirir este software es que una vez realizado su objetivo, el conocimiento sea compartir y de ser así seguir realizando mejoras. La tabla 8 muestra una lista de algunos sistemas SCADA gratuitos.

**Tabla 8:** Lista de Software SCADA gratuitos

<i>Nombre</i>	<i>Sistema Operativo</i>
<b>mySCADA</b>	Linux
<b>PROMOTIC</b>	Windows
<b>TESLASCADA</b>	Windows, MacOS, Linux, Android e iOS
<b>Winlog Pro</b>	Windows

## **CAPÍTULO III**

### **3. Metodología**

#### **3.1. Tipo de investigación**

La investigación del trabajo de grado a realizar consta de tres puntos principales a considerar para su desarrollo: el primero es identificar las características de un invernadero para Aeroponía y sistemas SCADAS, mediante la ayuda de información teórica, el segundo es la aplicación de métodos tecnológicos que brindan información en tiempo real y por último tenemos la investigación de campo que nos permite identificar el funcionamiento del sistema SCADA para invernadero.

#### **3.2. Investigación Documental**

Esta investigación utiliza la recolección de datos e información teórica planteada por varios autores especializados en el tema y sirvió para el conocimiento del proceso de ejecución del proyecto. La información secundaria fue receptada mediante la ayuda de libros, artículos científicos, documentales, entre otros. La investigación documental permite plantear de una manera comprensible la información teórica según diferentes puntos de vista y de la misma manera permite respaldar el marco teórico.

### **3.3. Investigación Tecnológica**

Este tipo de investigación brinda la obtención de datos e información en tiempo real mediante la ayuda de equipos y sistemas tecnológicos, el uso de dispositivos a nivel de instrumentación ayuda al desarrollo del proyecto. El control y monitoreo de la información permite una respuesta eficiente en el proceso de desarrollo y crecimiento de los cultivos en invernadero, por lo que se aprecia la importancia de la implementación de los Sistemas SCADA en invernaderos.

### **3.4. Investigación de Campo**

La interacción en el campo permite que la información adquirida complemente el mejor entendimiento de la aplicación de lo teórico con lo práctico. La investigación de campo entrega una idea global del funcionamiento de las variables que se utilizan en el control y monitoreo del invernadero. Se puede observar el trabajo que el sistema SCADA realiza, entregando datos en tiempo real.

### **3.5. Métodos**

#### **3.5.1. Método inductivo**

Las existentes investigaciones teóricas permitieron el análisis y la adquisición de conocimientos globales referentes al trabajo desarrollado. La aplicación de estudios anteriores y actuales permitieron caracterizar los procedimientos adecuados. Los avances tecnológicos aplicados en el proyecto ayudan a desarrollar los procesos en invernaderos, brindando un resultado de mejor comprensión e identificación de las conclusiones de una buena aplicación.

#### **3.5.2. Método deductivo**

Los aspectos diferenciales de cada proceso de crecimiento de cultivos en invernaderos generan que se formulen ciertas incertidumbres a responder en este estudio. Se realizó ciertas hipótesis que permiten un mejor estudio, el cual se encuentra plasmado en el marco teórico. Las interpretaciones en la aplicación del proyecto brindan un mejor planteamiento de las conclusiones.

#### **3.5.3. Método tecnológico**

Con la ayuda de los procesos tecnológicos, el Sistema SCADA para invernadero, permite obtener importantes resultados, así mismo como lograr una comparación de los diferentes sistemas utilizados. El estudio y aplicación del sistema SCADA nos permite controlar, monitorear y visualizar la información, mejorando los procesos manuales que antiguamente se utilizaban,

generando una propuesta eficiente en invernaderos de manera manual como por interfaz gráfica. El sistema es un SCADA enfocado a pequeñas y medianas empresas. Aquí la importancia de las nuevas tecnologías que entrelazando una de la otra permite mejorar los sistemas eléctricos, electrónicos, neumáticos, mecánicos y muchos más sistemas.

#### 3.5.4. **Técnicas e instrumentos**

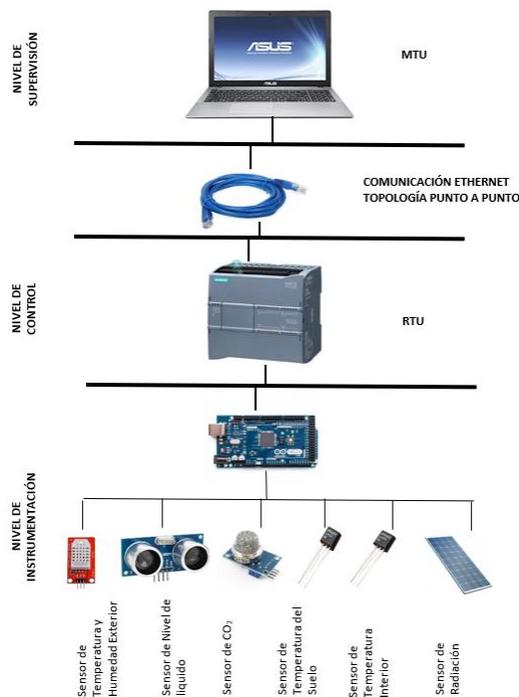
La técnica utilizada es el diseño y la simulación de un SCADA para invernadero en software libre. Nuestro principal instrumento de control y monitoreo es la programación en el software SCADA además de la realización de una RTU con sus respectivos dispositivos eléctricos y electrónicos que permite la demostración del sistema.

## CAPITULO IV

### 4. Resultados

#### 4.1. Diseño de la arquitectura del SCADA

El sistema SCADA cuenta con una computadora central MTU, la cual administra toda la información que provee la RTU, la comunicación entre estas dos se realiza a través del protocolo de comunicación Ethernet TCP IP, usando la topología punto a punto. En la figura 11 se puede ver la estructura del SCADA.



**Figura 11:** Arquitectura del SCADA

## 4.2. Selección de sensores

La selección de sensores para el desarrollo del sistema se lo realizó de acuerdo con las variables establecidas para visualizar y monitorear. Seleccionándose los instrumentos que se muestran en la tabla 9 para este proyecto.

**Tabla 9:** Sensores utilizados en el sistema SCADA para invernadero

<b>Variable a medir</b>	<b>Sensor</b>	<b>Tipo de señal</b>
Temperatura exterior	DHT22	Digital
Temperatura interior	LM35	Análoga
Temperatura del suelo	LM35	Análoga
Humedad relativa exterior	DHT22	Digital
Concentración de CO <sub>2</sub>	MQ-135	Análoga
Irradiación	Panel solar	Análoga
Nivel de liquido	HC-SR04	Análoga

### 4.3. Selección del software SCADA

Para la selección del software se tomó en cuenta el número de variables que se usa en el proyecto, la comunicación usada, además se tomó el presupuesto asignado, y las herramientas de programación que ofrece el software.

Se realizó una tabla de comparación entre diferentes softwares SCADA que dentro de su versión demo ofrecen diferentes ventajas y desventajas las cuales se detallan en la tabla 10.

Detallándose que PROMOTIC solo se puede ejecutar por un tiempo de 60 días y que TeslaSCADA con varias restricciones de compatibilidad con la RTU a usar.

Se optó por el software SCADA Movicon 11.5, el cual se lo descarga de manera gratuita desde su sitio web, además no existen restricciones algunas en el uso de todo tipo de variables y el uso de su Runtime es dos horas por sesión, las cuales nos permiten demostrar las funcionalidades del sistema desarrollado, además los datos recolectados por sesión son almacenados sin ser perdidos, es decir que si se caduca la sesión basta volver a ejecutar el sistema y este seguiría su curso.

**Tabla 10:** Comparación de sistemas SCADA

<b>SCADA DESCRIPCION</b>	<b>PROMOTIC</b>	<b>TeslaMultiSCADA</b>	<b>MOVICON 11.5</b>
<b>IDIOMA</b>	El idioma predeterminado es el inglés.	El idioma predeterminado es el inglés.	En el proceso de instalación se puede elegir el idioma de preferencia, entre ellos

			está el español sin ningún costo
<b>USO DE VARIABLES</b>	Tamaño maximo de 30 variables	Tamaño máximo 16 variables	Sin límites
<b>LICENCIAS</b>	Freeware/limitación	Freeware/limitación	Movicon tiene acceso libre a todo su sistema. Con la única desventaja que cada dos horas se cierra el Runtime del programa, esto no es perjudicial porque se la puede volver a activar sin ningún problema.
<b>DRIVERS</b>	PROMOTIC cuenta con ciertos driver de comunicación integrada para los PLC más conocidos.	ControlLogix. CompactLogix. Micrologix. SLC500	Movicon cuenta con ciertos driver de comunicación integrada para los PLC más conocidos.
<b>USO ESTUDIANTIL</b>	Este software se puede ejecutar sin	No cuenta con el Runtime (ejecutador en timepo real)	Este software se puede ejecutar sin licencia lo

	licencia con un tiempo de 60 días		cual es ideal para el uso estudiantil.
--	-----------------------------------	--	----------------------------------------

#### 4.3.1. Software Movicon 11.5

MOVICON 11.5 es un software SCADA/HMI de supervisión y control, que permite realizar proyectos sencillos e intuitivos. Posee comandos y funciones bien definidas en diferentes idiomas para su fácil manejo y comprensión por los usuarios. Es un software estándar para personas que realicen proyectos de automatización industrial, control remoto, servicios públicos y automatización de edificios. Independiente del hardware, adaptable e implementarle en cualquier lugar. (Progea Industrial Automation Software, 2017)

#### 4.3.2. Características Principales de Movicon 11.5

Movicon es una plataforma de software para generar y ejecutar proyectos destinados a la supervisión y control de los sistemas automatizados en los que es empleado. (Progea Industrial Automation Software, 2017)

1. *Escalabilidad:* Movicon 11.5 ofrece una plataforma de software todo incluido, un único editor de Windows 10 (Win32 / 64) para Windows CE. Solo se requiere instalar el software para cualquier micro aplicación para terminales HMI o cualquier aplicación a mediana o gran escala para la supervisión de plantas de procesos y empresas

2. *Editor simple:* ofrece un entorno de configuración simple que es intuitivo y completo para que los proyectos se puedan crear en menos tiempo.
3. *Conectividad:* Movicon 11.5 tiene una biblioteca de controladores de E / S de comunicación completa y nativa para todos los tipos de dispositivos y PLC que se encuentran en el mercado para garantizar la máxima conectividad. Además de la biblioteca de controladores gratuita incluida, Movicon <sup>TM</sup> 11 también ofrece conectividad total a través de OPC UA y DA como Cliente y como Servidor
4. *Gráficos Vectoriales:* ofrece un motor de gráficos vectoriales basado en Scalable Vectorial Graphics (SVG), los gráficos son independientes de la resolución de pantalla y admiten multitouch.
5. *Gestión de alarmas:* ofrece una gestión de alarma potente y totalmente configurable con soporte para la normativa ISA S-18. Las alarmas se almacenan en base a datos para el posterior análisis cronológico o estadístico.
6. *Grabación de datos:* Los datos se graban de forma transparente utilizando la tecnología ODBC para que la base de datos de su proyecto sea independiente.
7. *Informes y análisis de datos:* ofrece potentes herramientas de análisis e informes para utilizar, independientemente de dónde haya decidido registrar sus datos históricos
8. *Protección:* La administración de usuarios proporciona autenticación para el acceso y la auditoría de cualquiera de las funciones del proyecto.

Además de sus características principales, el Software MOVICON 11.5 posee beneficios importantes que se presentan a continuación:

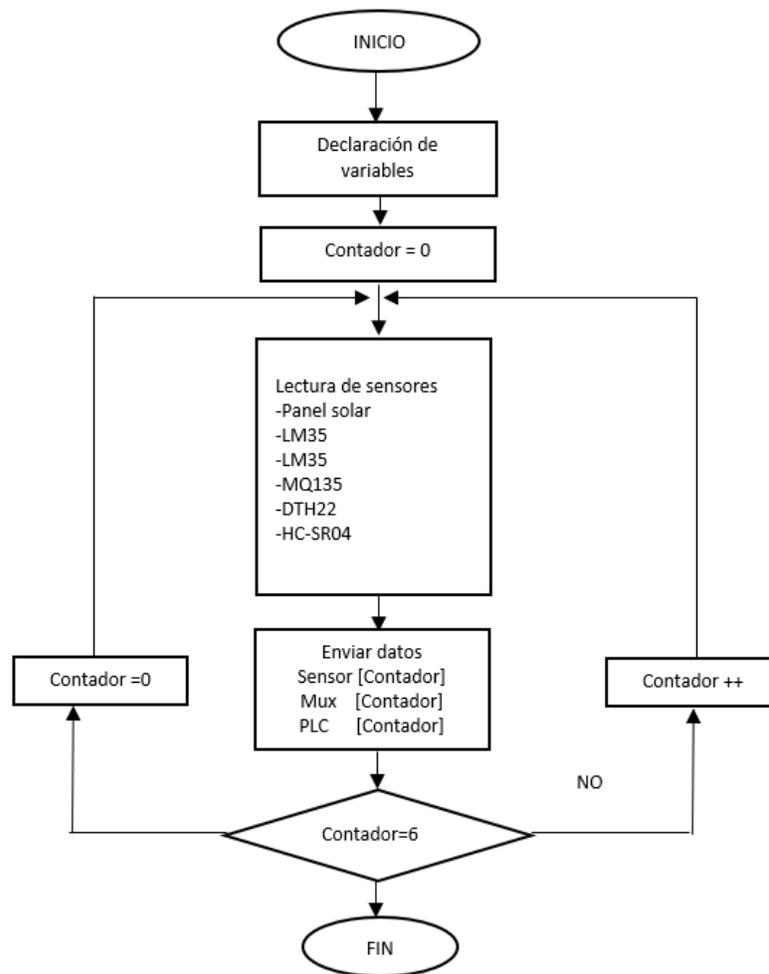
- Seguridad: Garantiza una mayor seguridad de los datos obtenidos
- Funcionalidad: La tecnología se incrementa debido a un motor Figura basado en SVG.
- Conectividad: posee una biblioteca extensa de drivers de comunicación.

En el anexo 1 se indica los pasos para la creación de un proyecto en Movicon 11.5

#### **4.4. Programación**

El tratamiento de señales de los sensores se los realizó a través de la plataforma de prototipos de electrónica de código abierto Arduino. El software Arduino está publicado como herramientas de código abierto, disponible para extensión por programadores experimentados. El lenguaje puede ser expandido mediante librerías C++, y la gente que quiera entender los detalles técnicos pueden hacer el salto desde Arduino a la programación en lenguaje AVR C en el cual está basado. (Thayer, 2018)

Se logró obtener mediciones cada 500 milisegundos de cada sensor, debido al limitado número de entradas analógicas del PLC S7-1200, la cantidad de variables a medir son 7 mientras que las entradas análogas que cuenta el PLC son 2. Es por lo que la adquisición se lo realiza desde Arduino hacia la RTU. El algoritmo usando en la plataforma se muestra en la figura 12, y el programa realizado en el anexo 2.



