



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA  
SEDE GUAYAQUIL**

**CARRERA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE:  
INGENIERO ELECTRÓNICO**

**PROYECTO TÉCNICO:  
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR DE NIVEL  
UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA CON PLC S7-1500**

**AUTORES:  
ALEXANDER DAYAN REYES AVILA  
GUILLERMO DAVID ROLDÁN SARANGO**

**TUTOR:  
Ing. CARLOS PÉREZ MSc.**

**GUAYAQUIL - ECUADOR  
2021**

## CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA

Nosotros, Reyes Ávila Alexander Dayan con cédula de identidad N°.0802858423 y Roldán Sarango Guillermo David con cédula de identidad N°. 0929736155, declaramos que este trabajo de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR DE NIVEL UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA CON PLC S7-1500” ha sido implementado bajo los conceptos, análisis y conclusiones considerando los métodos de investigación, así como también el respeto a los derechos intelectuales a terceros, son de exclusiva responsabilidad de los autores; y la propiedad intelectual de la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA.

**Guayaquil, 2 de marzo del 2021**



---

**Alexander Reyes Ávila**  
**0802858423**



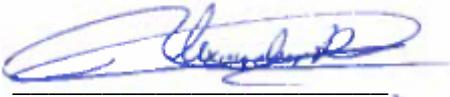
---

**Guillermo Roldán Sarango**  
**0929736155**

## CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS

Nosotros, Reyes Ávila Alexander Dayan con cédula de identidad N°.0802858423 y Roldán Sarango Guillermo David con cédula de identidad N°.0929736155, manifestamos nuestra voluntad de ceder la titularidad sobre los derechos patrimoniales de este trabajo de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR DE NIVEL UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA CON PLC S7-1500” a la UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA según lo establecido por la ley de la propiedad intelectual y por la normativa institucional vigente.

**Guayaquil, 2 de marzo del 2021**



**Alexander Reyes Avila**  
**CI:0802858423**



**Guillermo Roldán Sarango**  
**CI: 0929736155**

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN**

Por medio de la presente declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollado este trabajo de titulación “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR DE NIVEL UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA CON PLC S7-1500” realizado por los estudiantes ALEXANDER DAYAN REYES AVILA con cédula de identidad 0802858423 y GUILLERMO DAVID ROLDÁN SARANGO con cédula de identidad 0929736155, el mismo que cumple con los objetivos del diseño de aprobación y todos los requisitos pertinentes.

**Guayaquil, 2 de marzo de 2021**



---

Ing. Carlos Pérez, MSc.

Tutor

## **DEDICATORIA**

La siguiente tesis la dedico a toda mi familia quienes han sido los que me han apoyado emocional y económicamente durante toda mi vida y siempre han estado conmigo en las buenas y malas. Sin su ayuda esto no sería posible. Todos los valores que he demostrado en mi vida como estudiante han sido gracias a ellos.

**Alexander Reyes Ávila**

El siguiente trabajo de grado se lo dedico a toda mi familia, que aportaron de la mejor manera en todo momento en especial en el proceso estudiantil de mi carrera. Todo el esfuerzo entregado en la realización de esta tesis es para ellos.

**Guillermo Roldán Sarango**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a mis padres Byron Alejandro Reyes Padilla y Diana Vanessa Ávila Terreros debido a que si no fuese por su ayuda no tuviera la oportunidad de obtener este logro. Ellos siempre han estado atrás de mí, apoyándome en cada paso de mi vida por más difícil que sea. Y a mi enamorada Pierina Polo que siempre me apoya y me ayuda a sobrellevar mis dificultades.

**Alexander Reyes Ávila**

Agradezco a mis padres Guillermo Roldán Vilela y a mi madre Teresa Sarango Alvarado que son el pilar de la realización de este proyecto estudiantil. A mi enamorada Gabriela Calderón por su apoyo en mi vida universitaria. Cada uno aportando de manera muy especial en cada semestre, en cada paso de la duración de toda mi carrera, por lo que estoy inmensamente agradecido.

**Guillermo Roldán Sarango**

## RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	TUTOR DE PROYECTO	TEMA DE PROYECTO DE TITULACION
2021	GUILLERMO DAVID ROLDÁN SARANGO ALEXANDER DAYAN REYES AVILA	ING. CARLOS PÉREZ	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CONTROLADOR DE NIVEL UTILIZANDO LÓGICA DIFUSA CON PLC S7-1500

En los últimos años varios de trabajos de investigación se han enfocado en la mejora del proceso educativo de técnicas de automatización y control. Buscando llevar al estudiante una mayor interactividad en su aprendizaje, que le permita mediante prácticas emplear el conocimiento adquirido en las aulas. El uso de prácticas facilita la comprensión y reflexión sobre los conceptos y criterios conceptuales de problemas en la industria específicamente en la automatización industrial. El presente trabajo de titulación implementó un PLC de gama alta y de última generación adaptándolo a un módulo didáctico que puede interactuar con una planta a escala. Mediante un manual de prácticas, el estudiante puede realizar la programación del PLC, conexiones reales de sensores y actuadores, y aplicar controladores de lógica difusa.

Como resultado, es implementado en el módulo un control basado en lógica difusa para una maqueta a escala de un proceso de nivel. Enlazado en red Profinet a un sistema SCADA que realiza una base de datos empleando el software LabVIEW. El error alcanzado por el controlador difuso es del 1%, dando una perspectiva de la funcionalidad y fácil programación de la lógica difusa.

Palabras clave: Lógica difusa, control de nivel, comunicación OPC, simulación SCADA, plc s7 1500.

## ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	PROJECT TUTOR	PROJECT THEME
2021	GUILLERMO DAVID ROLDÁN SARANGO ALEXANDER DAYAN REYES AVILA	ING. CARLOS PÉREZ	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A LEVEL CONTROLLER USING FUZZY LOGIC WITH PLC S7-1500

In recent years, several research papers have focused on improving the educational process of automation and control techniques. Seeking to bring to the student a greater interactivity in their learning, allowing them through practices to use the knowledge acquired in the classroom.

The use of real practices facilitates understanding and reflection on mathematical concepts and conceptual criteria in the resolution of problems at the level of industrial automation. This degree work implemented a high-end and last generation PLC, adapting it to a didactic module that can interact with a plant at a level process scale. By means of a practice manual, the student can carry out the programming of the PLC, real connections of sensors and actuators, and apply fuzzy logic controllers.

As a result, a fuzzy logic-based control for a scale model of a level process is implemented in the module. Profinet is networked to a SCADA system that makes a database using LabView software. The error achieved by the fuzzy controller is 1%, giving an insight into the functionality and easy programming of the fuzzy logic.

Key words: Fuzzy logic, level control, OPC communication, SCADA simulation, plc s7 1500.

## ÍNDICE

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA	II
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS	III
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN	IV
DEDICATORIA	V
AGRADECIMIENTO	VI
RESUMEN	VII
ABSTRACT	VIII
ÍNDICE	IX
ÍNDICE DE FIGURAS	XII
ÍNDICE DE TABLAS	XIII
INTRODUCCIÓN	1
1. EL PROBLEMA	3
1.1. Planteamiento del problema	3
1.2. Antecedentes	3
1.3. Importancia y alcance	3
1.4. Delimitación del Problema	4
1.4.1. Delimitación espacial	4
1.4.2. Delimitación temporal	4
1.4.3. Delimitación académica	4
1.5. Objetivos	4
1.5.1. Objetivo general	4
1.5.2. Objetivos específicos	4
2. MARCO TEÓRICO	6
2.1. Sistemas de control de nivel	6
2.2. Redes Industriales	8
2.2.1. Protocolo Profinet	9
2.2.2. PLC'S S7-1500	10
2.3. Sistemas de control de lógica difusa	11
2.3.1. Función de pertenencia o membresía	11
2.3.2. Conjuntos difusos comunes	11
2.3.3. Operaciones sobre conjuntos difusos	12
2.3.4. Reglas y Controlador difuso	12

3.	METODOLOGÍA	13
3.1.	Diseño de la solución	13
3.2.	Proceso – tanque de nivel	14
3.3.	Construcción del módulo de PLC S7 1500	17
3.4.	Interfase de Comunicación industrial Software LABVIEW	20
3.4.1.	Herramienta Fuzzy System Designer de LABVIEW	20
4.	MANUAL DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO	22
4.1.	Práctica #1: Declaración de variables de entrada y salida para un control on/off de salidas digitales utilizando set/reset.	22
4.2.	Práctica #2: Lectura de entradas analógicas con funciones de normalizar y escalar.	24
4.3.	Práctica #3: Control de salida mediante el uso de contadores y comparadores.	26
4.4.	Práctica #4: Utilización de 6 salidas físicas digitales para control de un semáforo con simulación en HMI.	28
4.5.	Práctica #5: Utilización de 6 salidas físicas digitales para control de un semáforo con simulación en HMI.	30
4.6.	Práctica #6: Control de nivel de un tanque por un sistema de bombeo mediante el uso de botoneras.	32
4.7.	Práctica #7: Control de nivel de un tanque por un sistema de bombeo mediante el uso de boya (digital) y sensor de nivel (analógica) con opción de elegir el control.	34
4.8.	Práctica #8: Mediante OPC comunicar todas las variables creadas de la practica 2 a la PC usando LabVIEW, mostrándola en indicadores numéricos y booleanos.	36
4.9.	Práctica #9: Control de nivel de un tanque de una estación de bombeo mediante lógica difusa.	38
4.10.	Práctica #10: Diseñar una estación de bombeo (mímicas) en LabVIEW donde se muestren los elementos de la estación, estado de bombas, nivel del tanque, tipo de control, con opción de lectura y escritura de setpoint a un controlador comunicado por OPC.	41
5.	RESULTADOS	45
5.1.	PRUEBAS DEL CONTROLADOR DE LÓGICA DIFUSA	51
6.	ANÁLISIS DE RESULTADOS	52

6.1.	CAMBIOS DE SETPOINT	52
6.2.	PRUEBAS CON PERTURBACIONES EXTERNAS AL SISTEMA	52
	CONCLUSIONES	55
	RECOMENDACIONES	56
	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	57
	ANEXOS: SOLUCIONES DE LAS PRÁCTICAS	60

## ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Esquema de la planta industrial de nivel	7
Figura 2. Diferentes Niveles empleados en redes industriales.	9
Figura 3. Red Profinet	10
Figura 4. Elementos de los conjuntos difusos	11
Figura 5. Conjuntos difusos.	11
Figura 6. Ejemplo del protocolo de un controlador lógico difuso	12
Figura 7. Representación de un control con Lógica difusa.	12
Figura 8. Sistemas: a) Lazo abierto, b) Lazo Cerrado	13
Figura 9. Sistema de control en lazo cerrado	14
Figura 10. Diagrama de sensores y tuberías	15
Figura 11. Planta industrial de nivel	16
Figura 12. Paneles del módulo didáctico	18
Figura 13. a) Distribución y Fuente de alimentación b) Módulo de variador de frecuencia	19
Figura 14. Conexiones internas de los módulos	19
Figura 15. Módulo completo de PLC.	20
Figura 16. Representaciones graficas de LabVIEW	20
Figura 17. Lingüística de control difuso en Fuzzy Logic	21
Figura 18. Esquema de la planta a ser controlada	45
Figura 19. Estructura del controlador	45
Figura 20. Ventana principal "Fuzzy System Designer".	46
Figura 21. Declaración la Variable de entrada ERROR"	47
Figura 22. Variable "INTEGRAL"	47
Figura 23. Variable "VELOCIDAD"	48
Figura 24. Ventana principal "Fuzzy System Designer".	48
Figura 25. Todas las reglas declaradas.	49
Figura 26. Programación del controlador Difuso	50
Figura 27. Ventana "Front Panel" finalizada, parte 1	50
Figura 28. Resultados de cambios en Setpoint	52
Figura 29. Perturbación apertura de válvula manual al 75%	53
Figura 30. Perturbación apertura de válvula manual al 100%	53
Figura 31. Perturbación apertura de válvula manual al 100% (oscilaciones)	54

## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características técnicas del PLC S7 1500	10
Tabla 2. Operaciones sobre conjuntos difusos.	12
Tabla 3. Descripción de los elementos instalados en la planta.	17
Tabla 4. Descripción de los elementos instalados en la planta.	48

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años varios de trabajos de investigación se han enfocado en la mejora del proceso educativo de técnicas de automatización y control. Buscando llevar al estudiante una mayor interactividad en su aprendizaje, que le permita mediante prácticas emplear el conocimiento adquirido en las aulas.

El uso de prácticas reales facilita la comprensión y reflexión sobre los conceptos matemáticos y criterios conceptuales en la resolución de problemas a nivel de automatización industrial.

Para alcanzar la mejora del proceso educativo, el Grupo de investigación en sistemas de control y robótica (GISCOR) ha desarrollado varios trabajos a través de proyectos de titulación como simulaciones, maquetas a escala [1], herramientas interactivas [2] y laboratorios virtuales [3], [4].

Estas nuevas herramientas se basan en la incorporación del controlador lógico programable (PLC) como elemento de adquisición de datos.

Estos conceptos son aplicables en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana debido a la adquisición y/o acondicionamiento de sus laboratorios, permitiendo una mayor disponibilidad y difusión de los recursos disponibles para los estudiantes y personal investigador. La mejora del aprendizaje también es aplicado fuera de las aulas de la Universidad, trabajos como Coloma F. y Prieto A. implementan módulos didácticos en la empresa CAMEI S.A. [5]. Guerrero A. y Verduga J. implementaron un módulo de entrenamiento para automatización y sistemas con HMI en la empresa INELSERVI S.A [6] y Tene J. y Bravo A. desarrollaron una maleta didáctica para comunicación entre PLC's maestro esclavo y servo motores en la empresa SIMALEC CÍA. LTDA [7]. Otras aplicaciones de módulos didácticos también han sido implementados para empresas de subestaciones como lo describe Satián J. [8]

Debido a la diversidad de procesos industriales, la estabilidad de los sistemas depende de la aplicación de criterios de control.

La novedad de este trabajo de titulación es emplear un PLC de gama alta y de última generación, y adaptarlo a un módulo didáctico que puede interactuar con una planta de un proceso de nivel. Mediante un manual de prácticas, el

estudiante puede realizar la programación del PLC, conexiones reales de sensores y actuadores, y aplicar controladores de lógica difusa [9], [10].

El documento queda dividido de la siguiente forma, en el capítulo uno se describe la problemática, los antecedentes la importancia y la delimitación del trabajo actual. En el capítulo dos es desarrollado el marco teórico, describiendo trabajos similares al proyecto actual y los conceptos del control por lógica difusa. En el capítulo tres, se muestran las etapas de construcción del módulo didáctico y la remodelación de la maqueta industrial; también se detalla la implementación de la programación del PLC y los criterios para el controlador de lógica difusa.

Finalmente se presentan para el análisis y discusión las pruebas realizadas del proyecto; así como las conclusiones y recomendaciones.

## **1. EL PROBLEMA**

### **1.1. Planteamiento del problema**

En los últimos años varios trabajos de investigaciones en la Carrera de Electrónica y Automatización, y el Grupo de investigación en Sistemas de Control y Robótica GISCOR tienen como objetivo mejorar los procesos educativos en las técnicas de automatización y control de sistemas industriales. Con estas investigaciones, se busca la interacción del estudiante con procesos reales durante su aprendizaje; que le permita poner en práctica los conocimientos teóricos adquiridos.

### **1.2. Antecedentes**

Actualmente en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil en el laboratorio de Automatización Industrial II de se encuentra mejorando sus instalaciones ofreciendo equipos de última generación en el área del control industrial, por lo cual, la Universidad le ofrece la oportunidad a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de realizar un trabajo de titulación con estos nuevos equipos, diseñando e implementando módulos didácticos que permitan usar los conocimientos teóricos con las prácticos además de poder darle a compañeros de semestres inferiores que ven materias como Automatización Industrial I-II, y Redes de Computadoras III la oportunidad de desarrollar prácticas en estos nuevos módulos.

### **1.3. Importancia y alcance**

El presente trabajo busca beneficiar a los estudiantes comunidad en general que realizan estudios en materias como automatización e Informática Industrial y seminarios relacionados a este campo.

El avance en las tecnologías es acelerado además de progresivo, esto hace las instituciones de educación superior brinden herramientas a los estudiantes para reforzar y mejorar sus conocimientos adquiridos para ser unos profesionales altamente capacitados para resolver problemas de casos en la industria.

## **1.4. Delimitación del Problema**

### **1.4.1. Delimitación espacial**

La implementación se desarrolló en el nuevo laboratorio de Automatización Industrial II de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil.

### **1.4.2. Delimitación temporal**

El proyecto se desarrolló con un tiempo de duración de un año y medio.

### **1.4.3. Delimitación académica**

Son aplicados técnicas de investigación técnicas y teóricas – prácticos adquiridos en los cursos académicos y seminarios profesionales. El uso del software TIA PORTAL 15 es la herramienta seleccionada para la programación y el desarrollo del sistema SCADA; a su vez, el software LabVIEW se usa para la lectura de variables y OPC SERVER para establecer la comunicación entre los dispositivos.

## **1.5. Objetivos**

### **1.5.1. Objetivo general**

Diseñar e implementar un módulo didáctico para el control de procesos de nivel, utilizando un autómatas PLC S7-1500 para la captura y control de dispositivos; todo controlado por un SCADA y lógica difusa.

### **1.5.2. Objetivos específicos**

- Diseñar un módulo didáctico para los estudiantes de Ingeniería Electrónica con mención en Automatización Industrial que pueda ser utilizado para prácticas universitarias.
- Implementar en el laboratorio el módulo didáctico con el fin de desarrollar las prácticas propuestas por los grupos de proyectos.
- Elaborar manual de 10 prácticas guiadas, para ser utilizada por docentes y estudiantes del laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

- Elaborar un control difuso utilizando Fuzzy System Designer de LabVIEW y comunicación OPC para visualizar en TIA Portal el llenado de un tanque elaborando un SCADA en este software para monitoreo y control de nivel.

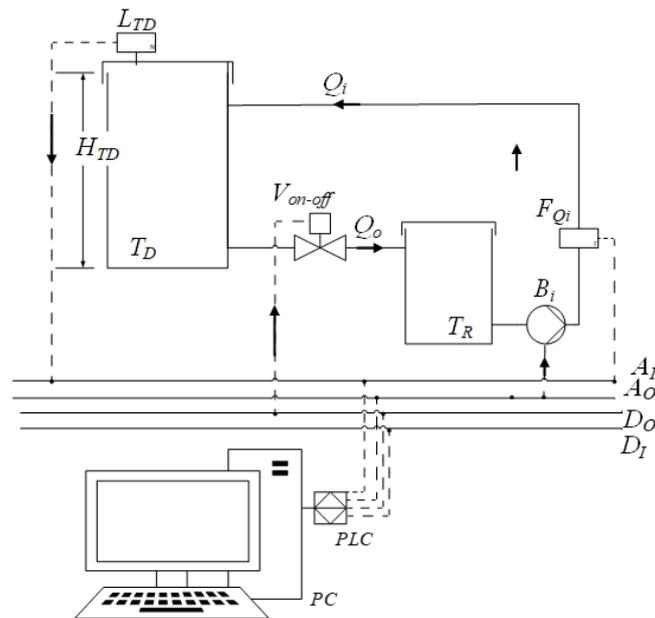
## 2. MARCO TEÓRICO

En el presente trabajo se describe un módulo didáctico de automatización y control equipado con un controlador lógico programable (PLC) de alta gama, que permite interactuar mediante un sistema de supervisión, control y adquisición de datos SCADA. El módulo actúa sobre una maqueta de procesos industriales con variables de nivel; facilitando la utilización para docencia e investigación en control automático.

### 2.1. Sistemas de control de nivel

Los procesos industriales en las fábricas son muy variados, todos los procesos cuentan con controles de temperatura, nivel, flujo, peso entre otros. Para garantizar el resultado óptimo del producto final, es necesario incorporar controladores en los procesos. Andrade R. y Yela C. presentan un trabajo de la implementación de un sistema de control y llenado de salmuera en la empresa Promarisco S. A. [11]. De igual forma, Villacrés A. y Salazar D. incorporan un sistema SCADA para monitoreo de flujo y temperatura en un sistema de llenado de jugo [12].

Trabajos similares al presentado en este proyecto de titulación, los módulos didácticos que implementan las variables de nivel y temperatura son presentados por autores como Tumbaco A. y Viña R. [13], [14] quienes diseñaron e implementaron un sistema a escala de una planta donde es medido el nivel mediante un sensor ultrasónico y es controlado el ingreso de agua con un variador electrónico. Chanoluisa J. y Torres J. [15] incorporaron a su sistema de nivel un sensor de presión diferencial, mediante las diferentes presiones entre la superficie y el fondo, se obtiene la relación de nivel en el proceso. Máximo J. y Cuellar L. muestran la interfaz de comunicación entre un PLC y sus sistema didáctico de llenado de dos tanques, empleado para dictar clases en la Universidad Católica San Pablo [16].



**Figura 1.** Esquema de la planta industrial de nivel

En la figura 1 es mostrado un escenario de control de nivel para tanques interconectados. El sistema cuenta con un tanque reservorio  $T_D$  y un tanque de recepción  $T_R$ ; el tanque  $T_D$  se encuentra ubicado a una altura  $H$  respecto al tanque  $T_R$ ; el fluido circula desde  $T_R$  hacia  $T_D$  mediante una bomba  $B_i$ , la cual, puede regular su velocidad mediante un variador electrónico. El flujo de entrada  $Q_i$  que proporciona  $B_i$  puede ser medido mediante el sensor  $F_{Q_i}$ , dependiendo de la cantidad de fluido que ingrese a  $T_D$ , la altura  $H_{TD}$  alcanzará el nivel deseado por el operador, la altura  $H_{TD}$  es medida mediante el sensor  $L_{TD}$ . Otra forma de afectar a la altura  $H_{TD}$  es mediante el flujo de salida  $Q_o$  de la válvula de descarga  $V_{on-off}$ .

Las señales eléctricas enviadas desde y hacia el sistema, por los sensores y actuadores ubicados en el sistema, tienen nomenclaturas acordes al tipo de señal eléctrica que proveen. La señal  $A_i$  corresponde a las entradas analógicas recibidas por el PLC.  $A_o$  son las salidas analógicas enviadas por el PLC y que comanda la velocidad de la bomba.  $D_i$  y  $D_o$  son las señales digitales de entrada y salida correspondientes a señales on – off como pulsadores o relés de las electroválvulas.

Mediante la red Profinet, el PLC es comunicado con la computadora de supervisión PC para implementar los sistemas de control que mejor beneficien al proceso.

La variable para controlar es la altura del líquido  $H_{TD}$ . Mediante el balance de flujo de entrada y salida queda expresada como se muestra en la ecuación 1.

$$Q_i - Q_o = A \frac{dH_{TD}}{dt} \quad (1)$$

Donde

$$Q_i = K_{\mu} \mu \quad (2)$$

$$Q_o = K \sqrt{H_{TD}} \quad (3)$$

A es el área transversal del  $T_D$ .  $K_{\mu}$  para este caso es la característica de los actuadores que depende del coeficiente de la bomba. K es un factor relativo de la válvula de descarga, ésta puede ser tomada como una constante.