**Figura 12:** Algoritmo usado en Arduino

La programación del PLC se lo realizó a través del software Totally Integrated Automation Portal (TIA Portal), el cual permite la programación de PLC's SIMATIC de manera práctica y rápida mediante las diferentes herramientas con las que cuenta. Todas las señales adquiridas en Arduino se las recepta a través de canal análogo 1 del PLC. Las variables usadas en la programación del PLC se muestran en la tabla 11. La programación del PLC se muestra en el anexo 4

**Tabla 11:** Variables usadas en TIA Portal

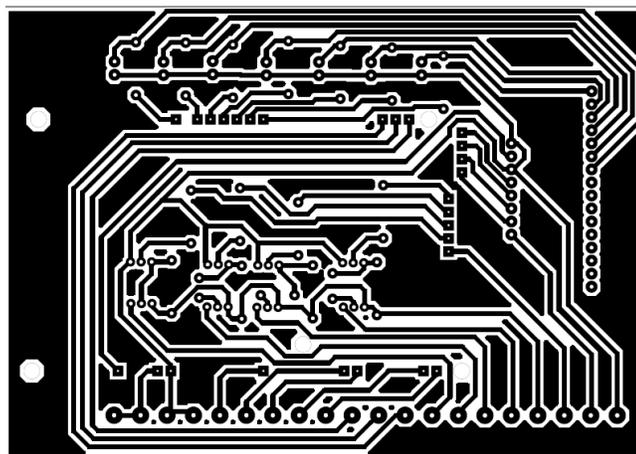
<b>Nombre</b>	<b>Tipo de dato</b>	<b>Dirección en memoria del PLC</b>
AC1	Int	%IW66
conversion1	Real	%ID20
TeInterior	Real	%ID24
HumedadR	Real	%ID30
TeExterior	Real	%ID50
Nivel Fertirigacion	Real	%ID36
TeSuelo	Real	%MD40
CO2	Real	%MD46
d0	Bool	%I0.0
d1	Bool	%I0.1
d2	Bool	%I0.2
d3	Bool	%I0.4
Tag_1	Bool	%M0.0
tanquevacio	Bool	%M0.1
tanquelleno	Bool	%M0.2
niveltanke	Real	%ID46
Irradiacion	Real	%MD54
Nebulizadores	Bool	%Q0.0
Bomba	Bool	%Q0.2
TEINELEVADA	Bool	%M0.3
TEINBAJA	Bool	%M0.4
entrada nebulizadores	Bool	%M0.5
entrada bomba	Bool	%M0.6
contador	Int	%IW2
INCREMENTA	Bool	%M2.0
DECREMENTA	Bool	%M3.0
TEINMAXIMO	Int	%MW3
TEINMINIMO	Int	%MW6
Tag_3	Bool	%M0.7
TEEXMAXIMO	Int	%MW9
TEEXTMINIMO	Int	%MW11
TEEXELEVADA	Bool	%M1.1
TEEXBAJA	Bool	%M1.2
HUMMAXIMA	Int	%MW13
HUMMINIMO	Int	%MW16
HUMBAJA	Bool	%M1.3

HUMELEVADA	Bool	%M1.4
CO2ELEVADO	Bool	%M1.5
CO2BAJO	Bool	%M1.7
CO2MINIMO	Int	%MW23
CO2MAXIMO	Int	%MW21
RADIACIONMAXIMO	Int	%MW26
RADIACIONMINIMO	Int	%MW28
RADIACIÓN ELEVADA	Bool	%M2.1
RADIACIONBAJA	Bool	%M2.2
TESUELOELEVADA	Bool	%M2.3
TESUELOBAJA	Bool	%M2.4
TESUELOMAXIMO	Int	%MW30
TESUELOMINIMO	Int	%MW32
NIVELMAXIMO	Int	%MW34
NIVELMINIMO	Int	%MW36

#### 4.5. Implementación

Se realizó el diseño de los componentes para la adquisición de los datos. El diagrama general de conexiones de los componentes hacia la RTU se muestra en el anexo 3

El diseño del diagrama PCB se muestra en la figura 13, el cual receipta las señales de los sensores hacia el Arduino MEGA.



*Figura 13:* Diagrama PCB

En la figura 14 se muestra la placa terminada, para la implementación en la RTU.



*Figura 14:* Placa de componentes electrónicos

Los componentes ensamblados y que conforman la RTU terminada se puede apreciar en la figura 15.



*Figura 15:* RTU del Sistema

#### **4.6.Diseño del HMI (Interfaz Hombre-Máquina)**

La interfaz gráfica es la aplicación que permite al usuario interactuar con el sistema SCADA de manera rápida, sencilla y eficiente.

La versatilidad del software permite diseñar ventanas simultáneas las cuales contienen datos, información y a su vez ejecución de comandos. Las pantallas o sinópticos se pueden combinar y personalizar a gusto del cliente o desarrollador, colocando imágenes y símbolos de la biblioteca que cuenta el software.

El diseño de cada una de las pantallas del sistema se las realizó con base a la Norma *ISO 9241*, la cual en su parte 10, principios de diálogo, indica sobre el diseño ergonómico de programas para equipos con Pantalla de Visualización de Datos.

A continuación, se detallan algunos de los parámetros que se tomaron en cuenta al momento de diseñar la HMI.

- a) Aspecto coherente: Se realizó la aplicación, ajustada a la tarea para lo cual es diseñada, brindando la información necesaria, sin confundir al operario.
- b) Fácil manejo: El manejo de la aplicación es fácil, con sinópticos entendibles que muestran una interfaz semejante a la del invernadero y botones que dirigen acciones muy claras con sus nombres.
- c) Color de Pantallas: Se escogió una tonalidad de colores que no fuerzan la vista de los operadores, colocando colores neutros en las áreas vacías.

### 4.3. Descripción del sistema desarrollado en el software Movicon 11.5

A continuación, se detalla el diseño y funcionamiento de las diferentes pantallas que conforman el sistema de monitoreo en tiempo real y visualización del invernadero.

#### 4.3.1. Pantalla de inicio

Luego de ejecutar el Runtime de Movicon 11.5 se visualiza la pantalla de inicio la cual se observa en la figura 16.

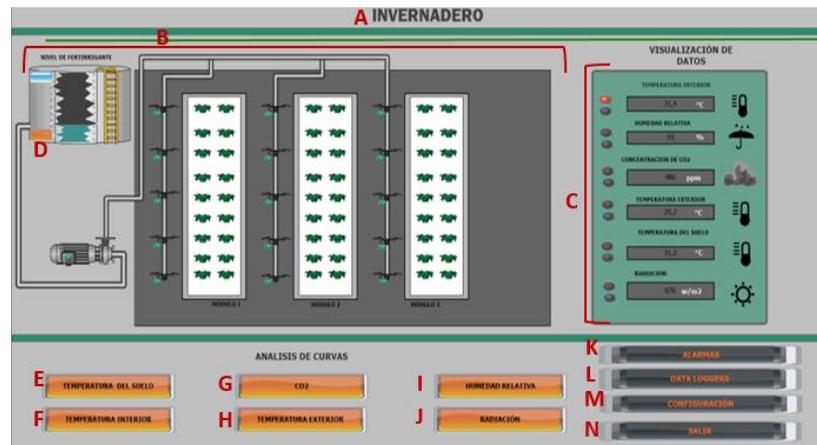
Se muestran datos informativos como la institución, el tema del trabajo, el nombre del autor y el director del trabajo. Además, cuenta con el botón de INICIO, el cual redirige a la pantalla principal del sistema.



*Figura 16:* Pantalla inicial

### 4.3.2. Pantalla principal

La figura 17 visualiza la pantalla principal del sistema, esta pantalla muestra los datos de las variables como: temperatura exterior, temperatura interior, temperatura del suelo, humedad relativa exterior, concentración de CO<sub>2</sub>, nivel del líquido e irradiación.



*Figura 17:* Pantalla principal

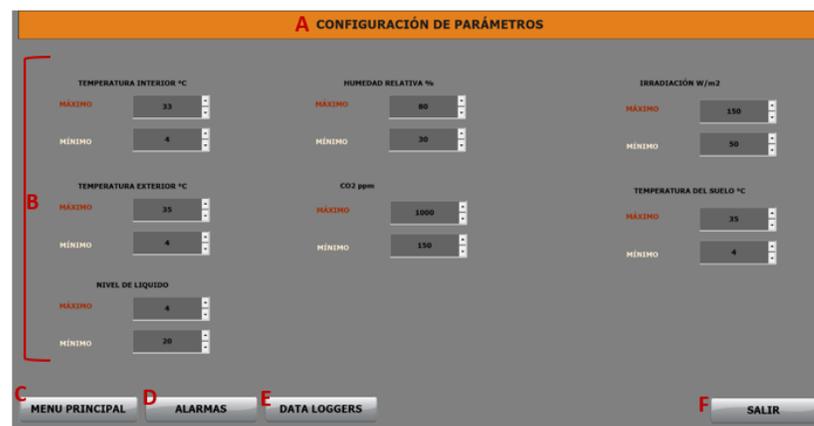
A continuación, se detallan cada uno de los componentes de esta pantalla:

- A. **Título.** - Muestra el título de la representación de la pantalla “INVERNADERO”.
- B. **Entorno del invernadero.** - Visualiza la representación gráfica del invernadero.
- C. **Visualización de datos.** - Muestra los datos de las variables como: Temperatura interior, humedad relativa externa, CO<sub>2</sub>, temperatura exterior, temperatura del suelo y radiación
- D. **Tanque del fertirrigante.** - Muestra una simulación del líquido fertirrigante.
- E. **Temperatura del suelo.** - Al presionar este botón se puede visualizar una gráfica en tiempo real y realizar una comparación de los datos obtenidos de la variable temperatura del suelo.

- F. **Temperatura Interior.** - Al presionar este botón se puede visualizar una gráfica en tiempo real y realizar una comparación de los datos obtenidos de la variable temperatura interior.
- G. **CO<sub>2</sub>.** - Al presionar este botón se puede visualizar una gráfica en tiempo real y realizar una comparación de los datos obtenidos de la variable CO<sub>2</sub>.
- H. **Temperatura exterior.** - Al presionar este botón se puede visualizar una gráfica en tiempo real y realizar una comparación de los datos obtenidos de la variable temperatura exterior.
- I. **Humedad relativa.** - Al presionar este botón se puede visualizar una gráfica en tiempo real y realizar una comparación de los datos obtenidos de la variable humedad relativa exterior.
- J. **Irradiación.** - Al presionar este botón se puede visualizar una gráfica en tiempo real y realizar una comparación de los datos obtenidos de la variable radiación.
- K. **Alarmas.** - Al presionar este botón no redirige a una nueva ventana, la cual muestra las alarmas registradas.
- L. **Data Loggers.** – Al presionar este botón se puede visualizar un data Logger general de todas las variables del sistema.
- M. **Configuraciones.** - Al presionar este botón se muestra la pantalla de configuraciones de parámetros de cada una de las variables.
- N. **Salir.** - Al presionar este botón se redirige a la pantalla inicial.

### 4.3.3. Pantalla de Configuración de variables

En la figura 18 se puede visualizar la pantalla de configuraciones, los cultivos en invernaderos son varios, por tal razón cada cultivo para su desarrollo y crecimiento requiere de diferentes rangos de valores en las variables seleccionadas, es por ellos que se muestra la pantalla de configuraciones para que el experto en cultivo pueda limitar los rangos de las variables y así activar las alarmas a conveniencia de cada cultivo.



*Figura 18:* Pantalla de configuración de variables

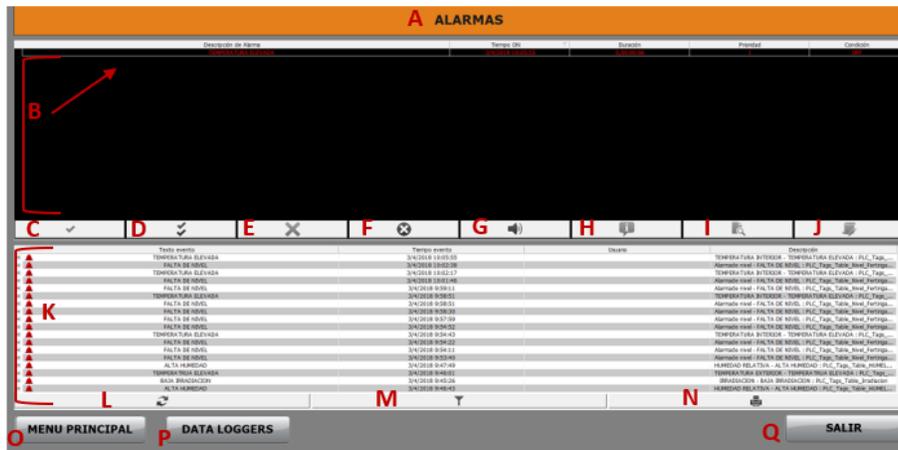
A continuación, se detalla cada uno de los componentes de la pantalla de configuraciones.

- A. **Título.** - Muestra el título de la representación de la pantalla “ALARMAS”.
- B. **Entorno de configuración.** – Cada una de las variables puede ser configurada con los límites máximos y mínimos para activar las respectivas alarmas.
- C. **Menú principal.** – Al pulsar este botón se regresa a la pantalla principal.
- D. **Alarmas.** – Muestra la pantalla alarmas.

- E. **Data loggers.** – Muestra la pantalla data loggers.
- F. **Salir.** – Sale a la pantalla inicial del sistema.

#### 4.3.4. Pantalla de alarmas

La pantalla de alarmas, figura 19, muestra un resumen de las alarmas que han sido activadas, según los parámetros configurados. Posee diferentes botones que cumplen con diferentes funciones, además cuenta un registrador de eventos, en la cual se detalla la fecha y hora que se activó la alarma, para posterior a ello poder imprimir un reporte, y así poder realizar un análisis y saber la frecuencia con la que se activan estas.



*Figura 19:* Pantalla de alarmas

**Fuente:** El autor

A continuación, se detallan cada uno de los componentes de la pantalla de alarmas.

- G. **Título.** - Muestra el título de la representación de la pantalla “ALARMAS”.
- H. **Alarmas activadas.** - Cuando se activa una alarma se registra en esta zona, parpadeando y de color rojo.
- I. **Reconocer alarma.** - Al pulsar este botón se reconoce la alarma seleccionada que se activado para ya no seguirla visualizando.
- J. **Reconocer todas.** - Al pulsar este botón se reconoce todas las alarmas que se han activado para ya no seguirlas visualizado.
- K. **Reset.** - Cuando la alarma ha sido reconocida, se puede eliminar de la pantalla de visualización al pulsar este botón.
- L. **Reset todas.** - Este botón permite eliminar todas las alarmas de una sola, sin necesidad de seleccionar una a una.
- M. **Sonido.** - El botón de sonido permite habilitar y deshabilitar un sonido cuando una alarma se activó, el sonido de las alarmas se genera automáticamente, solo cuando estas han sido reconocidas se desactiva este sonido.
- N. **Ayuda.** - Al presionar este botón el programa muestra una ayuda sobre el registro de alarmas
- O. **Log Histórico.** - Este botón muestra un registro histórico del estado de la alarma seleccionada.
- P. **Comentario.** - al presionar este botón, se puede agregar un comentario en la alarma seleccionada.

- Q. **Registro histórico.** - Este cuadro nos muestra un registro histórico de cada una de las alarmas activadas, con fecha y hora del registro de estas, además cuenta con tres botones con diferentes funciones cada uno.
- R. **Actualizar.** -Al pulsar este botón se actualizan los valores que se están visualizando
- S. **Filtro.** - Este botón permite seleccionar el intervalo de tiempo que se desea visualizar, para posterior a ello generar un reporte y solo imprimir lo que se desea.
- T. **Imprimir.** - Al presionar este botón se crea un reporte de alarmas en archivo en PDF, el cual podrá ser impreso por la impresora que se encuentre conectada, también se podrá guardar el archivo generado.
- U. **Menú principal.** – Al pulsar este botón se regresa a la pantalla principal.
- V. **Data loggers.** – Muestra la pantalla data loggers.
- W. **Salir.** – Sale a la pantalla inicial del sistema.

El texto que se visualiza en las alarmas activadas cuando se genera una alarma se muestra a continuación:

- **FALTA DE NIVEL:** Cuando no existe la cantidad suficiente de líquido en el tanque.
- **TEMPERATURA ELEVADA:** Cuando la temperatura de las variables de temperatura supera los límites máximos establecidos en la configuración de parámetros.
- **TEMPERATURA BAJA:** Cuando la temperatura de las variables de temperatura supera los límites mínimos establecidos en la configuración de parámetros.
- **ALTA HUMEDAD:** Cuando la humedad supera los límites máximos establecidos en la configuración de parámetros.

- **BAJA HUMEDAD:** Cuando la humedad supera los límites mínimos establecidos en la configuración de parámetros.
- **ALTA CONCENTRACIÓN DE CO<sub>2</sub>:** Cuando los niveles de concentración de CO<sub>2</sub> supera los límites máximos de CO<sub>2</sub> establecidos en los parámetros de configuración.
- **BAJA CONCENTRACIÓN DE CO<sub>2</sub>:** Cuando los niveles de concentración de CO<sub>2</sub> supera los límites mínimos de CO<sub>2</sub> establecidos en los parámetros de configuración.
- **ALTA IRRADIACIÓN:** Cuando los niveles de irradiancia son superiores a los parámetros establecidos en la configuración.
- **BAJA IRRADIACIÓN:** Cuando los niveles de irradiancia son superiores a los parámetros establecidos en la configuración.

#### 4.3.5. Pantalla de Data Loggers

Los Data Loggers son la herramienta principal para el registro de los datos del proceso. Esta pantalla muestra cada uno de los datos tomados de las variables cada 5 segundos. Estos datos son registrados y almacenados en una base de datos en la plataforma Microsoft Access. La figura 20, muestra la pantalla de data Loggers. A continuación, se detallan los componentes de esta pantalla.

- Título.** - Muestra el título de la representación de la pantalla “DATA LOGGERS”
- Entorno de visualización.** - Muestra diferentes columnas de diferentes datos.
- Tiempo de evento.** - Muestra la fecha y el tiempo que se están registrando los datos.

- D. **Usuario.** - Muestra el usuario que inicio la sesión
- E. **Humedad relativa exterior.** - Muestra los valores de la variable en los intervalos establecidos
- F. **Nivel de líquido.** – Muestra los valores de la variable en los intervalos establecidos
- G. **CO2.** - Muestra los valores de la variable en los intervalos establecidos
- H. **Temperatura del suelo.** - Muestra los valores de la variable en los intervalos establecidos
- I. **Temperatura interior.** - Muestra los valores de la variable en los intervalos establecidos
- J. **Temperatura exterior.** - Muestra los valores de la variable en los intervalos establecidos
- K. **Radiación.** - Muestra los valores de la variable en los intervalos establecidos
- L. **Actualizar.** -Al pulsar este botón se actualizan los valores que se están visualizando
- M. **Filtro.** - Este botón permite seleccionar el intervalo de tiempo que se desea visualizar, para posterior a ello generar un reporte y solo imprimir lo que se desea.
- N. **Imprimir.** - Al presionar este botón se crea un reporte de alarmas en archivo en PDF, el cual podrá ser impreso por la impresora que se encuentre conectada, también se podrá guardar el archivo generado.
- O. **Menú principal.** – Al pulsar este botón se regresa a la pantalla principal.
- P. **Data loggers.** – Muestra la pantalla data loggers.
- Q. **Salir.** – Sale a la pantalla inicial del sistema.

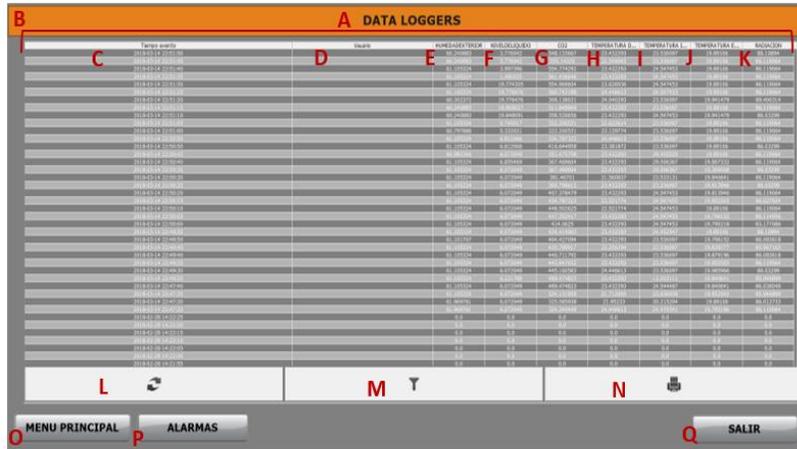


Figura 20: Pantalla de Data Loggers

#### 4.3.6. Pantallas de análisis de curvas

Estas pantallas muestran una gráfica de los datos que se van obteniendo en tiempo real de cada una de las variables, para que mediante estas se pueda hacer un análisis de los valores de temperatura interior. También realiza una comparación de datos obtenidos en períodos anteriores. A continuación, se detallan los componentes de las pantallas, las 6 pantallas cuentan con los mismos detalles y componentes por lo que a continuación se detallan los componentes de estas.

- A. **Título.** - Muestra el título de la representación de la pantalla
- B. **Tiempo real.** - Muestra el trazo de la curva de los valores de la variable en tiempo real
- C. **Escala.** - La escala es automática, muestra un rango de escala de los valores que se están receptando
- D. **Valor.** - Se visualiza el valor de la variable seleccionada
- E. **Mínimo.** - Se muestra el valor mínimo de la variable seleccionada

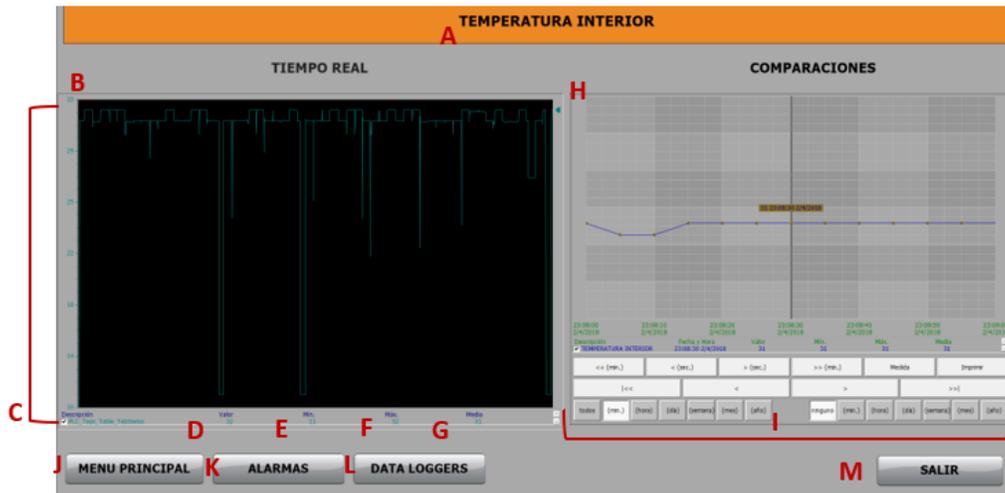
- F. **Máximo.** - Se muestra el valor máximo de la variable seleccionada
- G. **Media.** - Muestra el valor de la media de los valores receptados.
- H. **Comparaciones.** - Este entorno realiza una comparación de curvas de datos antiguos.
- I. **Controles.** - Los botones realizan acciones para las comparaciones. Ver manual de usuario. Anexo 5
- J. **Menú principal.** - Al pulsar este botón se regresa a la pantalla principal.
- K. **Alarmas.** - Muestra la pantalla alarmas.
- L. **Data loggers.** - Muestra la pantalla data loggers.
- M. **Salir.** - Sale a la pantalla inicial del sistema.

La figura 21 muestra la pantalla de temperatura del suelo.



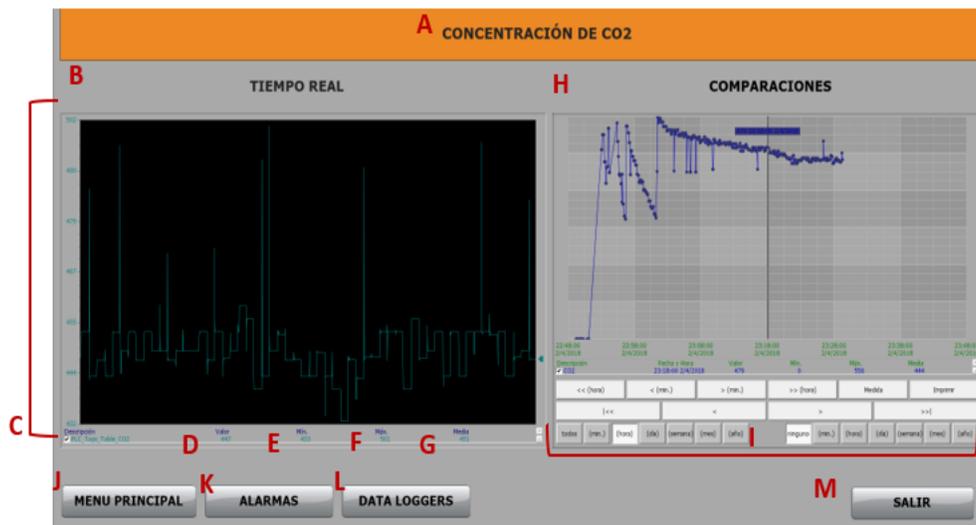
**Figura 21:** Pantalla de gráficas de temperatura interior

La figura 22 muestra la pantalla de temperatura interior.



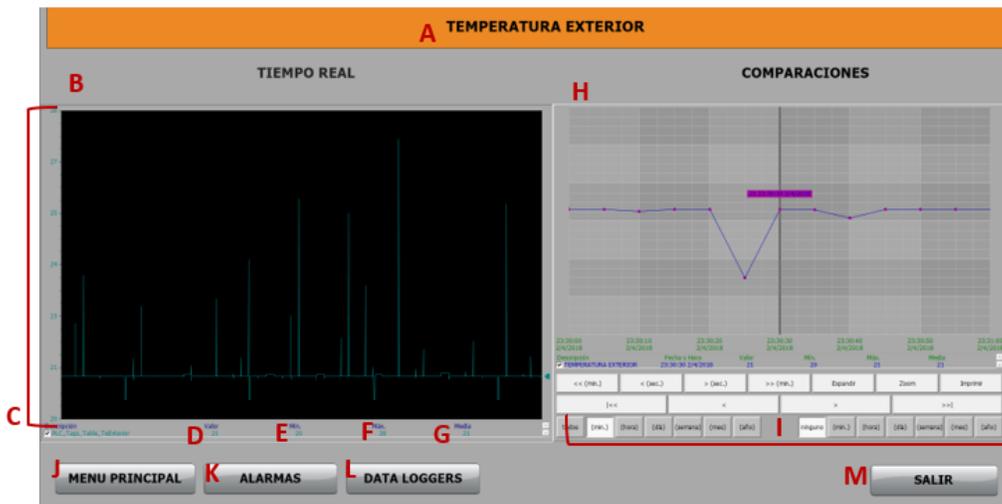
*Figura 22:* Pantalla de temperatura interior

La figura 23 muestra la pantalla de CO<sub>2</sub>



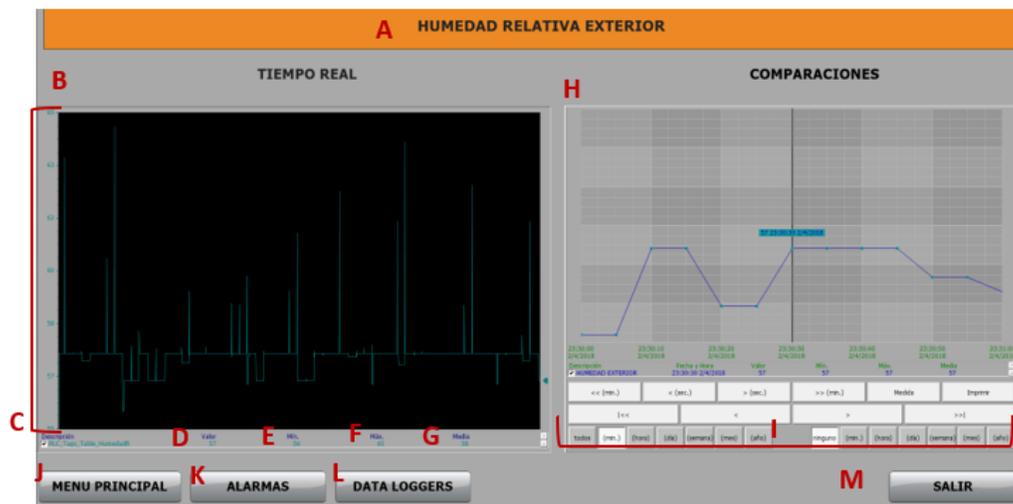
*Figura 23:* Pantalla de CO<sub>2</sub>

La figura 24 muestra la pantalla de temperatura exterior



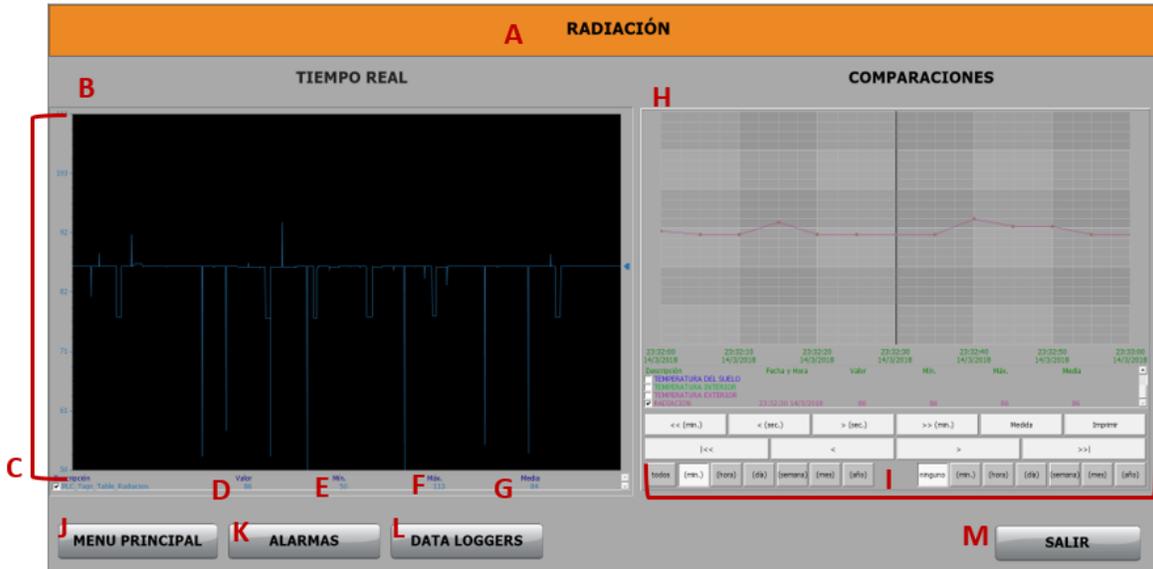
*Figura 24:* Pantalla de temperatura exterior

La figura 25 muestra la pantalla de humedad relativa exterior



*Figura 25:* Pantalla de humedad relativa exterior

La figura 26 muestra la pantalla de irradiación solar



*Figura 26:* Pantalla de irradiación solar

#### 4.3.7. Base de datos en Microsoft Access

Movicon 11.5 permite el almacenamiento de los valores del proceso en ejecución en una base de datos en Access como se muestra en la figura 27.