La ecuación (1) expresada en su forma incremental es:

$$\Delta Q_i - \Delta Q_o = A \frac{d\Delta H_{TD}}{dt} \quad (4)$$

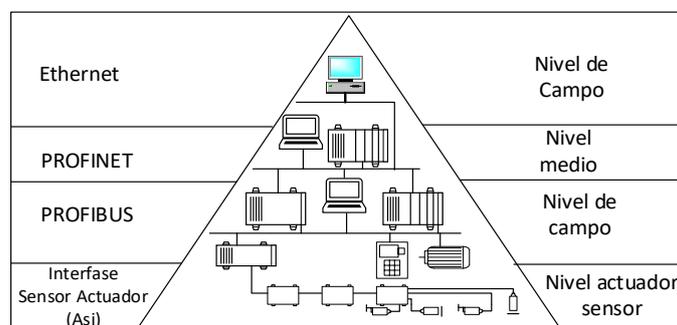
Donde  $\Delta Q_i, \Delta Q_o, \Delta H_{TD}$  están separadas respecto al incremento de  $Q_{i0}, Q_{o0}, H_{TD0}$  del estado de equilibrio.

Esto permitirá encontrar el modelado matemático de este escenario, el cual se podrá emplear para estudios futuros para sistemas de esta naturaleza en el caso de no contar con una planta para las pruebas.

## 2.2. Redes Industriales

Se puede definir a las redes industriales como un área tecnológica que estudia cómo llevar a cabo tareas de control y gestión de los procesos industriales a través de la información y transmisión entre circuitos y equipos electrónicos [17]. Uno de los problemas a resolver en las redes industriales es la transferencia de información entre los equipos de control del mismo nivel, debido a que se

necesitan tiempos de reacción muy cortos. En la Figura 2, se aprecia la pirámide de automatización y los tipos de redes de comunicación industrial que los gobierna [18].



**Figura 2.** Diferentes Niveles empleados en redes industriales [18].

### 2.2.1. Protocolo Profinet

Está basado en Ethernet industrial y es un estándar abierto utilizando el protocolo TCP/IP, permite una comunicación en tiempo real entre dispositivos controladores y elementos de campo como sensores y actuadores. Profinet establece una automatización abierta debido a la facilidad de acoplamiento con otros dispositivos tecnológicos. Su estructura modular permite flexibilidad, debido a la facilidad de conectar más nodos de red a través de un switch sin interferir en las conexiones existentes [19].

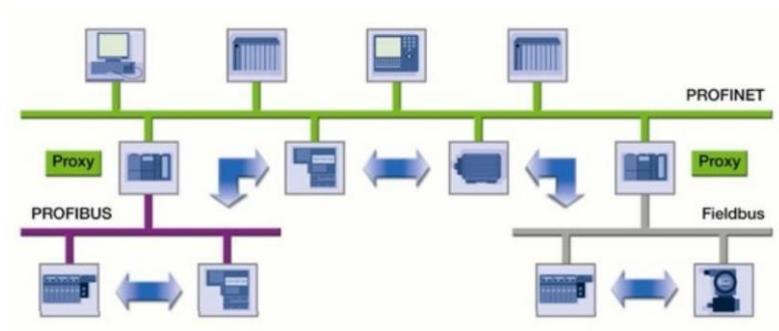
Los sistemas distribuidos de las industrias realizan una comunicación entre los autómatas (PLC's) mediante Profinet CBA (Component Based Automation). Una gran ventaja es que se puede configurar una arquitectura lineal sin la necesidad de algún switch externo.

En toda interfaz Profinet debe constar:

**Una dirección MAC**, son las siglas de Media Access Control y significa control de acceso al medio, cada dispositivo Profinet contiene una tarjeta Ethernet que viene con un identificador MAC distinto de fábrica.

**Una Dirección IP**, todos los equipos PROFINET se basan en el estándar Industrial Ethernet, y por eso necesitan de una dirección IP para su funcionamiento en Ethernet.

**Un nombre**, Todo dispositivo Profinet en su configuración debe llevar un nombre de estación.



**Figura 3.** Red Profinet [19]

### 2.2.2. PLC'S S7-1500

El autómata S7-1500 permite a los procesos industriales una versatilidad en la programación y conexiones de redes maestro esclavo [20]. En la tabla 1, son mostradas algunas características técnicas de la gama S7 1500.

**Tabla 1.** Características técnicas del PLC S7 1500 [20]

	CPU 1511-1 PN	CPU 1513-1 PN	CPU 1515-2 PN
Type	Standard CPU	Standard CPU	Standard CPU
Dimensions	35 x 147 x 129 mm	35 x 147 x 129 mm	70 x 147 x 129 mm
Spare part availability after product discontinuation	10 years	10 years	10 years
<b>Display</b>			
Screen diagonal	3.45 cm	3.45 cm	6.1 cm
<b>Command execution time</b>			
Bit operation	0.06 µs	0.04 µs	30 ns
Word operation	0.072 µs	0.048 µs	36 ns
<b>Memory</b>			
Work memory	150 KB for program 1 MB for data	300 KB for program 1.5 MB for data	500 KB for program 3 MB for data
<b>Bit memories, timers, counters, blocks</b>			
Bit memories	16 KB	16 KB	16 KB
S7 timers	2048	2048	2048
S7 counters	2048	2048	2048
IEC timers/counters	Yes	Yes	Yes
<b>Engineering</b>			
Programming languages	LAD, FBD, STL, S7-SCL, S7-GRAPH	LAD, FBD, STL, S7-SCL, S7-GRAPH	LAD, FBD, STL, S7-SCL, S7-GRAPH

### 2.3. Sistemas de control de lógica difusa

Mediante la lógica difusa es posible proporcionar un modelo de los fenómenos físicos mediante normas de razonamiento humano. A través de variables lingüísticas se logra generar conjuntos de acciones que prevén el comportamiento del sistema [21].

Los conjuntos difusos permiten definir el grado de pertinencia de los elementos que componen el modelo. En la figura 4, son mostrados los elementos que componen un conjunto difuso.

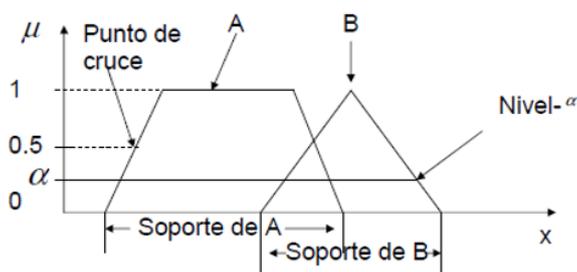


Figura 4. Elementos de los conjuntos difusos [21]

#### 2.3.1. Función de pertenencia o membresía $\mu(x)$ .

Es una función que asocia los elemento en un conjunto con su grado de pertenencia [0, 1]. [21].

#### 2.3.2. Conjuntos difusos comunes

Un conjunto difuso puede representarse en forma continua usando gráficas para representarlas; en la forma discreta se emplean pares ordenados  $(x, \mu(x))$ . La figura 5 muestra los conjuntos difusos más empleados para las representaciones gráficas [21].

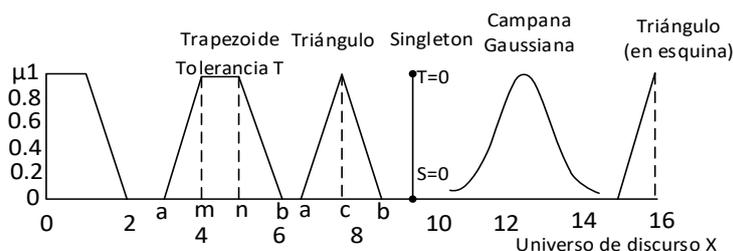


Figura 5. Conjuntos difusos [21].

### 2.3.3. Operaciones sobre conjuntos difusos

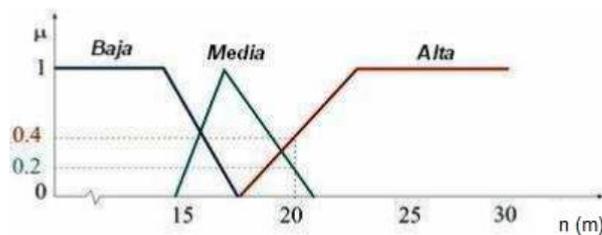
Las operaciones entre conjuntos que pueden ser realizadas son intersección, unión, negación, complemento relativo, concentración / dilatación. En la tabla 2 son presentadas otras operaciones posibles de realizar [21].

**Tabla 2.** Operaciones sobre conjuntos difusos.

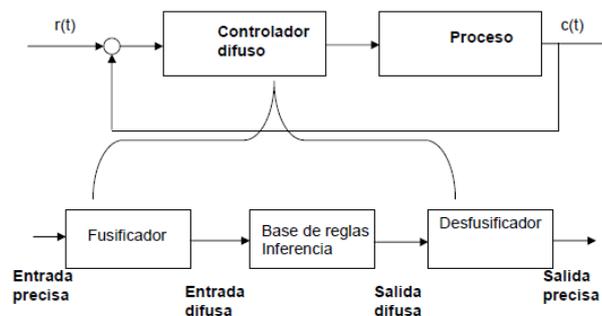
AND $T - Norma T(\mu_A(x), \mu_B(x))$	OR $T - Conorma T(\mu_A(x), \mu_B(x))$
MÍNIMO $MIN(\mu_A(x), \mu_B(x))$	MÁXIMO $MAX(\mu_A(x), \mu_B(x))$
PRODUCTO ALGEBRAICO $\mu_A(x) \mu_B(x)$	SUMA ALGEBRAICA $\mu_A(x) + \mu_B(x) - \mu_A(x)\mu_B(x)$
LUKASIEWICZ AND $MAX(0, \mu_A(x) + \mu_B(x) - 1)$	LUKASIEWICZ OR $MIN(1, \mu_A(x) + \mu_B(x))$

### 2.3.4. Reglas y Controlador difuso

Este describe un protocolo de control por medio de reglas IF-THEN, por ejemplo. IF nivel es bajo THEN abrir ligeramente la válvula de entrada [22].



**Figura 6.** Presentación de conjuntos difusos [22].

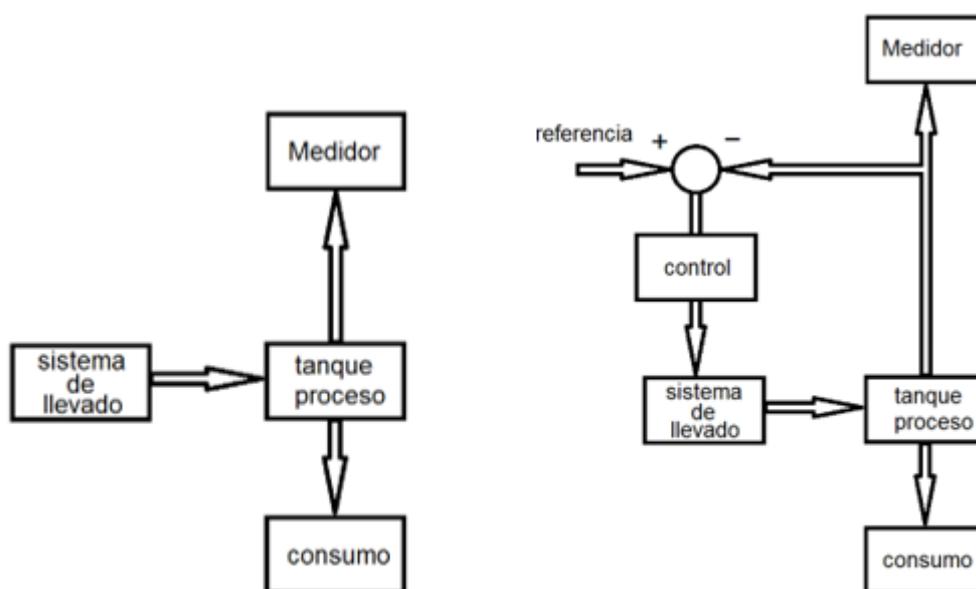


**Figura 7.** Representación de un control con Lógica difusa [22].

### 3. METODOLOGÍA

#### 3.1. Diseño de la solución

En la Figura 8.a, está planteado el esquema de la planta de nivel en lazo abierto. El sistema de llenado representa la bomba de agua que llevará el fluido del tanque reservorio al tanque proceso. El medidor es el sensor de nivel que para esta representación solo mostrará el valor actual del nivel en el tanque proceso. El tanque mantiene el agua a un nivel adecuado para que al haber una necesidad por parte del consumo este pueda abastecer sin quedarse vacío.