Los archivos se guardan automáticamente con un límite de 2 Gb de almacenamiento de datos, lo cual es suficiente para el almacenamiento de los datos que proveen las variables.

Acces permite la exportación de los datos hacia Excel para su posterior análisis e investigación.

TimeCol	MSecCol	LocalCol	UserCol	ReasonCol	HUMEDAD	NIVELDELIQ	CO2	TEMPERATU	TEMPERATU	TEMPERATU	RADIACION
15/3/2018 3:53:45	0	/2018 22:53:45	Time On	59,594938	18,218317	531,814209	23,432293	24,440683	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:53:50	1	/2018 22:53:50	Time On	60,240883	0	531,814209	23,432293	28,797525	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:53:55	0	/2018 22:53:55	Time On	60,240883	0	536,263062	24,446613	23,536097	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:54:00	0	/2018 22:54:00	Time On	60,240883	26,054688	540,711792	23,364077	24,547453	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:54:05	1	/2018 22:54:05	Time On	60,117912	3,776042	538,129333	22,521774	24,446613	19,790218	85,946899	
15/3/2018 3:54:10	0	/2018 22:54:10	Time On	60,117912	3,776042	543,661208	22,521774	23,512371	19,790218	85,946899	
15/3/2018 3:54:15	1	/2018 22:54:15	Time On	60,121529	3,036024	563,671875	23,391736	23,501605	19,802082	85,946899	
15/3/2018 3:54:20	1	/2018 22:54:20	Time On	60,117912	3,036024	302,213531	23,432293	23,536097	19,89106	77,131073	
15/3/2018 3:54:25	0	/2018 22:54:25	Time On	60,125145	3,888889	304,078865	23,432293	23,405676	19,885128	77,121949	
15/3/2018 3:54:30	1	/2018 22:54:30	Time On	60,121529	3,109809	311,849969	24,345776	23,512371	19,89106	86,07856	
15/3/2018 3:54:35	1	/2018 22:54:35	Time On	59,871964	24,292534	316,63236	23,432293	37,199799	19,89106	86,103882	
15/3/2018 3:54:40	1	/2018 22:54:40	Time On	61,105324	3,036024	308,138031	23,432293	23,536097	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:54:45	0	/2018 22:54:45	Time On	61,083622	3,036024	305,164917	22,521774	23,536097	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:54:50	1	/2018 22:54:50	Time On	61,101707	3,036024	315,538208	21,712095	23,536097	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:54:55	0	/2018 22:54:55	Time On	61,094475	3,296441	315,538208	23,432293	23,536097	19,89106	86,10894	
15/3/2018 3:55:00	1	/2018 22:55:00	Time On	61,969761	2,200052	317,774438	23,432293	7,034071	19,790218	86,07856	
15/3/2018 3:55:05	1	/2018 22:55:05	Time On	61,969761	25,256077	317,774438	23,432293	38,51664	19,852503	85,946899	
15/3/2018 3:55:10	0	/2018 22:55:10	Time On	61,105324	15,980264	315,538208	23,311453	23,536097	19,89106	85,946899	
15/3/2018 3:55:15	1	/2018 22:55:15	Time On	61,105324	21,315104	325,179615	22,521774	23,536097	19,89106	86,086684	
15/3/2018 3:55:20	0	/2018 22:55:20	Time On	61,105324	21,918402	322,200531	23,432293	23,536097	19,840641	85,946899	
15/3/2018 3:55:25	1	/2018 22:55:25	Time On	61,105324	7,259114	328,125	22,527706	23,536097	19,89106	86,03299	
15/3/2018 3:55:30	2	/2018 22:55:30	Time On	61,105324	26,143663	416,276031	23,432293	29,506367	19,89106	86,053238	
15/3/2018 3:55:35	0	/2018 22:55:35	Time On	61,105324	17,256945	308,138031	23,432293	24,547453	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:55:40	1	/2018 22:55:40	Time On	61,105324	17,256945	308,873854	23,432293	23,536097	19,888092	83,177086	
15/3/2018 3:55:45	0	/2018 22:55:45	Time On	61,105324	15,479601	305,164917	21,712095	23,536097	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:55:50	1	/2018 22:55:50	Time On	61,105324	2,96224	567,361084	22,978516	23,536097	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:55:55	1	/2018 22:55:55	Time On	61,105324	2,96224	311,849969	22,978516	23,536097	19,89106	77,131073	
15/3/2018 3:56:00	0	/2018 22:56:00	Time On	61,105324	0,008681	567,361084	23,432293	23,536097	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:56:05	0	/2018 22:56:05	Time On	61,105324	0,008681	565,753188	23,432293	23,536097	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:56:10	1	/2018 22:56:10	Time On	61,105324	0	565,753188	23,432293	23,536097	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:56:15	0	/2018 22:56:15	Time On	61,105324	0	557,877563	23,432293	23,536097	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:56:20	0	/2018 22:56:20	Time On	61,105324	0	557,877563	23,432293	24,547453	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:56:25	0	/2018 22:56:25	Time On	61,105324	8,886719	557,747437	24,446613	24,547453	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:56:30	0	/2018 22:56:30	Time On	60,240883	0	558,072937	24,446613	23,616936	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:56:35	0	/2018 22:56:35	Time On	60,240883	0	558,072937	23,432293	23,616936	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:56:40	0	/2018 22:56:40	Time On	61,105324	0	567,361084	23,432293	24,547453	19,89106	86,119064	
15/3/2018 3:56:45	1	/2018 22:56:45	Time On	61,105324	8,964944	567,361084	23,432293	24,547453	19,89106	86,119064	

**Figura 27:** Base de datos en Microsoft Access.

### 4.3.8. Interpretación de resultados

Para la validación de los datos se tomó una muestra de 364 datos obtenidos mediante el sistema y que se encuentran en la base de datos generada, independiente del período en q se obtuvieron, calculando la media aritmética, moda y desviación media de cada una de las variables.

#### 4.3.7.1 Media aritmética

La media aritmética es el valor promedio de las muestras obtenidas y es independiente de las amplitudes de los intervalos en que se tomaron. La fórmula general para N elementos es:

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + x_3 + \dots + x_n}{n}$$

Donde:

$\bar{x}$  = Media aritmética

$x$  = elementos de la muestra

$n$  = número total de datos

#### 4.3.8.1.1. Cálculo de media aritmética para la variable humedad relativa exterior

$n = 364$

suma total de elementos = 17595,0702

$$\bar{x} = \frac{17595,0702}{364} = 48,3381$$

El promedio de la humedad relativa exterior es de 48% de los datos obtenidos por el sistema.

#### 4.3.8.1.2. Cálculo de media aritmética para la variable CO<sub>2</sub>

$n = 364$

suma total de elementos = 165045,402

$$\bar{x} = \frac{165045,402}{364} = 453,4214$$

De los datos obtenidos por el sistema en diferentes períodos, se obtuvo que el promedio de concentración de CO<sub>2</sub> es 453ppm.

#### **4.3.8.1.3. Cálculo de media aritmética para la variable temperatura del suelo**

$$n = 364$$

$$\text{suma total de elementos} = 8985,865$$

$$\bar{x} = \frac{8985,865}{364} = 24,686$$

De los datos obtenidos por el sistema se obtuvo un promedio de la temperatura del suelo de 24°C

#### **4.3.8.1.4. Cálculo de media aritmética para la variable temperatura interior**

$$n = 364$$

$$\text{suma total de elementos} = 7262,457$$

$$\bar{x} = \frac{7262,457}{364} = 19,951$$

Los datos que brindó el sistema para la variable de temperatura interior muestran una media de 19°

#### **4.3.8.1.5. Cálculo de media aritmética para la variable temperatura exterior**

$$n = 364$$

$$\text{suma total de elementos} = 6609,224$$

$$\bar{x} = \frac{6609,224}{364} = 18,157$$

La media obtenida para la variable de temperatura exterior que brindó el sistema es de 18 °C

## CAPITULO V

### 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 5.1. Conclusiones

- El software Movicon 11.5 es un software de descarga gratuita, que no cuenta con restricciones al momento de crear o desarrollar sistemas SCADA, su período en modo de ejecución es de dos horas, tiempo suficiente para tomar datos, pudiendo reiniciar el Runtime y guardar los datos de la sesión caducada, debido a que el sistema sigue funcionando con el controlador.
- El software Movicon 11.5 permite crear y simular diferentes entornos de visualización, cuenta con una extensa biblioteca de objetos configurables por el desarrollador, por lo que es posible desarrollar entornos de invernaderos, a diferencia de otros softwares que no permitirían.
- Los factores que influyen en el desarrollo y crecimiento de los cultivos en invernaderos son varios, cada uno cumple funciones diferentes en las plantas, es por lo que se estableció 7 variables: temperatura interior, temperatura del suelo, temperatura exterior, humedad relativa exterior, concentración de CO<sub>2</sub>, nivel de líquido y irradiación solar, considerándolas críticas para el monitoreo en el sistema, mismas que se visualizan en el entorno del HMI.

- Se diseñó y simuló el sistema SCADA para invernadero, visualizando y adquiriendo datos de las variables establecidas, a través de una MTU y RTU.
- La toma de datos de cada una de las variables se realizó a través de una placa de adquisición para su comprobación y simulación del sistema.
- Con los reportes que brinda el sistema a través de la base de datos, se validó todos los parámetros de adquisición de los datos de temperatura interior, temperatura del suelo, temperatura exterior, humedad relativa exterior, concentración de CO<sub>2</sub>, nivel de líquido y irradiación solar, las cuales se pueden usar para posteriores estudios y análisis de estos factores.

## 5.2. Recomendaciones

- Con los datos adquiridos en el sistema SCADA, realizar un estudio y análisis de cada una de las variables, para así poder realizar modelos matemáticos que indiquen el comportamiento de las variables, y poder continuar con desarrollos y aplicaciones en invernaderos.
- Realizar un estudio previo a cada una de las variables que influyen en el desarrollo y cultivo de plantas en invernadero, para poder obtener mejores resultados al momento de ejecutar e implementar un sistema SCADA.

### 5.3. Bibliografía

- Aguirre Zapata, D. (2013). *Desarrollo de un sistema SCADA para uso en pequeñas y medianas empresas*. Piura.
- Aillón Abril, M. X. (2010). *DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE TEMPERATURA Y HUMEDAD PARA LOS LECHOS DE PRODUCCIÓN DE HUMUS DE LOMBRIZ EN LA EMPRESA BIOAGROTECSA CIA. LTDA*. Ambato: Universidad Técnica de Ambato.
- Amaresh, A. (10 de Marzo de 2017). *electronicsforu.com*. Obtenido de <http://electronicsforu.com/resources/cool-stuff-misc/8-free-open-source-software-scada>
- Arriola Navarrete, O., Tecuatl Qhecol, G., & Gonzáles Herrera, G. (2 de Enero de 2018). *SCIELO*. Obtenido de [http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0187-358X2011000200003](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0187-358X2011000200003)
- Barrera Martin, E., Herrero Niño, R. V., & Meraz García, A. R. (Mayo de 2014). *Intituto Politécnico Nacional*. Obtenido de <http://tesis.ipn.mx/jspui/bitstream/123456789/14050/1/INVERNADERO%20INTELIGENTE.pdf>
- Chavarría Meza, L. E. (13 de Octubre de 2007). *Atlantic International University*. Obtenido de <https://www.aiu.edu/applications/DocumentLibraryManager/upload/SCADA%20System's%20&%20Telemetry.pdf>

- Community, A. O. (2 de Enero de 2018). *Aprendiendo Arduino*. Obtenido de <https://aprendiendoarduino.wordpress.com/2016/12/18/sensores-y-actuadores/>
- *Controlador Lógico Programable PLC*. (10 de Febrero de 2018).
- Corrales, L. (Diciembre de 2007). *Repositorio Digital EPN*. Obtenido de <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/10020>
- Devia, J. (2 de Enero de 2018). *SlidShare*. Obtenido de SCADAS COMERCIALES: <https://es.slideshare.net/acpicegudomonagas/unidad-iv-tema-6-plc>
- *Diseño y construcción de invernaderos y viveros en España*. (25 de Octubre de 2017). Obtenido de <http://www.deforche.es/factores-tener-en-cuenta-en-los-cultivos-agricolas/>
- *ELEC Freaks*. (28 de Febrero de 2018). Obtenido de <http://www.micropik.com/PDF/HCSR04.pdf>
- Erazo Rodas, M., & Sanchez Alvarado, J. L. (2011). *Escuela Politécnica del Ejército*. Obtenido de <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5023/1/T-ESPEL-0867.pdf>
- *Galt Energy*. (23 de Febrero de 2018). Obtenido de <http://galt.mx/paneles-solares/>
- Hernández Cevallos, M. I., & Ledesma Marcalla, D. A. (10 de Febrero de 2010). *Desarrollo de un sistema SCADA para la medición de voltajes con sistemas embebidos para el laboratorio de mecatrónica de la facultad de mecánica*. Obtenido de <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/1137/1/25T00140.pdf>
- *Hidroponia*. (18 de Mayo de 2013). Obtenido de <http://hidroponiamex.blogspot.com>
- Marlow, D. (1 de Marzo de 2011). *Hortalizas*. Obtenido de <http://www.hortalizas.com/horticultura-protegida/invernadero/aporte-de-co2-en-un-invernadero/>

- Miserendino, E., & Astorquizaga, R. (2014). Invernaderos: aspectos básicos sobre estructura, construcción y condiciones ambientales. 1.
- *National Instruments*. (8 de Enero de 2018). Obtenido de <http://www.ni.com/data-acquisition/what-is/esa/>
- *nayLAMP MECHATRONICS*. (9 de Febrero de 2018).
- *Open Source*. (2 de Enero de 2018). Obtenido de <http://www.openbiz.com.ar/Open%20Source.pdf>
- *Patagonia Tecnology*. (28 de Febrero de 2018). Obtenido de <http://saber.patagoniatec.com/sensor-de-corriente-ac712-5-20-30a-ptec-arduino-pic/>
- Pérez, E. (2015). Obtenido de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5280242.pdf>
- *Progea Industrial Automation Software*. (23 de Noviembre de 2017). Obtenido de <https://www.progea.com/en/movicon-11/>
- *PROMOTIC SCADA visualization software*. (25 de Octubre de 2017). Obtenido de <https://www.promotic.eu/en/pmdoc/WhatIsPromotic/WhatIsPromotic.htm>
- *RDUINOSTAR.COM*. (12 de Enero de 2018). Obtenido de <http://rduinostar.com/documentacion/datasheets/dht22-caracteristicas-am2302/>
- SIEMENS. (10 de Febrero de 2018).
- *Tecnobótica*. (8 de Enero de 20). Obtenido de <http://tecnobotica.com/index.php/dht22-lectura-de-temperatura-y-humedad>
- *TeslaSCADA MULTI-PLATAFORM SOLUTION*. (2017). Obtenido de <http://teslascada.com/index.php/en/products/teslascada>