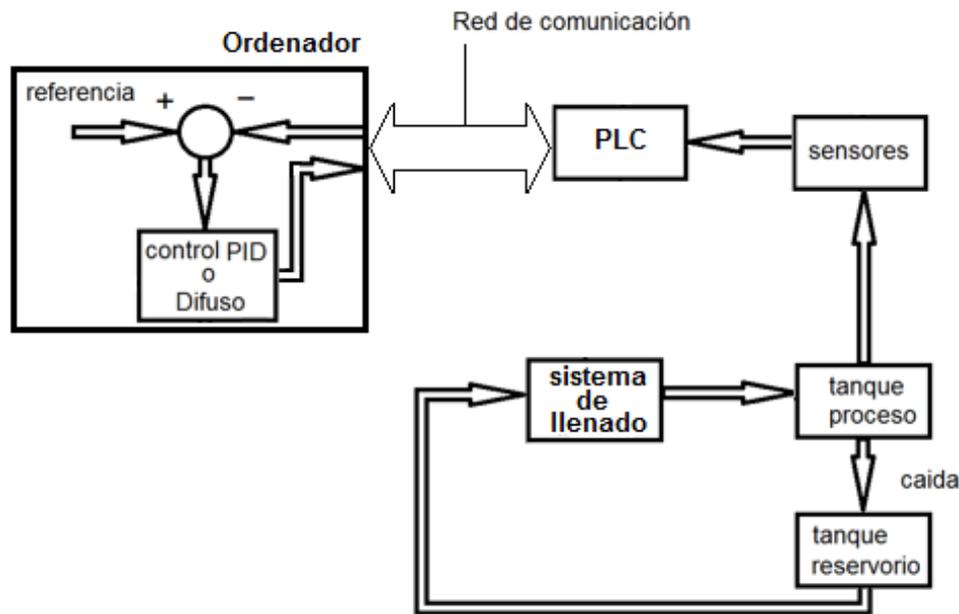
a) Sistema de control en lazo abierto    b) Sistema de control en lazo cerrado

**Figura 8.** Sistemas: a) Lazo abierto, b) Lazo Cerrado

Una opción de tener un nivel adecuado en el nivel del tanque o proceso es retroalimentar al sistema mediante una salida del medidor, que ahora cumplirá la función de medidor y transmisor de señal y así el controlador tomará una decisión en la velocidad de la bomba afectando directamente al nivel del tanque proceso. En la figura 8.b, es mostrado el diagrama en bloques del control en lazo cerrado.

La planta real se encuentra en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil en el nuevo laboratorio de Automatización y Control

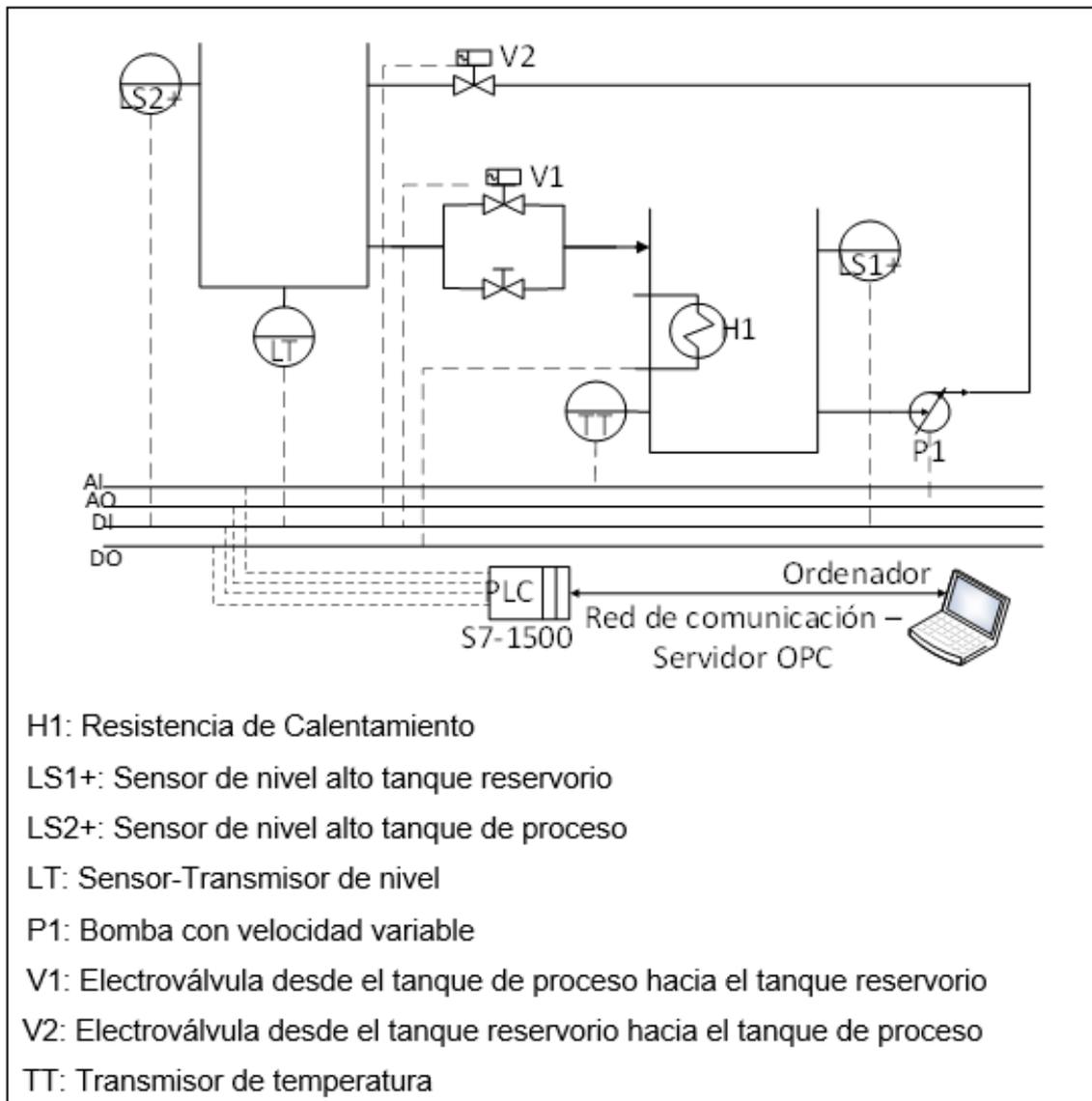
Industrial. En la planta, será incorporado un PLC SIEMENS S7-1500 que mediante un sistema SCADA, realizarán un control del nivel en el tanque de proceso. El control seleccionado es el Control de Lógica Difusa, que funciona mediante el entrenamiento del controlador a través de reglas, con las cuales, toma una decisión en el actuador. En la Figura 9, es mostrado en bloques de la solución planteada.



**Figura 9.** Sistema de control en lazo cerrado

### 3.2. Proceso – tanque de nivel

En la Figura 10, son presentados los sensores y actuadores que se encuentran en la planta, las conexiones de cada elemento son representadas mediante las líneas punteadas. Estas líneas a su vez están conectadas a las barras entradas analógicas (AI), salidas analógicas (AO), entradas digitales (DI) y salidas digitales (DO).



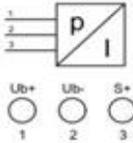
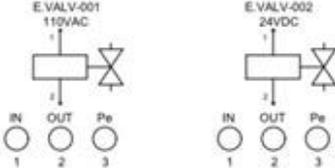
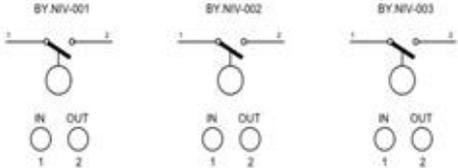
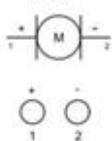
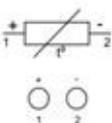
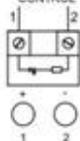
**Figura 10.** Diagrama de sensores y tuberías



**Figura 11.** Planta industrial de nivel

En la tesis de los autores Chanoluisa y Torres [15] son presentados todos los sensores y actuadores que conforman el módulo. Para un facil entendimiento, en la tabla 3 se presenta, las partes que conforman la planta.

**Tabla 3.** Descripción de los elementos instalados en la planta.

Equipo	Descripción
	<p>Transmisor de nivel. Principio de medición por presión de la columna de agua</p> <p>SEN PRES-001</p> 
	<p>Válvula solenoide de 24VDC</p> 
	<p>Sensor de nivel puntual tipo boya</p> 
	<p>Bomba Dosificadora</p> <p>BOMBA-001 24VDC</p> 
	<p>Transmisor de temperatura</p> <p>TemC-001 4-20 mA</p> 
	<p>Resistencia calefactora</p> <p>RELE EST.SOL-001 CONTROL</p> 

### 3.3. Construcción del módulo de PLC S7 1500

Para la implementación de los equipos de control como el PLC, es planteada la construcción de un módulo didáctico. El módulo permite la práctica de los usuarios mediante conexiones de la configuración que necesite utilizar. En la

figura 12, son mostrados los paneles que forman el módulo. A continuación, se realiza una breve descripción de cada panel.

Mando y señalización: Consta de 5 pulsadores de 2 posiciones, 1 interruptor de emergencia, 2 potenciómetros y 5 señales luminosas.

Medidores digitales: Formado por 4 medidores para las señales analógicas como voltaje y corriente.

Módulos de relés: Son 10 mini relés para realizar conexiones con elementos de fuerza.

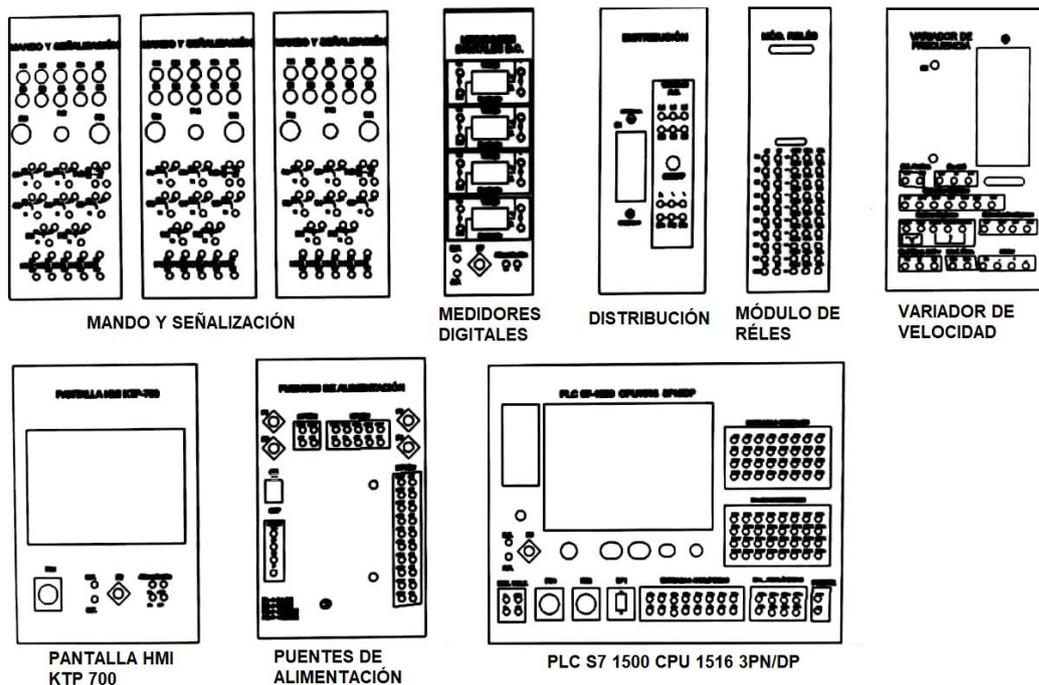


Figura 12. Paneles del módulo didáctico

Distribución: Tiene un breaker principal que energiza a todo el tablero. También tiene una luz piloto que indica su estado de funcionamiento.

Fuente de Alimentación: Este módulo consta de 2 fuentes, una de 24VDC y otra de 10VDC, las cuales tienen varios conectores para distribuir el voltaje a todos los dispositivos.

Variador de frecuencia: El variador de frecuencia es de la marca SIEMENS Modelo SINAMIC V20. En la figura 13, es posible apreciar el módulo de variador de frecuencia.

Pantalla HMI KTP 700: Pantalla a color de 7" y con conexión Profinet.



Figura 13. a) Distribución y Fuente de alimentación b) Módulo de variador de frecuencia

Las conexiones al interior de los módulos son realizadas mediante terminales redondos, que, mediante el ajuste correcto, garantiza la sujeción de los cables. Se opta por esta medida para evitar falsos contactos con el pasar del tiempo.

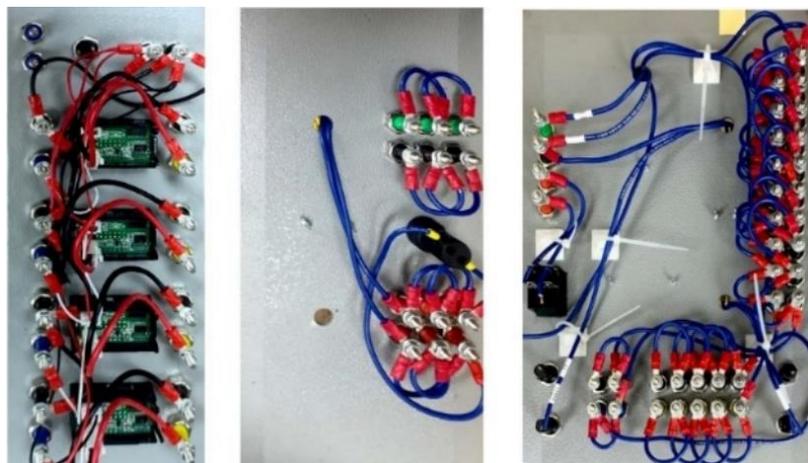


Figura 14. Conexiones internas de los módulos

La construcción del módulo asegura que el estudiante complementará lo aprendido en las clases con prácticas donde debe realizar las conexiones por sí mismo. En la figura 15 es presentado el tablero finalizado.



Figura 15. Módulo completo de PLC.

### 3.4. Interfase de Comunicación industrial Software LABVIEW.

El software LabVIEW permite realizar pantallas de interacción del proceso con los usuarios. También permite manipular las señales de campo, como incorporar filtros para mejorar la calidad de las señales y ejecutar operaciones aritméticas. En la figura 16, son presentados los entornos de programación y visualización. Otra de las ventajas del software, es el poder implementar en tiempo real controladores de lógica difusa.

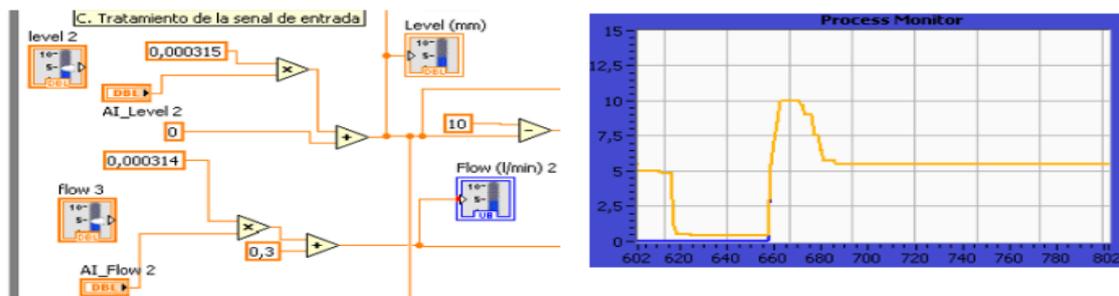


Figura 16. Representaciones graficas de LabVIEW [22]

#### 3.4.1. Herramienta Fuzzy System Designer de LABVIEW

Una variante de los controladores tradicionales es el control por lógica difusa. El controlador es entrenado mediante reglas. Las reglas son otorgadas por los usuarios que manejan el proceso y conocen sus particularidades. La herramienta Fuzzy System Designer permite diseñar y adaptar en línea el proceso.

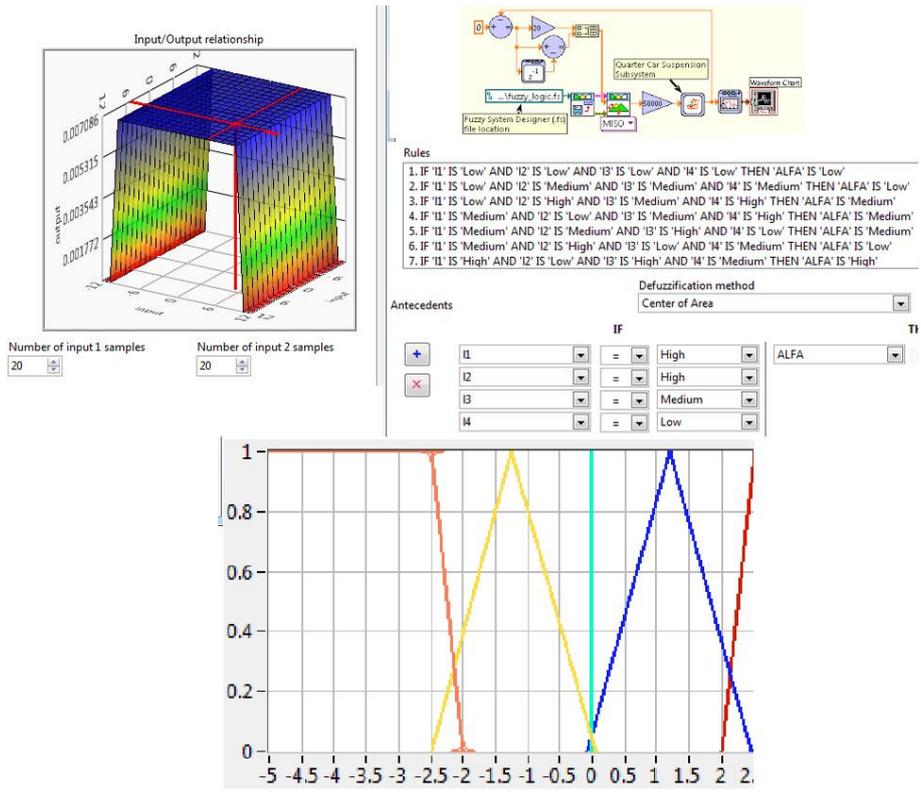


Figure: 6 Membership functions of position

Figura 17. Lingüística de control difuso en Fuzzy Logic [22]

## 4. GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO

### Práctica #1

<b>GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</b>																										
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Electrónica	<b>ASIGNATURA:</b> Automatización y Control																									
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	1																									
<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Declaración de variables para entradas y salidas para un control on/off de salidas digitales utilizando set/reset.																										
<b>OBJETIVO:</b>																										
<b>Objetivo General:</b> Conocer el funcionamiento de un control on/off mediante variables de tipo booleanas que están siendo utilizadas como entradas y salidas.																										
<b>Objetivo Específico:</b> Realizar la programación utilizando el software de programación TIA Portal.																										
<b>INSTRUCCIONES:</b>																										
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Considerar los siguientes elementos a declarar en el controlador <div style="text-align: center; margin: 10px 0;">  <p>El diagrama muestra un rack de PLC Siemens con los siguientes módulos: un módulo de alimentación (PS 307 5A), un módulo de entradas digitales (DI 16xDC24V/0.5A/0.5VA), un módulo de salidas digitales (DQ 16xDC24V/0.5A/0.5VA), un módulo de entradas analógicas (AI 5x12Bit), y un módulo de salidas analógicas (AO 4x12Bit). El rack está etiquetado como 'Perfil soporte_0' y los slots están numerados del 1 al 6.</p> </div> </li> </ol>																										
<ol style="list-style-type: none"> <li>2. Crear variables a utilizarse en el PLC: <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="5" style="background-color: #d3d3d3;">Variables PLC</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Nombre</th> <th>Tabla de variables</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Dirección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Entrada 1</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Entrada 2</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Salida 1</td> <td>Tabla de variabl...</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.0</td> </tr> </tbody> </table> </li> </ol>		Variables PLC						Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	1	Entrada 1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	2	Entrada 2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	3	Salida 1	Tabla de variabl...	Bool	%Q0.0
Variables PLC																										
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección																						
1	Entrada 1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0																						
2	Entrada 2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1																						
3	Salida 1	Tabla de variabl...	Bool	%Q0.0																						
<ol style="list-style-type: none"> <li>3. Usar funciones como set y reset para las señales digitales.</li> <li>4. Realizar conexión física de controlador y planta (se citará el diagrama del anexo)</li> </ol>																										

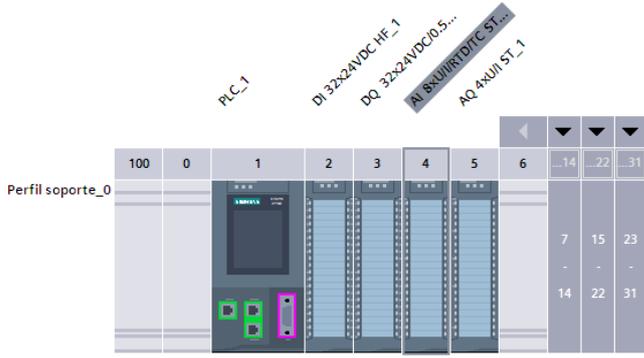
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>
1. Mediante el uso de pulsantes realizar un inicio y un paro
2. Usar las entradas y salidas digitales del controlador para cambios de estados
3. Visualizar valores modo ON LINE
4. Usar laminas para visualizar interacción de señales.
<b>RESULTADO(S) OBTENIDO(S):</b> Programación en TIA Portal comprobando su funcionamiento con las láminas de señalización.
<b>CONCLUSIONES:</b> Se realizó el funcionamiento del control on/off mediante las salidas digitales del PLC. Se utilizaron pulsadores y luces piloto en la verificación del control del sistema.
<b>RECOMENDACIONES:</b> Verificar conexiones de red antes de cargar el programa. Se recomienda usar indicadores luminosos de la lamina de señalización. Verificar que por detrás de las láminas no se encuentre ningún objeto ajeno al módulo. Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento. Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico antes de energizar

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado



Firma: \_\_\_\_\_

## Práctica #2

GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO																																										
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Electrónica		<b>ASIGNATURA:</b> Automatización y Control																																								
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	2	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Lectura de entradas analógicas con funciones de normalizar y escalar.																																								
<b>OBJETIVO:</b>																																										
<b>Objetivo General:</b> Conocer el funcionamiento de las variables de entradas analógicas y de los bloques de normalizar y escalar.																																										
<b>Objetivo Específico:</b> Realizar la programación utilizando el software de programación TIA Portal.																																										
<b>INSTRUCCIONES:</b>																																										
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Considerar los siguientes elementos a declarar en el controlador           <div style="text-align: center;">  </div> </li> <li>2. Crear variables a utilizarse en el PLC:           <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; margin-top: 10px;"> <thead> <tr> <th colspan="5">Variables PLC</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Nombre</th> <th>Tabla de variables</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Dirección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Entrada 1</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Entrada 2</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Salida 1</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.0</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Entrada Analógica 1</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Int</td> <td>%IW4</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Salida normalizar</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>DWord</td> <td>%MD40</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>salida escalada</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>DWord</td> <td>%MD44</td> </tr> </tbody> </table> </li> <li>3. Usar funciones como normalizar y escalar para uso señales analógicas.</li> <li>4. Realizar conexión física de controlador y planta (se citará el diagrama del anexo)</li> </ol>			Variables PLC						Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	1	Entrada 1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	2	Entrada 2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	3	Salida 1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	4	Entrada Analógica 1	Tabla de variables e..	Int	%IW4	5	Salida normalizar	Tabla de variables e..	DWord	%MD40	6	salida escalada	Tabla de variables e..	DWord	%MD44
Variables PLC																																										
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección																																						
1	Entrada 1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0																																						
2	Entrada 2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1																																						
3	Salida 1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0																																						
4	Entrada Analógica 1	Tabla de variables e..	Int	%IW4																																						
5	Salida normalizar	Tabla de variables e..	DWord	%MD40																																						
6	salida escalada	Tabla de variables e..	DWord	%MD44																																						
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>																																										
1. Mediante el uso de pulsantes realizar un inicio y un paro																																										
2. Usar una entrada analógica normalizarla y escalarla para su visualización.																																										
3. Visualizar valores modo ON LINE																																										

**RESULTADO(S) OBTENIDO(S):**

Programación en TIA Portal comprobando su funcionamiento con las láminas de señalización.