- Thayer, L. (27 de Febrero de 2018). *ARDUINO*. Obtenido de <http://arduino.cl/que-es-arduino/>
- Zeoli, F. (19 de Diciembre de 2011). *Hidroponia*. Obtenido de <https://es.slideshare.net/fabriciolucho/hidroponia-10642496>

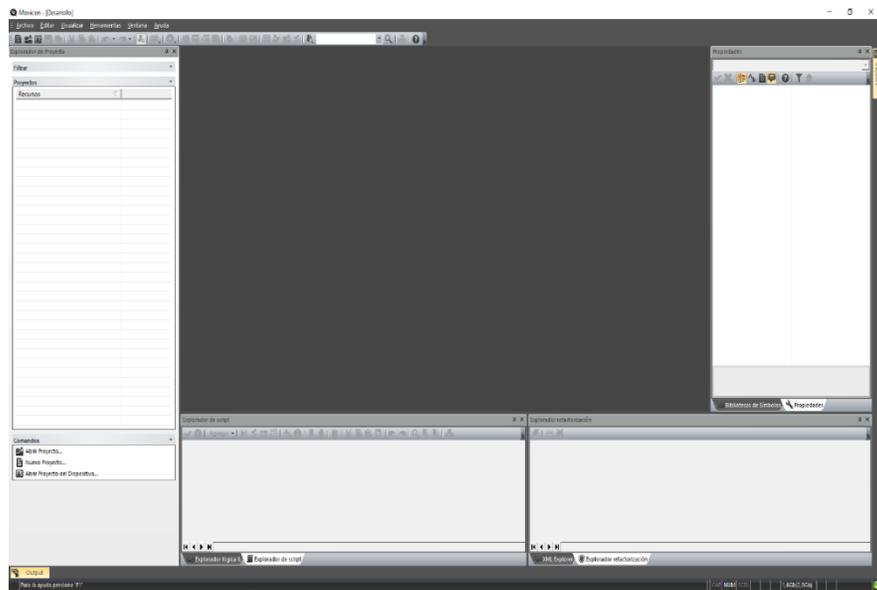
## 5.4. Anexos

### 5.4.1. Anexo 1

#### Creación de un proyecto en Movicon 11.5

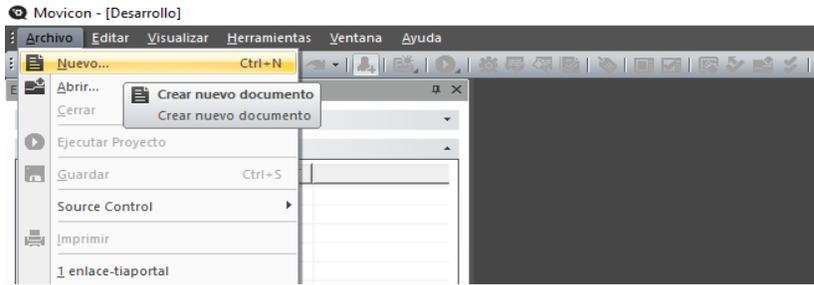
Para iniciar con el desarrollo de un programa debemos configurar los parámetros previos de acuerdo con las necesidades que el desarrollador así lo requiera. Para una correcta configuración y creación de un proyecto se debe seguir los siguientes pasos:

1. La figura 28 muestra la pantalla principal del Software Movicon 11.5.



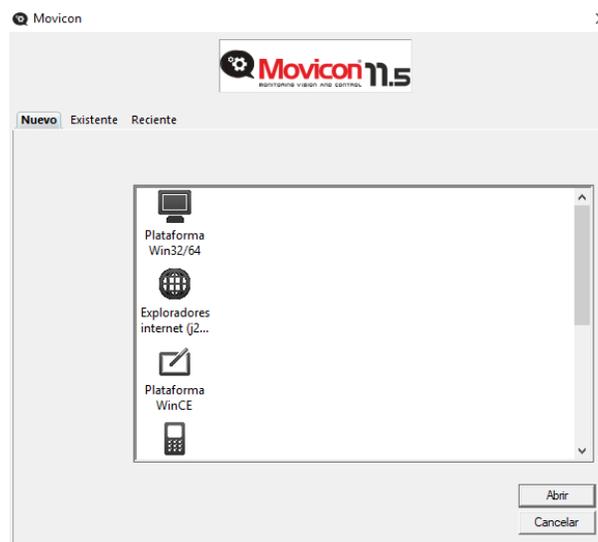
*Figura 28: Pantalla Software Movicon 11.5*

2. Hacer clic en Archivo, Nuevo proyecto, o bien desde su ícono situado en la parte superior izquierda de la pantalla, como lo indica la figura 29.



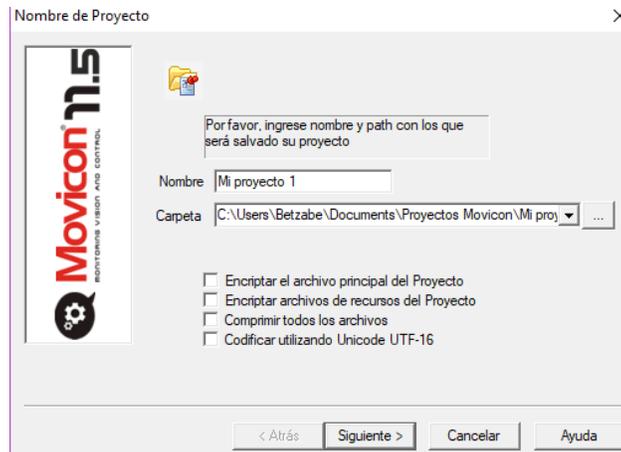
**Figura 29:** Creación de nuevo proyecto en Software Movicon 11.5

3. La anterior opción nos abre una nueva ventana, en la cual se elige el tipo de plataforma a usar como se muestra en la figura 30.



**Figura 30:** Elección de plataformas en Software Movicon 11.5

4. La figura 31 indica la pantalla siguiente, la cual permite configurar varios ítems del proyecto como su nombre y el destino de guardado del mismo.



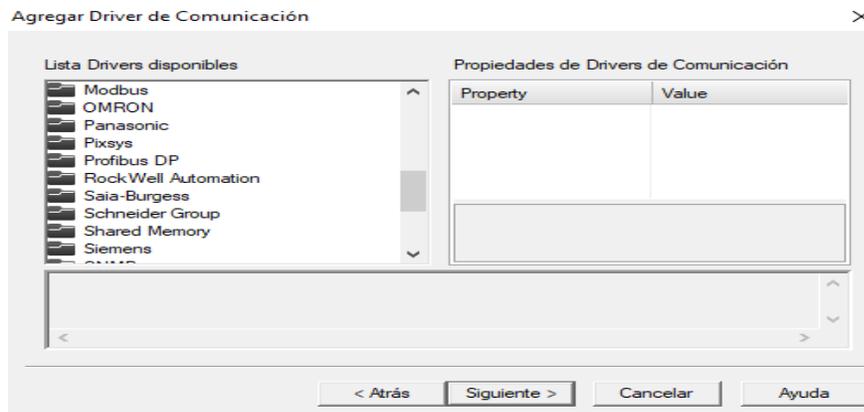
**Figura 31:** Configuración del proyecto en Software Movicon 11.5

5. La anterior opción nos redirige a la figura 32, en la cual se configuran los parámetros referentes a seguridad.



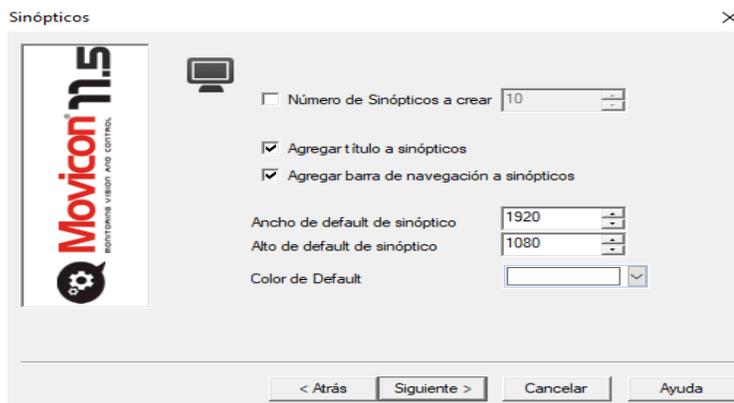
**Figura 32:** Parámetros de seguridad en Software Movicon 11.5

6. La configuración de diferentes y principales tipos de controladores o drives se puede visualizar en la figura 33.



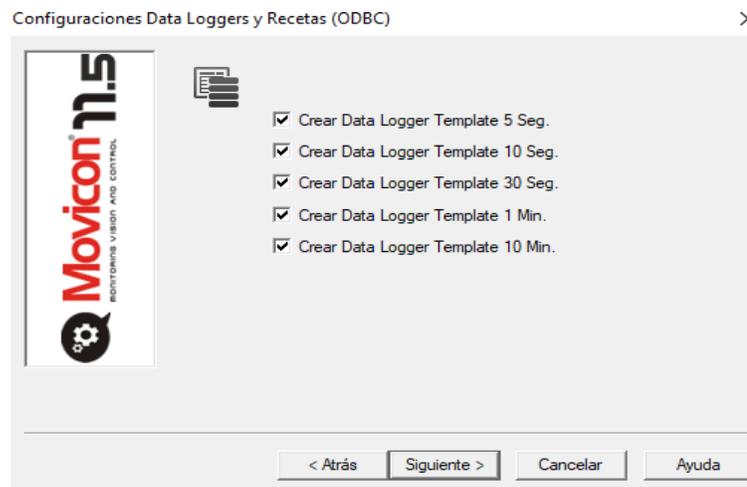
**Figura 33:** Elección de controladores en Software Movicon 11.5

7. La cantidad, color y tamaño de sinópticos (Pantallas) se lo puede realizar mediante la configuración de la pantalla que muestra la figura 34.



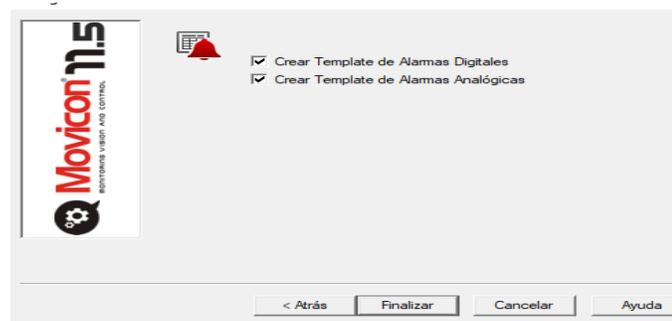
**Figura 34:** Configuración de Sinópticos en Software Movicon 11.5

8. La Figura 35 indica las propiedades de los data loggers y recetas.



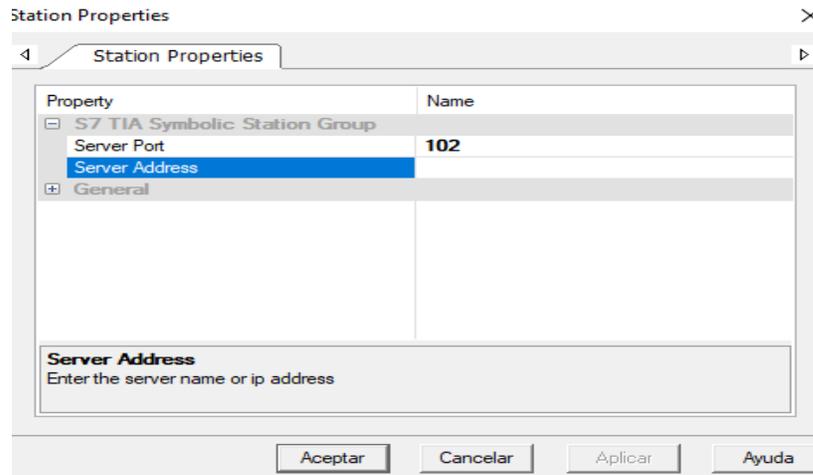
**Figura 35:** Configuración de data logger y recetas en Software Movicon 11.5

9. En la Figura 36 se observa la pantalla de configuración de alarmas del sistema para objetos del proyecto.



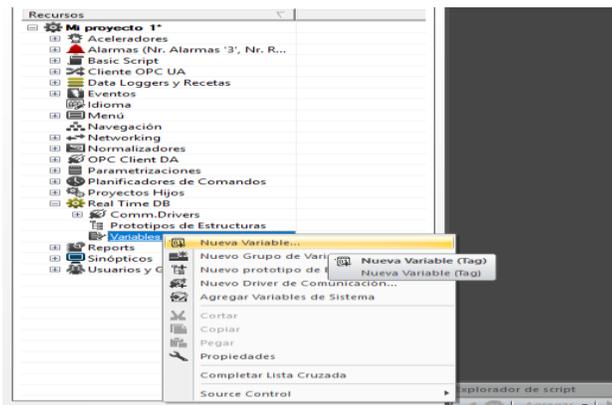
**Figura 36:** Configuración de alarmas en Software Movicom 11.5

10. Con la finalización de las configuraciones, se muestra una ventana como lo indica la figura 37 la cual es la configuración de la estación de nuestro controlador.