**CONCLUSIONES:**

Se utilizó un potenciómetro para la variación en entradas analógicas.

La variación que se realiza en el potenciómetro se evidencia en el escalamiento.

**RECOMENDACIONES:**

Verificar conexiones de red antes de cargar el programa.

Se recomienda usar potenciómetros para simulación de alguna señal.

Verificar que por detrás de las láminas no se encuentre ningún objeto ajeno al módulo.

Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento.

Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico antes de energizar

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado



Firma: \_\_\_\_\_

**Práctica #3**

<b>GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</b>																														
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Electrónica		<b>ASIGNATURA:</b> Automatización y Control																												
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	3	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Control de salida mediante el uso de contadores y comparadores.																												
<b>OBJETIVO:</b>																														
<b>Objetivo General:</b> Conocer el funcionamiento de las variables de entradas analógicas y de los bloques de normalizar y escalar.																														
<b>Objetivo Específico:</b> Realizar la programación utilizando el software de programación TIA Portal.																														
<b>INSTRUCCIONES:</b>																														
<p>1. Considerar los siguientes elementos a declarar en el controlador</p>  <p>El diagrama muestra un rack de PLC Siemens con los siguientes módulos y especificaciones:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>PLC 1</li> <li>DI 32x24VDC HF 1</li> <li>DQ 32x24VDC/0.5...</li> <li>AI 8xU/I RTD/TC ST...</li> <li>AQ 4xU/I ST 1</li> </ul> <p>El rack tiene una estructura de slots numerada de 100 a 31. El módulo PLC 1 ocupa los slots 1, 2, 3, 4 y 5. Los slots 6, 7, 14, 15, 22, 23, 31 y 32 están reservados o vacíos.</p>																														
<p>2. Crear variables a utilizarse en el PLC:</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Tabla de variables</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Dirección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Entrada 1</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.0</td> </tr> <tr> <td>Entrada 2</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.1</td> </tr> <tr> <td>Salida 1</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.0</td> </tr> <tr> <td>Entrada Analógica 1</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Int</td> <td>%IW4</td> </tr> <tr> <td>Salida normalizar</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>DWord</td> <td>%MD40</td> </tr> <tr> <td>salida escalada</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>DWord</td> <td>%MD44</td> </tr> </tbody> </table>			Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Entrada 1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	Entrada 2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	Salida 1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	Entrada Analógica 1	Tabla de variables e..	Int	%IW4	Salida normalizar	Tabla de variables e..	DWord	%MD40	salida escalada	Tabla de variables e..	DWord	%MD44
Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección																											
Entrada 1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0																											
Entrada 2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1																											
Salida 1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0																											
Entrada Analógica 1	Tabla de variables e..	Int	%IW4																											
Salida normalizar	Tabla de variables e..	DWord	%MD40																											
salida escalada	Tabla de variables e..	DWord	%MD44																											
<p>3. Usar contadores y comparadores dentro de la programación del controlador.</p> <p>4. Realizar conexión física de controlador y planta (se citará el diagrama del anexo)</p>																														
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>																														
<p>1. Mediante el uso de un pulsante asignarlos a la entrada del controlador para que sea leído por un contador. Considerar otro pulsante para el reset del contador</p>																														

2. Usar una entrada analógica y hacerla variar con un potenciómetro para el uso del comparador.

3. Habilitar salidas para visualizar activación de contador y comparador.

**RESULTADO(S) OBTENIDO(S):**

Programación en TIA Portal comprobando su funcionamiento con las láminas de señalización

**CONCLUSIONES:**

Se realiza control básico con comparadores y contadores.

Se utilizó la lámina de señalización para verificar el correcto control del sistema.

**RECOMENDACIONES:**

Verificar conexiones de red antes de cargar el programa.

Se recomienda hacer conteos para cantidades pequeñas para ambiente de prueba.

Verificar que por detrás de las láminas no se encuentre ningún objeto ajeno al módulo.

Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento.

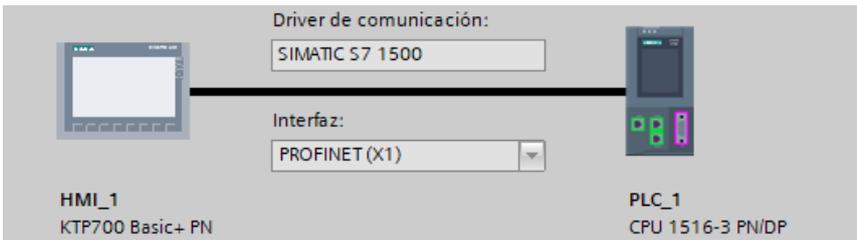
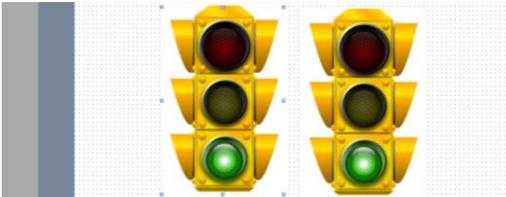
Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico antes de energizar

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado



Firma: \_\_\_\_\_

## Práctica #4

GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO																																																																																																												
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Electrónica		<b>ASIGNATURA:</b> Automatización y Control																																																																																																										
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	4	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Utilización de 6 salidas físicas digitales para control de un semáforo con simulación en HMI.																																																																																																										
<b>OBJETIVO:</b>																																																																																																												
<b>Objetivo General:</b> Conocer el funcionamiento de la pantalla HMI con el PLC como indicador más grafico del proceso																																																																																																												
<b>Objetivo Específico:</b> Realizar la programación utilizando el software de programación TIA Portal para controlador y HMI.																																																																																																												
<b>INSTRUCCIONES:</b>																																																																																																												
1. Considerar los siguientes elementos a declarar en la red.																																																																																																												
																																																																																																												
2. Crear variables utilizarse en el PLC																																																																																																												
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="4">Variables PLC</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Nombre</th> <th>Tabla de variables</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Dirección</th> <th>Re</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>Entrada 1</td><td>Tabla de variabl...</td><td>Bool</td><td>%I0.0</td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Entrada 2</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%I0.1</td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Rojo1</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%Q0.0</td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>Entrada Analógica 1</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Int</td><td>%IW4</td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>Salida normalizar</td><td>Tabla de variables e..</td><td>DWord</td><td>%MD40</td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>salida escalada</td><td>Tabla de variables e..</td><td>DWord</td><td>%MD44</td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Marca 1</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%M0.0</td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Amarillo1</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%Q0.1</td><td></td></tr> <tr><td>9</td><td>Verde1</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%Q0.2</td><td></td></tr> <tr><td>10</td><td>Rojo2</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%Q0.3</td><td></td></tr> <tr><td>11</td><td>Amarillo2</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%Q0.4</td><td></td></tr> <tr><td>12</td><td>Verde2</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%Q0.5</td><td></td></tr> <tr><td>13</td><td>Conteo1</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%M0.1</td><td></td></tr> <tr><td>14</td><td>Conteo2</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%M0.2</td><td></td></tr> <tr><td>15</td><td>Conteo3</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%M0.3</td><td></td></tr> <tr><td>16</td><td>Conteo final</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%M0.4</td><td></td></tr> </tbody> </table>			Variables PLC					Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Re	1	Entrada 1	Tabla de variabl...	Bool	%I0.0		2	Entrada 2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1		3	Rojo1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0		4	Entrada Analógica 1	Tabla de variables e..	Int	%IW4		5	Salida normalizar	Tabla de variables e..	DWord	%MD40		6	salida escalada	Tabla de variables e..	DWord	%MD44		7	Marca 1	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0		8	Amarillo1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1		9	Verde1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2		10	Rojo2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3		11	Amarillo2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4		12	Verde2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5		13	Conteo1	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1		14	Conteo2	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2		15	Conteo3	Tabla de variables e..	Bool	%M0.3		16	Conteo final	Tabla de variables e..	Bool	%M0.4	
Variables PLC																																																																																																												
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Re																																																																																																							
1	Entrada 1	Tabla de variabl...	Bool	%I0.0																																																																																																								
2	Entrada 2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1																																																																																																								
3	Rojo1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0																																																																																																								
4	Entrada Analógica 1	Tabla de variables e..	Int	%IW4																																																																																																								
5	Salida normalizar	Tabla de variables e..	DWord	%MD40																																																																																																								
6	salida escalada	Tabla de variables e..	DWord	%MD44																																																																																																								
7	Marca 1	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0																																																																																																								
8	Amarillo1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1																																																																																																								
9	Verde1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2																																																																																																								
10	Rojo2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3																																																																																																								
11	Amarillo2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4																																																																																																								
12	Verde2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5																																																																																																								
13	Conteo1	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1																																																																																																								
14	Conteo2	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2																																																																																																								
15	Conteo3	Tabla de variables e..	Bool	%M0.3																																																																																																								
16	Conteo final	Tabla de variables e..	Bool	%M0.4																																																																																																								
Realizar programación en HMI con imágenes de dos semáforos.																																																																																																												
																																																																																																												

3. Realizar conexión física de controlador y planta (se citará el diagrama del anexo)
<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>
1. Mediante un botón de inicio comenzar secuencia de funcionamiento de los semáforos. Considerar un botón de paro.
2. La secuencia debe realizarse simulando dos semáforos, las condiciones serian cuando SEMAFORO 1 este en verde SEMAFORO 2 debe estar en rojo y viceversa, considerar cambio al amarillo.
3. Realizar conexiones correspondientes a los indicadores luminosos de láminas didácticas.
<b>RESULTADO(S) OBTENIDO(S):</b> Programación elaborada en TIA Portal para utilizar la pantalla HMI como forma para visualizar variables.
<b>CONCLUSIONES:</b> Se realizó una programación en TIA Portal que permitió utilizar la pantalla HMI con una lámina de señalización para controlar el sistema.
<b>RECOMENDACIONES:</b> Verificar conexiones de red antes de cargar el programa. Se recomienda dar tiempos cortos por cuestiones de prueba al ejecutar funcionamiento del semáforo. Verificar que por detrás de las láminas no se encuentre ningún objeto ajeno al módulo. Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento. Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico antes de energizar

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado



Firma: \_\_\_\_\_

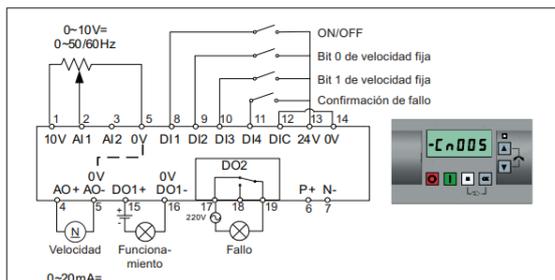
## Práctica #5

GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO																																																								
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Electrónica		<b>ASIGNATURA:</b> Automatización y Control																																																						
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	5	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Control secuencial de un motor a través de un variador de frecuencia																																																						
<b>OBJETIVO:</b>																																																								
<b>Objetivo General:</b> Conocer el funcionamiento de un motor trifásico con operación de un variador de frecuencia siemens mediante un control secuencial.																																																								
<b>Objetivo Específico:</b> Realizar la programación de un control secuencial para un motor con un VDF																																																								
<b>INSTRUCCIONES:</b>																																																								
1. Considerar los siguientes elementos a declarar en el controlador.																																																								
																																																								
2. Crear variables utilizarse en el PLC																																																								
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="6">Variables PLC</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Nombre</th> <th>Tabla de variables</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Dirección</th> <th>Ri</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>ENTRADA0</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>ENTRADA3</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.3</td> <td></td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>VELOCIDAD2</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.2</td> <td></td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>VELOCIDAD1</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>CTRL VARIADOR</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.0</td> <td></td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>ENTRADA1</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.1</td> <td></td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>ENTRADA2</td> <td>Tabla de variabl...</td> <td>Bool</td> <td>%I0.2</td> <td></td> </tr> </tbody> </table>			Variables PLC							Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Ri	1	ENTRADA0	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0		2	ENTRADA3	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3		3	VELOCIDAD2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2		4	VELOCIDAD1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1		5	CTRL VARIADOR	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0		6	ENTRADA1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1		7	ENTRADA2	Tabla de variabl...	Bool	%I0.2	
Variables PLC																																																								
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Ri																																																			
1	ENTRADA0	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0																																																				
2	ENTRADA3	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3																																																				
3	VELOCIDAD2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2																																																				
4	VELOCIDAD1	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1																																																				
5	CTRL VARIADOR	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0																																																				
6	ENTRADA1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1																																																				
7	ENTRADA2	Tabla de variabl...	Bool	%I0.2																																																				
3. Realizar programación en los diferentes segmentos para control de la del variador de frecuencia. Considerar la siguiente configuración al variador.																																																								

#### Macro de conexión Cn005: entrada analógica y frecuencia fija

La entrada analógica funciona como una consigna adicional.

- Si DI2 y DI3 están activas al mismo tiempo, las frecuencias seleccionadas se suman, es decir FF1 + FF2.



4. Realizar conexión física de controlador y planta (se citará el diagrama del anexo)

### ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

1. Mediante un botón crear una habilitación (On/Off) al variador
2. Al dar inicio al control del motor a través del variador de frecuencia considerar dos señales para el uso de diferentes velocidades.
3. Realizar conexiones correspondientes a la alimentación del motor y variador de frecuencia.

### RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

La programación de un control secuencial para un motor con variador de frecuencia.

### CONCLUSIONES:

Se realizó un control secuencial para un motor con variador de frecuencia. Se utilizaron pulsantes, variador de frecuencia y el motor para la programación para el Control del sistema.

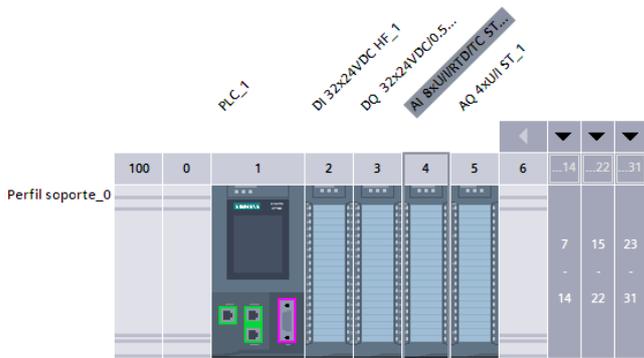
### RECOMENDACIONES:

- Verificar conexiones de red antes de cargar el programa.
- Se recomienda fijarse en las conexiones del motor, verificar voltajes de operación.
- Verificar que por detrás de las láminas no se encuentre ningún objeto ajeno al módulo.
- Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento.
- Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico antes de energizar

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado

Firma: \_\_\_\_\_

## Práctica #6

GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO																																																																		
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Electrónica	<b>ASIGNATURA:</b> Automatización y Control																																																																	
<b>NRO. PRÁCTICA:</b> 6	<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b> Control de nivel de un tanque por un sistema de bombeo mediante el uso de botoneras.																																																																	
<b>OBJETIVO:</b>																																																																		
<b>Objetivo General:</b> Conocer el uso de las diferentes componentes de la planta en especial el uso para aplicaciones de bombeo de un tanque a otro.																																																																		
<b>Objetivo Específico:</b> Realizar la programación de un control de llenado de tanque en TIA Portal usando pulsantes como control manual.																																																																		
<b>INSTRUCCIONES:</b>																																																																		
1. Considerar los siguientes elementos a declarar en el controlador.																																																																		
 <p>El diagrama muestra un rack de PLC Siemens con los siguientes módulos instalados:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>100: Perfil soporte_0</li> <li>0: Módulo de alimentación (PS 307 5A)</li> <li>1: Módulo DI 32x24VDC HF_1</li> <li>2: Módulo DQ 32x24VDC/0.5A</li> <li>3: Módulo AI 8x12Bit/12C ST_1</li> <li>4: Módulo AQ 4x12Bit ST_1</li> <li>5: Módulo de alimentación (PS 307 5A)</li> <li>6: Módulo de alimentación (PS 307 5A)</li> <li>7: Módulo de alimentación (PS 307 5A)</li> <li>14: Módulo de alimentación (PS 307 5A)</li> <li>15: Módulo de alimentación (PS 307 5A)</li> <li>22: Módulo de alimentación (PS 307 5A)</li> <li>23: Módulo de alimentación (PS 307 5A)</li> <li>31: Módulo de alimentación (PS 307 5A)</li> </ul>																																																																		
2. Crear variables utilizarse en el PLC																																																																		
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Variables PLC</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Nombre</th> <th>Tabla de variables</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Dirección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Paro general</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Paro Electrovalvulas</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Inicio General</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>Encendido de bomba</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.3</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Paro bomba</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.4</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Encendido E.V entrada</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.5</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Encendido E.V salida</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.6</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Salida Bomba</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Electrovalvula entrada</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.1</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>Electrovalvula salida</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.2</td> </tr> <tr> <td>11</td> <td>Marca habilitadora</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%M0.0</td> </tr> </tbody> </table>		Variables PLC						Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	1	Paro general	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	2	Paro Electrovalvulas	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	3	Inicio General	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2	4	Encendido de bomba	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3	5	Paro bomba	Tabla de variables e..	Bool	%I0.4	6	Encendido E.V entrada	Tabla de variables e..	Bool	%I0.5	7	Encendido E.V salida	Tabla de variables e..	Bool	%I0.6	8	Salida Bomba	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	9	Electrovalvula entrada	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	10	Electrovalvula salida	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	11	Marca habilitadora	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0
Variables PLC																																																																		
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección																																																														
1	Paro general	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0																																																														
2	Paro Electrovalvulas	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1																																																														
3	Inicio General	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2																																																														
4	Encendido de bomba	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3																																																														
5	Paro bomba	Tabla de variables e..	Bool	%I0.4																																																														
6	Encendido E.V entrada	Tabla de variables e..	Bool	%I0.5																																																														
7	Encendido E.V salida	Tabla de variables e..	Bool	%I0.6																																																														
8	Salida Bomba	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0																																																														
9	Electrovalvula entrada	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1																																																														
10	Electrovalvula salida	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2																																																														
11	Marca habilitadora	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0																																																														
Realizar programación en los diferentes segmentos para control de la bomba de llenado.																																																																		
4. Realizar conexión física de controlador y planta (se citará el diagrama del anexo)																																																																		

<b>ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</b>
1. Mediante un botón de marcha iniciar control para llenado del tanque. Considerar un botón de paro y paro de emergencia.
2. Al dar inicio al control del llenado considerar única forma de encendido y apagado solo sea por pulsantes
3. Considerar limitantes para el uso de la bomba, si el tanque bajo tiene el nivel bajo no deberá funcionar la bomba, si el tanque alto se activa la boya de nivel no deberá funcionar la bomba.
<b>RESULTADO(S) OBTENIDO(S):</b> La programación de un control de llenado de tanque a través del bombeo mediante el uso de botoneras como control manual.
<b>CONCLUSIONES:</b> Se realizó el funcionamiento de la planta de llenado de tanques mediante el uso del software TIA Portal en control manual.
<b>RECOMENDACIONES:</b> Verificar conexiones de red antes de cargar el programa. Se recomienda considerar boyas como método de protección a pesar de ser un control manual. Verificar que por detrás de las láminas no se encuentre ningún objeto ajeno al módulo. Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento. Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico antes de energizar

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado



Firma: \_\_\_\_\_

**Práctica #7**

<b>GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</b>																																																													
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Electrónica	<b>ASIGNATURA:</b> Automatización y Control																																																												
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	7																																																												
<b>TÍTULO PRÁCTICA:</b>	Control de nivel de un tanque por un sistema de bombeo mediante el uso de boya (digital) y sensor de nivel (analógica) con opción de elegir el control.																																																												
<b>OBJETIVO:</b>																																																													
<b>Objetivo General:</b>																																																													
Conocer el uso de las diferentes componentes de la planta en especial el uso para aplicaciones de bombeo de un tanque a otro.																																																													
<b>Objetivo Específico:</b>																																																													
Realizar la programación de un control de llenado de tanque en TIA Portal usando los diferentes sensores que se encuentran en la planta.																																																													
<b>INSTRUCCIONES:</b>																																																													
1. Considerar los siguientes elementos a declarar en el controlador.																																																													
																																																													
2. Crear variables utilizarse en el PLC																																																													
<table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="5">Variables PLC</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Nombre</th> <th>Tabla de variables</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Dirección</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Paro general</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>Inicio General</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.1</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>Boya alto tanque</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.2</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>0 boya 1 nivel</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%I0.3</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>Nivel Analogico</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Word</td> <td>%IW4</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>Salida Bomba</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.0</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>Electrovalvula entrada</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.1</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>Electrovalvula salida</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.2</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>Marca habilitadora</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%M0.0</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>control de nivel tanque</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%M0.1</td> </tr> </tbody> </table>		Variables PLC						Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	1	Paro general	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	2	Inicio General	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	3	Boya alto tanque	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2	4	0 boya 1 nivel	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3	5	Nivel Analogico	Tabla de variables e..	Word	%IW4	6	Salida Bomba	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	7	Electrovalvula entrada	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	8	Electrovalvula salida	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	9	Marca habilitadora	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0	10	control de nivel tanque	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1
Variables PLC																																																													
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección																																																									
1	Paro general	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0																																																									
2	Inicio General	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1																																																									
3	Boya alto tanque	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2																																																									
4	0 boya 1 nivel	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3																																																									
5	Nivel Analogico	Tabla de variables e..	Word	%IW4																																																									
6	Salida Bomba	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0																																																									
7	Electrovalvula entrada	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1																																																									
8	Electrovalvula salida	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2																																																									
9	Marca habilitadora	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0																																																									
10	control de nivel tanque	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1																																																									

3. Realizar programación en los diferentes segmentos para control de la bomba de llenado.
4. Realizar conexión física de controlador y planta (se citará el diagrama del anexo)

#### **ACTIVIDADES POR DESARROLLAR**

1. Mediante un botón de marcha iniciar control para llenado del tanque. Considerar un botón de paro y paro de emergencia.
2. Al dar inicio al control del llenado considerar si se lo realizará con un control mediante boyas (digital) o mediante el sensor de nivel (analógico).
3. Considerar limitantes para el uso de la bomba, si el tanque bajo tiene el nivel bajo no deberá funcionar la bomba, si el tanque alto se activa la boya de nivel no deberá funcionar la bomba.
4. Se deberá establecer el valor de nivel alto para la señal analógica.