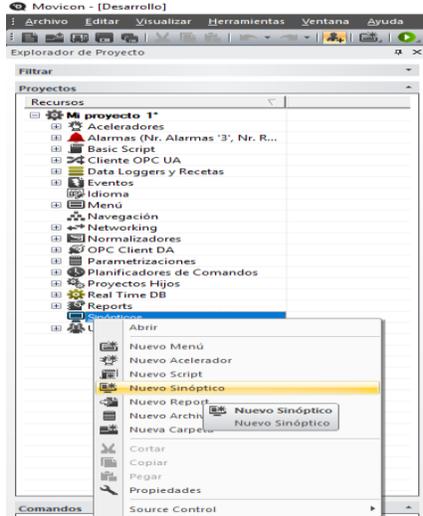
**Figura 37:** Configuración de la estación del controlador

11. La figura 38 muestra la pantalla y configuración de variables a usarse en el proyecto.



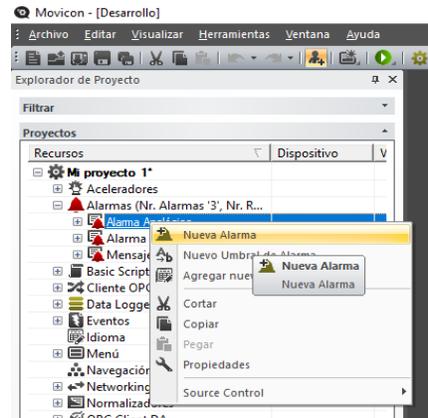
**Figura 38:** Configuración de variables en Software Movicon 11.5

12. En la Figura 39 se visualiza la configuración de Sinópticos (Pantallas donde se realiza el diseño del proyecto)



**Figura 39:** Creación de Sinópticos en Software Movicon 11.5

13. La creación de alarmas se lo realiza de la manera que lo indica la figura 40



**Figura 40:** Creación de alarmas en Software Movicon 11.5

## 5.4.2. Anexo 2

Programa realizado en la plataforma Arduino

```
#include <DHT.h> // Incluimos la librería para los sensores de temperatura y humedad DTH
#define DHTPIN 19 //Seleccionamos el pin en el que se conectará el sensor
#define DHTTYPE DHT22 //Seleccionamos el sensor a usar, en este caso el DHT22

int pwm1 = 2; // PWM de nivel pin 2
int pwm2 = 3; // PWM de humedad pin 3
int pwm3 = 4; // PWM de t. interior pin 4
int pwm4 = 5; // PWM de t. exterior pin 5
int pwm5 = 6; // PWM de co2 pin 6
int pwm6 = 7; // PWM de t. suelo pin 7
int pwm7 = 8; // PWM de irradiacion pin 8
int mux[] = {29,27,25,23}; // Array de control binario de mux
int plc[] = {32,34,36,38}; // Array de control binario de plc
int co2 = 3; // Pin sensor co2
int I = 8; // Pin sensor corriente
int V = 9; // Pin sensor voltaje
int lm351 = 15; // Pin sensor N°1 lm35 interior
int lm352 = 14; // Pin sensor N°2 lm35 suelo
const int PinTrig = 21; // Pin sensor ultrasonico Trig
const int PinEcho = 20; // Pin sensor ultrasonico Echo
int moc = 40; // Pin control moc

float t_lm351; // declaración de variable tipo flotante t interior
float t_lm352; // declaración de variable tipo flotante t suelo
float distancia; // declaración de variable tipo flotante
const float VelSon = 34000.0; // constante de velson de sonido
int num = 0; // buffer para division de numero entero
float sensibilidad = 0.185; //sensibilidad del sensor de corriente de 5A.
int muestrasi = 50; //muestras a ser tomadas con el sensor de corriente
int muestrav = 50; //muestras a ser tomadas con el sensor de voltaje
int area = 0.2325; //area del panel m^2

DHT dht(DHTPIN, DHTTYPE); //inicializamos la variable que será usada por Arduino
para comunicarse con el sensor
const int RL = 20; // Resistencia RL del modulo en Kilo ohms
const int R0 = 10; // Resistencia R0 del sensor en Kilo ohms
const int READ_SAMPLE_INTERVAL = 10; // Tiempo entre muestras 100
const int READ_SAMPLE_TIMES = 2; // Numero muestras 5
const float X0 = 100;
```

```

const float Y0 = 1.1;
const float X1 = 200;
const float Y1 = 0.8;
const float punto0[] = { log10(X0), log10(Y0) };
const float punto1[] = { log10(X1), log10(Y1) };
const float scope = (punto1[1] - punto0[1]) / (punto1[0] - punto0[0]);
const float coord = punto0[1] - punto0[0] * scope;

```

```

void setup() {

```

```

    Serial.begin(9600); //Se inicia la comunicación serial
    dht.begin(); //Se inicia el sensor de humedad
    pinMode(PinTrig, OUTPUT);
    pinMode(PinEcho, INPUT);
    pinMode(moc, OUTPUT);

```

```

    for (int i = 0; i <= 3; i++) {
        pinMode(plc[i], OUTPUT);
        pinMode(mux[i], OUTPUT);
    }
}

```

```

void loop() {
    for (int i = 0; i <= 6; i++) { //contador de 0 - n
        num = i;
        for (int j = 0; j <= 3; j++) { //transforma decimal a binario para el plc
            if (num % 2 == 1) {
                digitalWrite(plc[j], LOW);
                digitalWrite(mux[j], HIGH);
            }
            else {
                digitalWrite(plc[j], HIGH);
                digitalWrite(mux[j], LOW);
            }
            num = num / 2;
        }
        datos();
    }
}

```

```

void iniciarTrigger()
{
    // Ponemos el Triiger en estado bajo y esperamos 2 ms

```

```

digitalWrite(PinTrig, LOW);
delayMicroseconds(2);

// Ponemos el pin Trigger a estado alto y esperamos 10 ms
digitalWrite(PinTrig, HIGH);
delayMicroseconds(10);

// Comenzamos poniendo el pin Trigger en estado bajo
digitalWrite(PinTrig, LOW);
}

float readMQ(int mq_pin)
{
    float rs = 0;
    for (int i = 0; i < READ_SAMPLE_TIMES; i++) {
        rs += getMQResistance(analogRead(mq_pin));
        delay(READ_SAMPLE_INTERVAL);
    }
    return rs / READ_SAMPLE_TIMES;
}

float getMQResistance(int raw_adc)
{
    return (((float)RL / 1000.0 * (1023 - raw_adc) / raw_adc));
}

float getConcentration(float rs_ro_ratio)
{
    return pow(10, coord + scope * log(rs_ro_ratio));
}

float getCorriente(int muestrasi)
{
    digitalWrite(moc, HIGH);
    float voltagei;
    float sumai = 0;
    for (int i = 0; i < muestrasi; i++)
    {
        voltagei = analogRead(I) * 5.0 / 1023.0;
        sumai += (voltagei - 2.5) / sensibilidad;
    }
    digitalWrite(moc, LOW);
    return (sumai / muestrasi);
}

```

```

float getVoltaje(int muestrasv)
{
  float v;
  float sumav = 0;
  for (int i = 0; i < muestrasv; i++)
  {
    v = map(analogRead(V), 0, 1023, 0, 5);
    sumav += v;
  }
  return (sumav / muestrasv);
}

void datos() {
  iniciarTrigger();

  //NIVEL DE FERTIRRIGACION

  unsigned long tiempo = pulseIn(PinEcho, HIGH);
  // Obtenemos la distancia en cm, hay que convertir el tiempo en segundos ya que está en
  microsegundos por eso se multiplica por 0.000001
  distancia = tiempo * 0.000001 * VelSon / 2.0;
  Serial.println("Distancia cm: ");
  Serial.println(distancia);
  float nivel = map(distancia, 0, 35, 0, 255); //Conversión de la señal a voltaje para la salida del
  PLC
  Serial.println(nivel);
  analogWrite(pwm1, nivel);

  //HUMEDAD EXTERIOR

  float h = dht.readHumidity(); //Se lee la humedad
  Serial.println(h);
  float hp = map(h, 30, 80, 0, 255); // Conversión de la señal a voltaje para la salida
  float t = dht.readTemperature(); //Se lee la temperatura
  Serial.println("Humedad Exterior: "); //a del PLC
  Serial.println(hp); // Imprime el valor de la temperatura exterior en un rango de voltaje de 0 a
  5V
  analogWrite(pwm2, hp);

  //TEMPERATURA EXTERIOR

  Serial.println("Temperatura Exterior: "); // Imprime el valor de la temperatura exterior (DHT22)
  Serial.println(t);

```

```

float tp = map(t, 4, 45, 0, 255); //Conversión de la señal a voltaje para la salida del PLC
Serial.println(tp); // Imprime el valor de la temperatura exterior en un rango de voltaje de 0 a
5V
analogWrite(pwm4, tp);

//LECTURA DE CO2

float rs_med = readMQ(co2); // Obtener la Rs promedio
float concentracion = getConcentration(rs_med / R0); // Obtener la concentración
Serial.println("Concentracion de CO2 en ppm: ");
Serial.println(concentracion);
float co2 = map(concentracion, 300, 600, 0, 255);
Serial.println(co2);
analogWrite(pwm5, co2);

//TEMPERATURA DEL SUELO

t_lm352 = analogRead (lm352);
t_lm352 = (5 * t_lm352 * 100) / 1024; // Transformación de la tempratur a grados Celcius
Serial.println("Temperatura Suelo: "); // Imprime el valor de la temperatura interior (LM35)
Serial.println(t_lm352);
Serial.println ("°C");
float tsuelo = map(t_lm352, 4, 45, 0, 255); //Conversión de la señal a voltaje para la salida del
PLC
Serial.println(tsuelo); // Imprime el valor de la temperatura exterior en un rango de voltaje de 0
a 5V
analogWrite(pwm6, tsuelo);

//TEMPERATURA INTERIOR

t_lm351 = analogRead (lm351);
t_lm351 = (5 * t_lm351 * 100) / 1024; // Transformación de la tempratur a grados Celcius
Serial.println("Temperatura Interior: "); // Imprime el valor de la temperatura interior (LM35)
Serial.println(t_lm351);
float tpext = map(t_lm351, 4, 45, 0, 255); //Conversión de la señal a voltaje para la salida del
PLC
Serial.println(tpext); // Imprime el valor de la temperatura exterior en un rango de voltaje de 0
a 5V
analogWrite(pwm3, tpext);

//CORRIENTE PANEL

float intensidad = getCorriente(muestrasi);
Serial.println("Corriente panel: ");

```

```
Serial.println(intensidad); // Imprime el valor de la corriente panel en un rango de voltaje de 0 a 5V
```

```
//VOLTAJE PANEL
```

```
float voltaje = getVoltaje(muestrasv);  
Serial.println("Voltaje panel: ");  
Serial.println(voltaje);
```

```
// IRRADIACION
```

```
float potencia = voltaje * intensidad;  
float irradiacion = potencia / area;  
Serial.println("Irradiación: ");  
Serial.println(irradiacion);  
float irrapwm = map(irradiacion, 50, 150, 0, 255);  
Serial.println(irrapwm);  
analogWrite(pwm7, irrapwm);
```

```
delay(1000);  
}
```

### 5.4.3. Anexo 3

### Diagrama de conexiones

## DIAGRAMA DE CONEXIONES

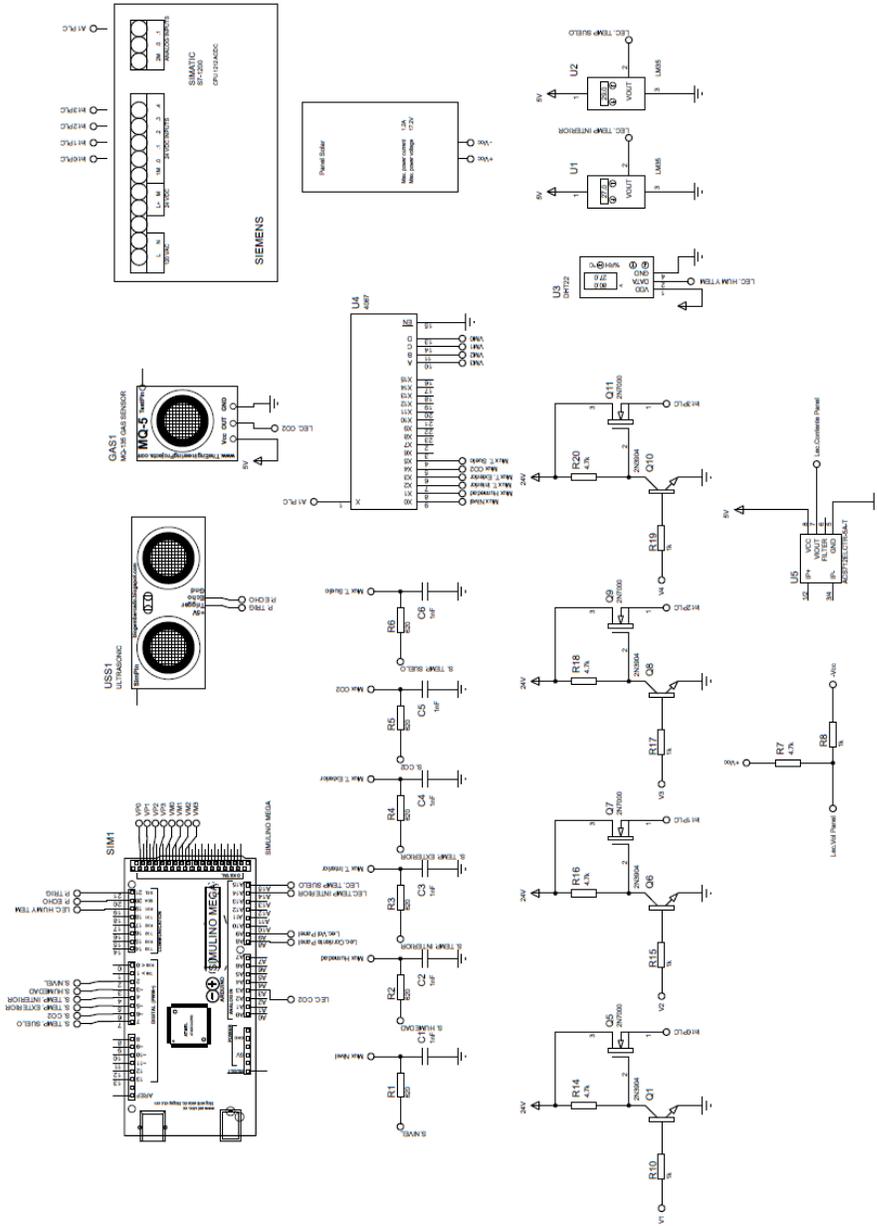


Figura 41: Diagrama general de conexiones

### 5.4.4. Anexo 4

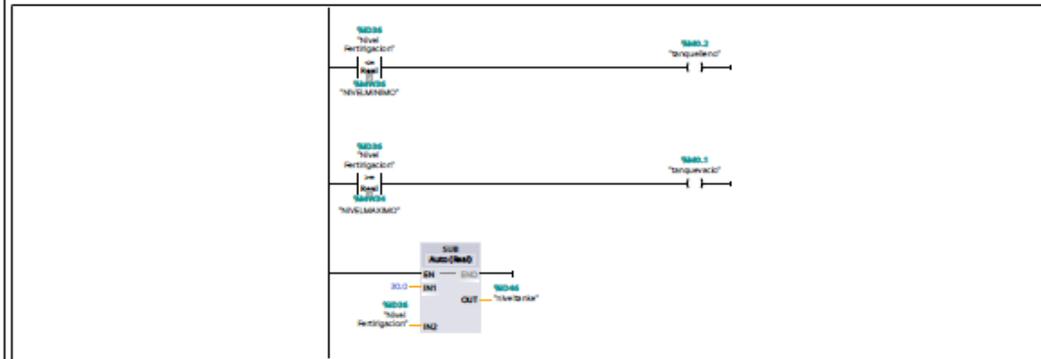
Programa realizado en el software TIA Portal

Totally Integrated Automation Portal					
<b>TESIS1 / PLC_1 [CPU 1212C AC/DC/Rly] / Bloques de programa</b>					
<b>Main [OB1]</b>					
<b>Main Propiedades</b>					
<b>General</b>					
Nombre	Main	Número	1	Tipo	OB
Numeración	Automático			Idioma	KOP
<b>Información</b>					
Título	"Main Program Sweep (Cycle)"	Autor		Comentario	
Versión	0.1	ID personalizada		Familia	
<b>Main</b>					
Nombre		Tipo de datos	Valor predet.	Supervisión	Comentario
▼ Input					
Initial_Call	Bool				Initial call of this OB
Remanence	Bool				→True, if remanent data are available
Temp					
Constant					
<b>Segmento 1: CANALA ANALOGO 1</b>					
<b>Símbolo</b>	<b>Dirección</b>	<b>Tipo</b>	<b>Comentario</b>		
"AC1"	%M66	Bit			
"CO2"	%M46	Real			
"conversion1"	%D20	Real			
"d0"	%Q.0	Bool			
"d1"	%Q.1	Bool			
"d2"	%Q.2	Bool			
"d3"	%Q.4	Bool			
"HumedadR"	%D30	Real			
"Irradiacion"	%M54	Real			
"Nivel Fertirrigacion"	%D36	Real			
"TeExterior"	%D50	Real			

Totally Integrated Automation Portal		
--------------------------------------	--	--

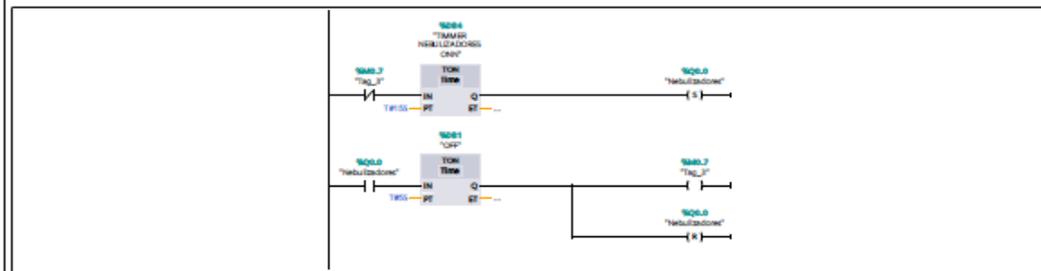
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"TeInterior"	%D24	Real	
"TeSuelo"	%M40	Real	

**Segmento 2: Control de nivel de liquido**



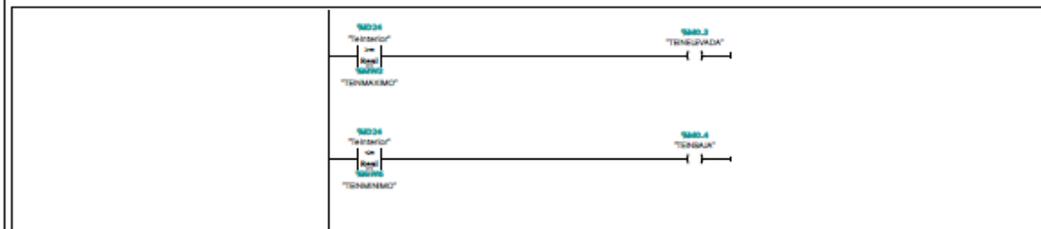
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"Nivel Fertirigación"	%D36	Real	
"NIVELMAXIMO"	%MW34	Int	
"NIVELMINIMO"	%MW36	Int	
"niveltanke"	%D46	Real	
"tanquelleno"	%M0.2	Bool	
"tanquevacio"	%M0.1	Bool	

**Segmento 3: Encendido de bomba y nebulizadores**



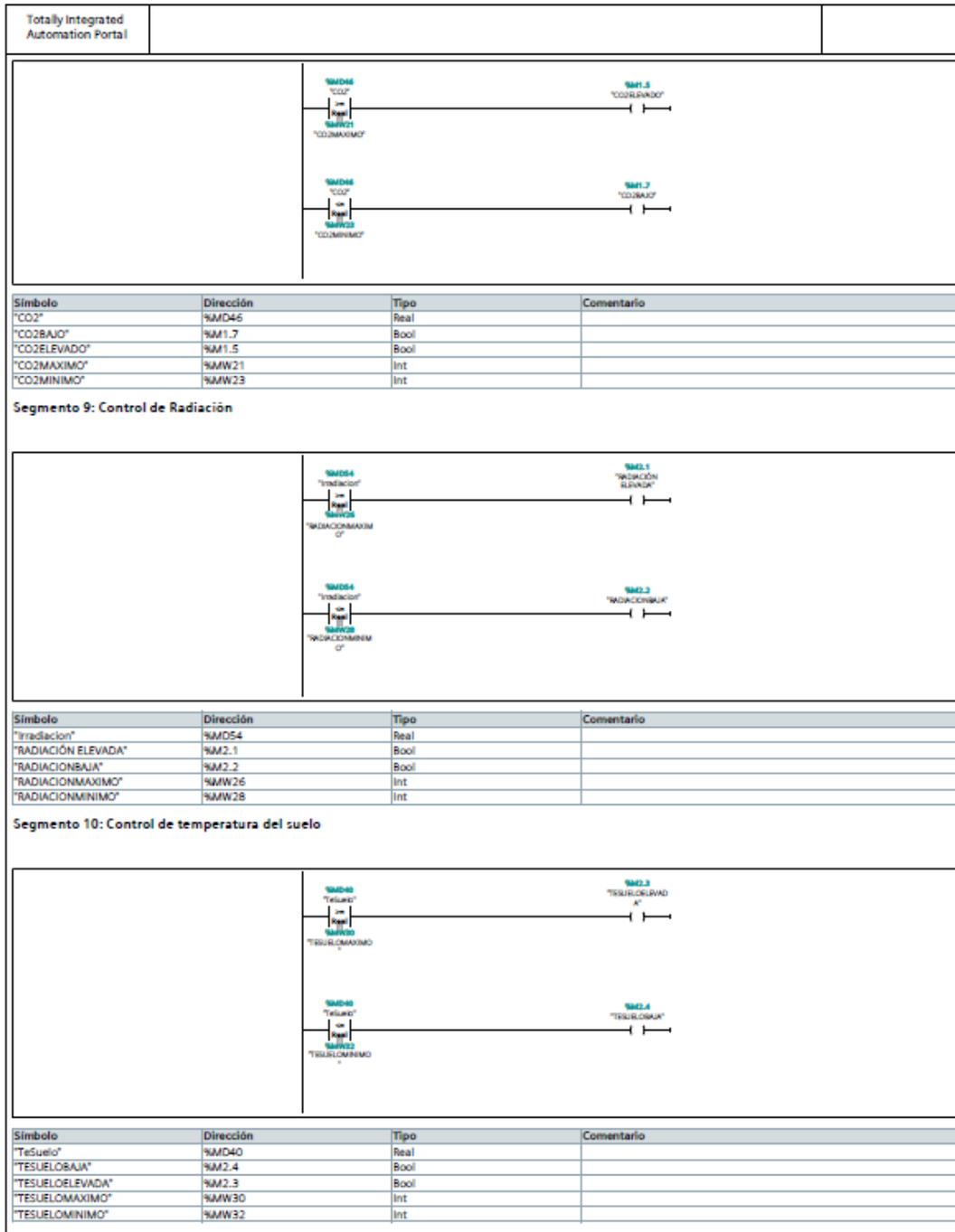
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"nebulizadores"	%Q0.0	Bool	
"Tag_3"	%M0.7	Bool	

**Segmento 4: Control de temperatura interior**



Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario
"TEINBAJA"	%M0.4	Bool	
"TEINLEVADA"	%M0.3	Bool	
"TERINMAXIMO"	%MW3	Int	
"TEINMINIMO"	%MW6	Int	

Totally Integrated Automation Portal																											
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario																								
"TeInterior"	%ID24	Real																									
<b>Segmento 5: Control de temperatura exterior</b>																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Símbolo</th> <th>Dirección</th> <th>Tipo</th> <th>Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"TEEXBAJA"</td> <td>%M1.2</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"TEEXLEVADA"</td> <td>%M1.1</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"TEEXMAXIMO"</td> <td>%MW9</td> <td>Int</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"TeExterior"</td> <td>%ID50</td> <td>Real</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"TEEXTMINIMO"</td> <td>%MW11</td> <td>Int</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario	"TEEXBAJA"	%M1.2	Bool		"TEEXLEVADA"	%M1.1	Bool		"TEEXMAXIMO"	%MW9	Int		"TeExterior"	%ID50	Real		"TEEXTMINIMO"	%MW11	Int	
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario																								
"TEEXBAJA"	%M1.2	Bool																									
"TEEXLEVADA"	%M1.1	Bool																									
"TEEXMAXIMO"	%MW9	Int																									
"TeExterior"	%ID50	Real																									
"TEEXTMINIMO"	%MW11	Int																									
<b>Segmento 6: Control de Humedad</b>																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Símbolo</th> <th>Dirección</th> <th>Tipo</th> <th>Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"HUMBAJA"</td> <td>%M1.3</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"HumedadR"</td> <td>%ID30</td> <td>Real</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"HUMLEVADA"</td> <td>%M1.4</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"HUMMAXIMA"</td> <td>%MW13</td> <td>Int</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"HUMMINIMO"</td> <td>%MW16</td> <td>Int</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario	"HUMBAJA"	%M1.3	Bool		"HumedadR"	%ID30	Real		"HUMLEVADA"	%M1.4	Bool		"HUMMAXIMA"	%MW13	Int		"HUMMINIMO"	%MW16	Int	
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario																								
"HUMBAJA"	%M1.3	Bool																									
"HumedadR"	%ID30	Real																									
"HUMLEVADA"	%M1.4	Bool																									
"HUMMAXIMA"	%MW13	Int																									
"HUMMINIMO"	%MW16	Int																									
<b>Segmento 7: Control de CO2</b>																											
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Símbolo</th> <th>Dirección</th> <th>Tipo</th> <th>Comentario</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>"CO2"</td> <td>%MD46</td> <td>Real</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"CO2BAJO"</td> <td>%M1.7</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"CO2LEVADO"</td> <td>%M1.5</td> <td>Bool</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"CO2MAXIMO"</td> <td>%MW21</td> <td>Int</td> <td></td> </tr> <tr> <td>"CO2MINIMO"</td> <td>%MW23</td> <td>Int</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>				Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario	"CO2"	%MD46	Real		"CO2BAJO"	%M1.7	Bool		"CO2LEVADO"	%M1.5	Bool		"CO2MAXIMO"	%MW21	Int		"CO2MINIMO"	%MW23	Int	
Símbolo	Dirección	Tipo	Comentario																								
"CO2"	%MD46	Real																									
"CO2BAJO"	%M1.7	Bool																									
"CO2LEVADO"	%M1.5	Bool																									
"CO2MAXIMO"	%MW21	Int																									
"CO2MINIMO"	%MW23	Int																									
<b>Segmento 8:</b>																											



**Figura 42:** Programación del PLC

#### 5.4.5. Anexo 5

### **Manual de usuario del Sistema SCADA para invernadero**

#### **Introducción**

La presente guía muestra el manejo del SCADA para invernadero cuenta con una computadora central MTU, misma que administra toda la información que provee la RTU (PLC S7-1200), la comunicación entre estas dos se realiza a través del protocolo de comunicación Ethernet TCP IP usando la topología punto a punto.

El sistema permite realizar las siguientes acciones:

- Supervisar las variables de temperatura interior, temperatura del suelo, temperatura exterior, humedad relativa exterior, concentración de CO<sub>2</sub>, nivel de líquido e irradiación solar.
- Detección de la falta de líquido en el tanque del líquido fertirrigante
- Generar reportes de alarmas activadas
- Generar reportes actuales e históricos con los valores de las variables para posterior a ello imprimirlos (data loggers).
- Visualizar gráficas en tiempo real de cada una de las variables
- Comparación de gráficas actuales con la de datos históricos.

#### **Consideraciones previas**

Previamente a iniciar el modo Runtime del proyecto desarrollado en Movicon se debe tomar en cuenta ciertas consideraciones

a) Direcciones IP: las direcciones de las IP de la MTU y del PLC deben ser las siguientes:

IP PLC: 192.168.0.3

IP MTU: 192.168.0.1

b) Conexiones MTU-RTU: Se debe conectar el conector Rj45 al puerto ethernet de la MTU y al puerto ethernet del PLC

c) Programa desarrollado en Movicon 11.5: La MTU debe tener la carpeta del proyecto de Movicon.

### 1.1.Ingreso al sistema

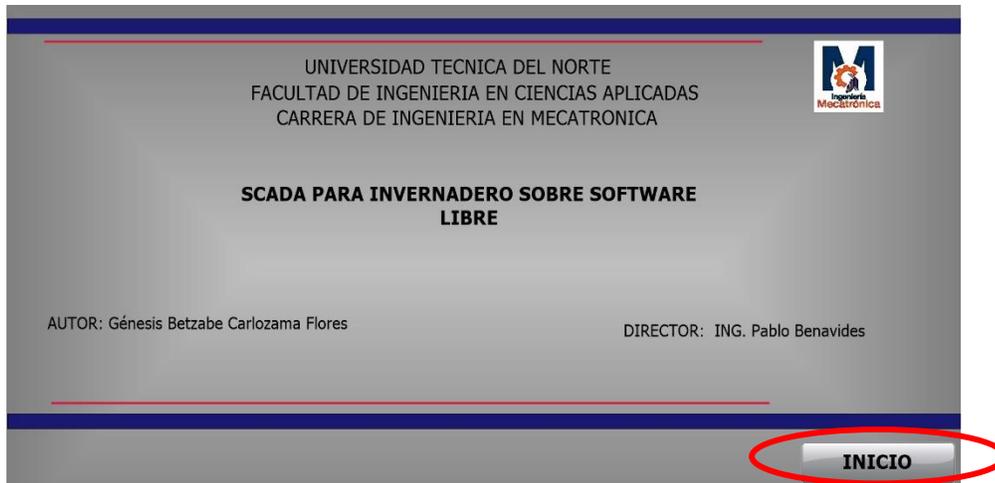
Desde la MTU se realiza el ingreso de la forma siguiente:

- Abra la carpeta nombrada SCADA PARA INVERNADERO: en la cual se concentra toda la información del proyecto.
- Abra el documento con extensión Movicon11.Document
- Inicie el modo Runtime con el ícono mostrado en la figura 43



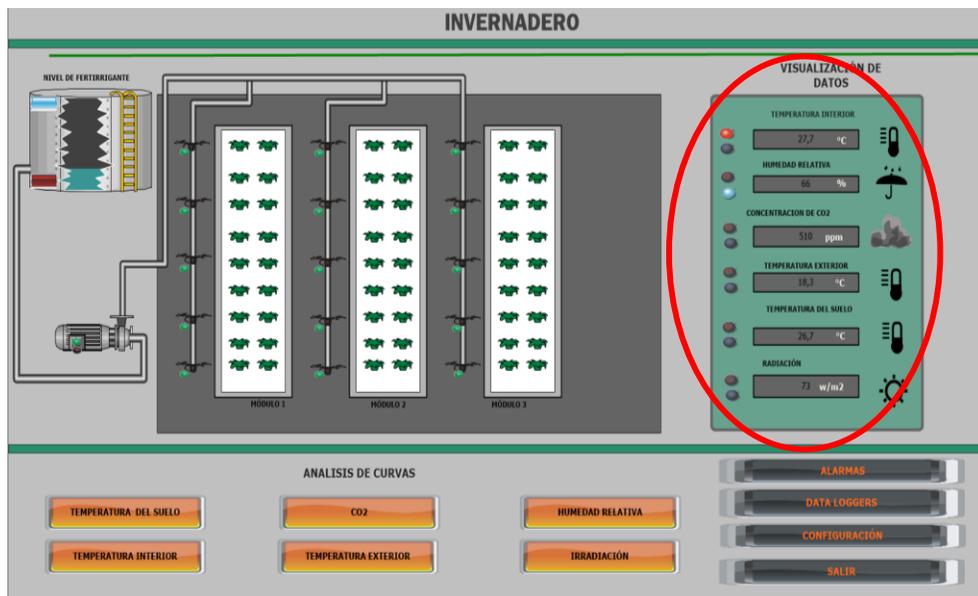
**Figura 43:** Inicio del sistema

- Aparecerá la pantalla inicial dar clic en INICIO, figura 44



*Figura 44: Iniciar sistema*

- Se muestra la siguiente pantalla (figura 45), el sistema automáticamente empezará a visualizar los valores de las variables que envíe la RTU.



*Figura 45: Valores de variables del sistema*

Las luces indicativas en la bomba y los nebulizadores quieren decir que el Sistema inició de manera correcta y está funcionando.

El Sistema es diseñado para un sistema aerónico, por lo cual el encendido de la bomba y nebulizadores está programado para su encendido cada 15 minutos por 12 segundos.

El indicador led color rojo en las variables, indica que una alarma se encendió por los rangos configurados como máximo. Mientras que el indicador led color azul en las variables, indica que una alarma se encendió por los rangos configurados como mínimos.

## 1.2. Configuración de parámetros

Haga clic en el botón CONFIGURACIONES, como se muestra en la figura 46



*Figura 46:* Configuración de parámetros

Este botón nos dirige a la pantalla que se muestra en la figura 47.



*Figura 47:* Pantalla de configuraciones

Realice la configuración de cada variable de acuerdo a las necesidades del cultivo mediante con lo botones de máximo y mínimo para la activación de las respectivas alarmas.

### **1.3.Gráficas y comparación**

Las gráficas permiten analizar e imprimir gráficamente el comportamiento de las variables del sistema, también se puede realizar una comparación con curvas anteriores, según la necesidad del usuario.

Las variables que se registran cada 5 segundos son las siguientes:

Temperatura interior

Temperatura del suelo

Temperatura exterior

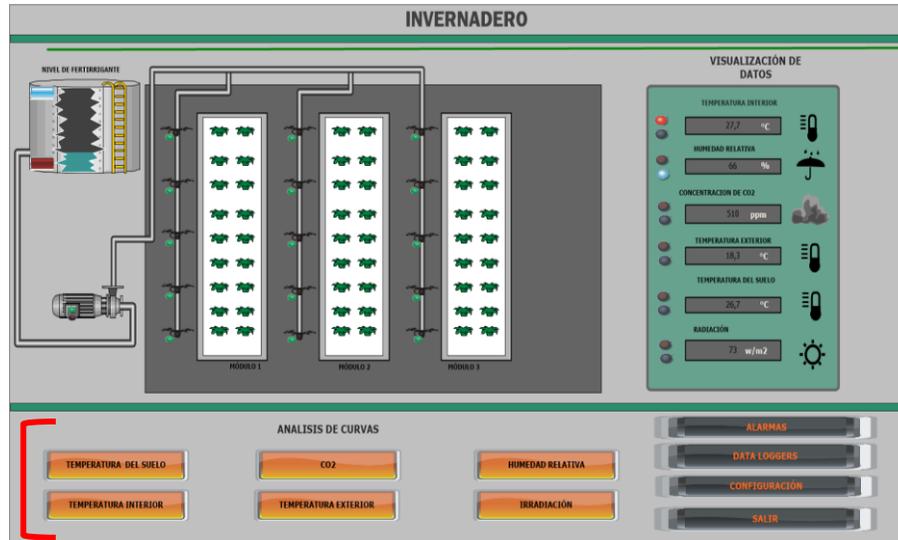
Humedad relativa exterior

Concentración de CO<sub>2</sub>

Nivel de líquido

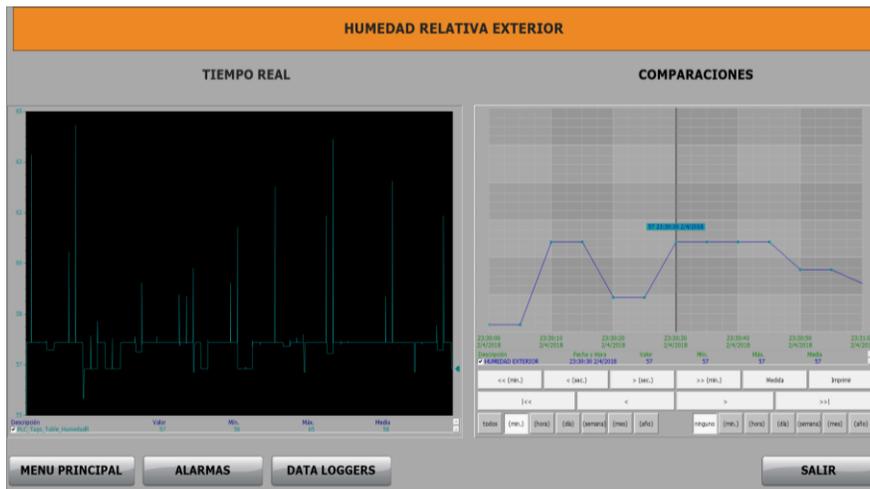
Irradiación solar.

- Haga clic en los botones situados en la zona inferior de la pantalla como lo muestra la figura 48.



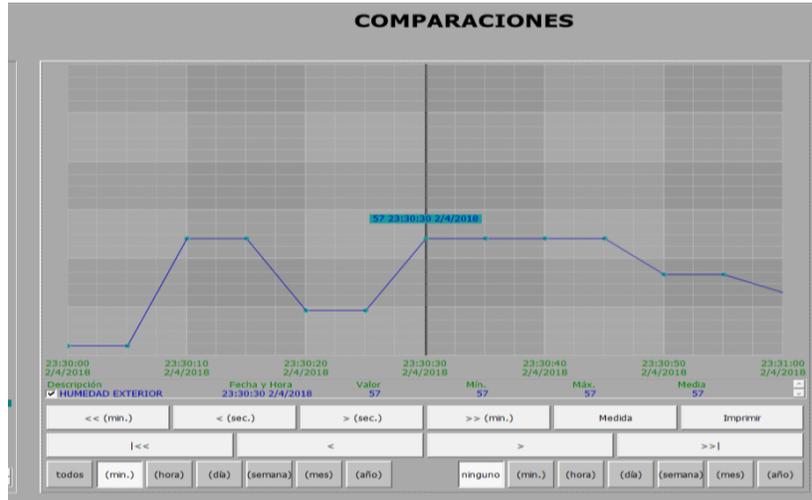
*Figura 48: Botones para análisis de curvas*

Cada uno de los botones muestra las gráficas en tiempo real de las variables con el nombre indicado, mostrando una gráfica en tiempo real y a su vez una gráfica de comparaciones como las que se muestran en la figura 49.



*Figura 49: Pantalla de variable seleccionada*

La comparación de curvas, figura 50, se lo hace de la siguiente manera:



**Figura 50:** Comparación de curvas

- Haga doble clic en las leyendas de color verde situadas en la parte inferior de la grilla. Se muestra una ventana como lo indica la figura 51. Seleccione el periodo de los datos a comparar.

Filtrar

Fecha Inicial:  19/ 02 /2018 00:00

Fecha Final:  26/ 02 /2018 00:00

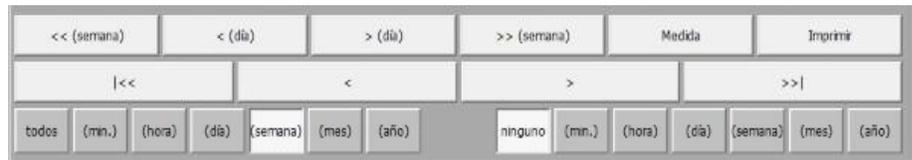
Fecha Inicial de Comparación:  30/ 12 /1899 00:00

Fecha Final de Comparación:  30/ 12 /1899 00:00

OK Anular

**Figura 51:** Ventana de selección de periodo a comparar.

- Una vez seleccionado el periodo, los botones mostrados en la figura 52 brindan la opción de seleccionar por minutos, horas, días, semanas, mes y año mencionados períodos. Las leyendas de los botones cambiaran de acuerdo con el tiempo escogido.



**Figura 52:** Botones de selección de periodo

- Puede adelantar o retroceder según el tiempo escogido con los botones que se indican en la figura 53



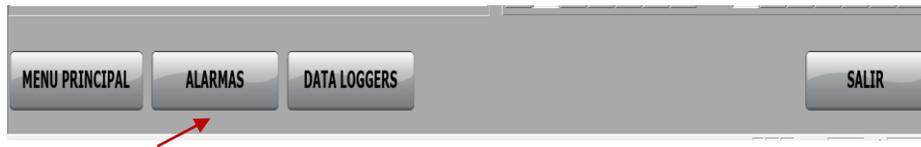
**Figura 53:** Botones de selección de periodo

- El botón MENU PRINCIPAL, permite regresar a la pantalla principal. Figura 54



**Figura 54:** Botón para el menú principal

- El botón ALARMAS, permite acceder a la pantalla de alarmas. Figura 55



*Figura 55:* Botón para actualizar los datos del sistema

- El botón DATA LOGGERS, permite acceder a la pantalla de data loggers. Figura 56



*Figura 56:* Botón para data loggers.

- El botón SALIR permite salir de la visualización de datos. Figura 57



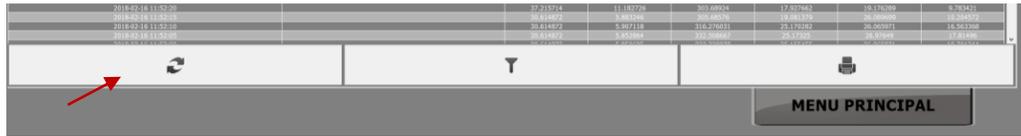
*Figura 57:* Botón para salir de la visualización de datos

#### **1.4.Históricos (Data loggers)**

Los Data Loggers son la herramienta principal para el registro de los datos del proceso, las variables del sistema se almacenan cada 5 segundos por un período de 30 días desde de la última sesión, esto no es perjudicial para el sistema, debido a que al volver ejecutar el programa se vuelven a seguir con la recepción de los datos del sistema.

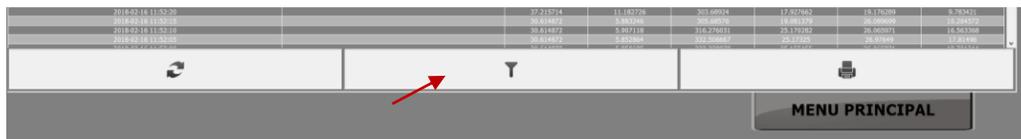


- Para actualizar los datos del sistema, haga clic en el botón como lo indica la figura 60



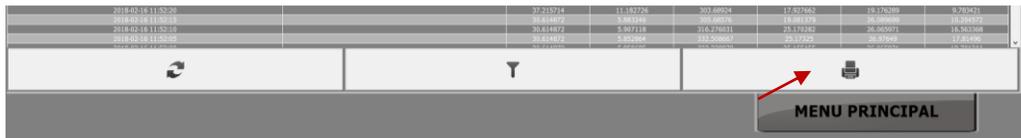
**Figura 60:** Botón para actualizar los datos del sistema

- Si desea filtrar datos de un período seleccionado, haga clic en el botón que muestra la figura 61.



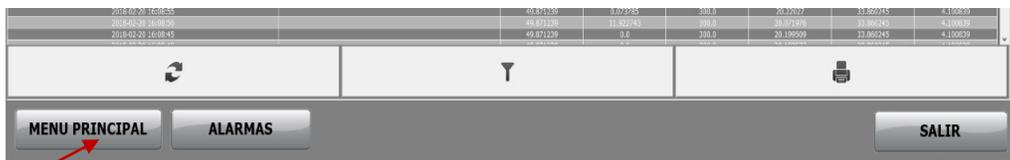
**Figura 61:** Botón para filtrar los datos del sistema

- Para generar un reporte en formato PDF, haga clic en el botón (figura 62), el mismo botón permite imprimir el reporte generado, en la impresora conectada.



**Figura 62:** Botón para reporte e impresión de los datos del sistema

- El botón MENU PRINCIPAL, permite regresar a la pantalla principal. Figura 63



**Figura 63:** Botón para ir al menú principal

- El botón ALARMAS, permite acceder a la pantalla de alarmas. Figura 64



**Figura 64:** Botón para acceder a la pantalla de alarmas

- El botón SALIR permite salir de la visualización de datos. Figura 65



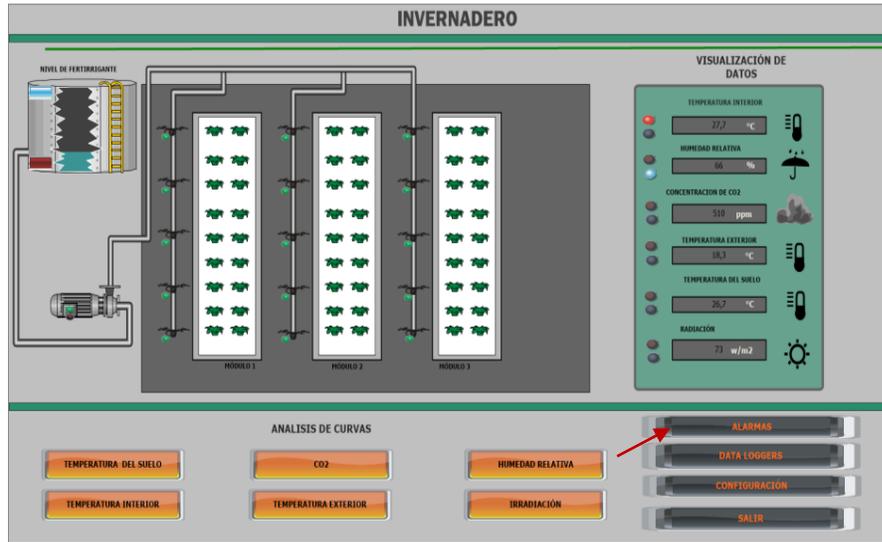
**Figura 65:** Botón para salir de la pantalla de data logger

### 1.5. Manejo de alarmas

Las alarmas son elementos de seguridad pasivas, estas no evitan una situación anormal, pero son capaces de advertir y alertar al usuario de una falla suscitada en el proceso.

Cuando una alarma sea activa y reconocida por el sistema, se activará un sonido el cual alerta al operario, también se encenderán los indicadores rojo o azul que se muestran en la visualización de datos en caso de activarse una, siga las siguientes indicaciones.

- Haga clic en el botón que indica la figura 66



**Figura 66:** Botón para acceder a las alarmas

- Se muestra una pantalla como la indicada en la figura 67



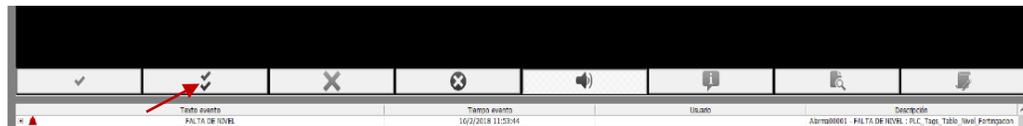
**Figura 67:** Pantalla de alarmas

- Para reconocer la alarma activada haga clic en el botón que muestra la figura 68



**Figura 68:** Botón para reconocer una alarma activada

- En caso de sonar varias alarmas a la vez, se podrá reconocer todas con el botón que lo indica la figura 69.



**Figura 69:** Botón para reconocer varias alarmas activadas

- Si desea desactivar el sonido de la alarma reconocida, haga clic en el botón que muestra la figura 70.



**Figura 70:** Botón para activar o desactivar el sonido