#### **RESULTADO(S) OBTENIDO(S):**

Se realizó el funcionamiento de la planta de llenado de tanques mediante el uso del software TIA Portal con un control automático por sensor de nivel o boyas.

#### **CONCLUSIONES:**

Se realiza control automático del llenado del tanque con opción de que sea por boya o medición de nivel.

#### **RECOMENDACIONES:**

- Verificar conexiones de red antes de cargar el programa.
- Se recomienda verificar la correcta medición del sensor de nivel.
- De preferencia para el valor máximo de llenado por uso del sensor de nivel debe coincidir a la altura de la boya de alto.
- Verificar que por detrás de las láminas no se encuentre ningún objeto ajeno al módulo.
- Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento.
- Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico antes de energizar

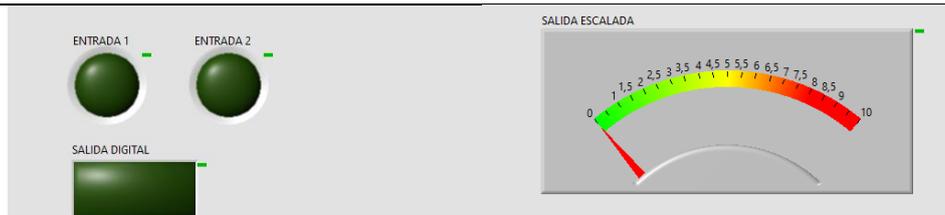
Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado



Firma: \_\_\_\_\_

## Práctica #8

GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO																																																																																																			
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Electrónica		<b>ASIGNATURA:</b> Automatización y Control																																																																																																	
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	8	<b>1. TÍTULO PRÁCTICA:</b> Mediante OPC comunicar todas las variables creadas de la practica 2 a la PC usando LabVIEW, mostrándola en indicadores numéricos y booleanos.																																																																																																	
<b>OBJETIVO:</b> <b>Objetivo General:</b> Aprender a crear la comunicación del controlador con OPC para Labview, usando ya practicas existentes visualizar dichas variables por comunicación.																																																																																																			
<b>Objetivo Específico:</b> Utilizar la practica 2 para realizar comunicación OPC con Labview.																																																																																																			
<b>INSTRUCCIONES:</b> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Crear variables a utilizarse en el PLC           <div data-bbox="300 1167 1273 1422" data-label="Table"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Nombre</th> <th>Tabla de variables</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Dirección</th> <th>Rema...</th> <th>Acces...</th> <th>Escrib...</th> <th>Visibl...</th> <th>Si</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Entrada 1</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%IO.0</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Entrada 2</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Bool</td> <td>%IO.1</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Entrada Analógica</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Word</td> <td>%IW4</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Salida digital 1</td> <td>Tabla de variabl...</td> <td>Bool</td> <td>%Q0.0</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Salida Normalizar</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Real</td> <td>%MD40</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>Salida Escalar</td> <td>Tabla de variables e..</td> <td>Real</td> <td>%MD44</td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> <tr> <td>&lt;Agregar&gt;</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td><input type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td><input checked="" type="checkbox"/></td> <td></td> </tr> </tbody> </table> </div> </li> <li>2. Crear variables en Ni OPC Servers           <div data-bbox="300 1552 1273 1720" data-label="Table"> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tag Name</th> <th>Address</th> <th>Data Type</th> <th>Scan Rate</th> <th>Scaling</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>ENTRAD...</td> <td>IO.0</td> <td>Boolean</td> <td>100</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>ENTRAD...</td> <td>IO.1</td> <td>Boolean</td> <td>100</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>SALIDA ...</td> <td>Q0.0</td> <td>Boolean</td> <td>100</td> <td>None</td> </tr> <tr> <td>SALIDA ...</td> <td>MD44</td> <td>Float</td> <td>100</td> <td>None</td> </tr> </tbody> </table> </div> </li> </ol> <p>Realizar declaración de variables en LabVIEW y mostrarlas a través de indicadores visuales.</p>			Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Si	Entrada 1	Tabla de variables e..	Bool	%IO.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Entrada 2	Tabla de variables e..	Bool	%IO.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Entrada Analógica	Tabla de variables e..	Word	%IW4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Salida digital 1	Tabla de variabl...	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Salida Normalizar	Tabla de variables e..	Real	%MD40	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Salida Escalar	Tabla de variables e..	Real	%MD44	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	ENTRAD...	IO.0	Boolean	100	None	ENTRAD...	IO.1	Boolean	100	None	SALIDA ...	Q0.0	Boolean	100	None	SALIDA ...	MD44	Float	100	None
Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Si																																																																																											
Entrada 1	Tabla de variables e..	Bool	%IO.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																												
Entrada 2	Tabla de variables e..	Bool	%IO.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																												
Entrada Analógica	Tabla de variables e..	Word	%IW4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																												
Salida digital 1	Tabla de variabl...	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																												
Salida Normalizar	Tabla de variables e..	Real	%MD40	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																												
Salida Escalar	Tabla de variables e..	Real	%MD44	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																												
<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																												
Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling																																																																																															
ENTRAD...	IO.0	Boolean	100	None																																																																																															
ENTRAD...	IO.1	Boolean	100	None																																																																																															
SALIDA ...	Q0.0	Boolean	100	None																																																																																															
SALIDA ...	MD44	Float	100	None																																																																																															



3. Realizar conexión física de controlador y planta (se citará el diagrama del anexo)

### ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

1. Crear variables en el PLC que van a ser leídas por OPC
2. Establecer conexión por red entre controlador y PC
3. Verificar que las variables están siendo leídas por OPC
4. Diseñar un cuadro de interacción en LabVIEW para las variables que están siendo leídas.
5. Generar cambios de estado para señales digitales y analógica.

### RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

Establecer comunicación OPC desde controlador hacia la PC, se visualiza estas variables en LabVIEW.

### CONCLUSIONES:

Se comunica el controlador con la PC por OPC.

Se visualizan variables que ya fueron creadas en la práctica dos.

### RECOMENDACIONES:

Verificar conexiones de red antes de cargar el programa.

Crear tabla de variable con etiqueta para cada señal a utilizarse.

Verificar que por detrás de las láminas no se encuentre ningún objeto ajeno al módulo.

Se debe habilitar la comunicación OPC al PLC s7-1500.

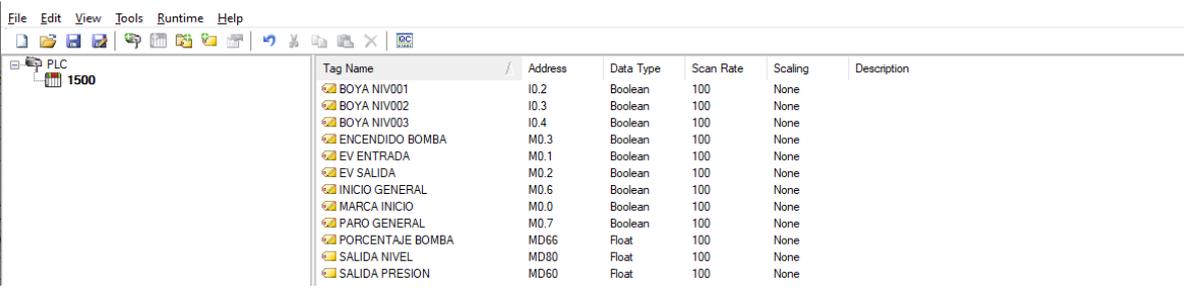
Verificar que por detrás de las láminas no se encuentre ningún objeto ajeno al módulo.

Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento.

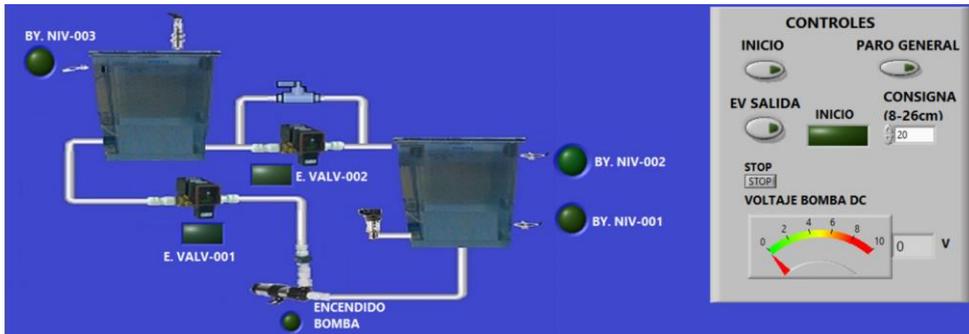
Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado

Firma: \_\_\_\_\_

## Práctica #9

<b>GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</b>																																																																																																																																																																																																										
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Electrónica	<b>ASIGNATURA:</b> Automatización y Control																																																																																																																																																																																																									
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	9	<b>2. TÍTULO PRÁCTICA:</b>  Control de nivel de un tanque de una estación de bombeo mediante lógica difusa.																																																																																																																																																																																																								
<b>OBJETIVO:</b>																																																																																																																																																																																																										
<b>Objetivo General:</b> Aprender a crear un control difuso para un proceso con el software LabVIEW mediante la obtención de variables de la planta a través del controlador comunicado por OPC.																																																																																																																																																																																																										
<b>Objetivo Específico:</b> Realizar programación para control difuso y comunicación OPC.																																																																																																																																																																																																										
<b>INSTRUCCIONES:</b>																																																																																																																																																																																																										
1. Crear variables a utilizarse en el PLC																																																																																																																																																																																																										
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th colspan="10">Variables PLC</th> </tr> <tr> <th></th> <th>Nombre</th> <th>Tabla de variables</th> <th>Tipo de datos</th> <th>Dirección</th> <th>Rema...</th> <th>Acces...</th> <th>Escrib...</th> <th>Visibi...</th> <th>Supervis.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td></td><td>Electrovalvula Entrada</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%Q0.0</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Electrovalvula Salida</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%Q0.1</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Encendido de bomba</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%Q0.2</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Inicio PLC</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%I0.0</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Paro PLC</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%I0.1</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Boya 1</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%I0.2</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Boya 2</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%I0.3</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Boya 3</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%I0.4</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td></td><td>Nivel</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Int</td><td>%IW18</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>0</td><td>Porcentaje bomba</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Int</td><td>%QW4</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>1</td><td>Porcentaje para bomba</td><td>Tabla de variables e..</td><td>DWord</td><td>%MD66</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>2</td><td>Salida Nivel</td><td>Tabla de variables e..</td><td>DWord</td><td>%MD80</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>3</td><td>Marca INICIO</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%M0.0</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>4</td><td>EV entrada LabView</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%M0.1</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>5</td><td>EV salida LabView</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%M0.2</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>6</td><td>On Bomba LabView</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%M0.3</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>7</td><td>Paro Labview</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%M0.7</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> <tr><td>8</td><td>Inicio Labview</td><td>Tabla de variables e..</td><td>Bool</td><td>%M0.6</td><td><input type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td><input checked="" type="checkbox"/></td><td></td></tr> </tbody> </table>			Variables PLC											Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibi...	Supervis.		Electrovalvula Entrada	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Electrovalvula Salida	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Encendido de bomba	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Inicio PLC	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Paro PLC	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Boya 1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Boya 2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Boya 3	Tabla de variables e..	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			Nivel	Tabla de variables e..	Int	%IW18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		0	Porcentaje bomba	Tabla de variables e..	Int	%QW4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		1	Porcentaje para bomba	Tabla de variables e..	DWord	%MD66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		2	Salida Nivel	Tabla de variables e..	DWord	%MD80	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		3	Marca INICIO	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		4	EV entrada LabView	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		5	EV salida LabView	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		6	On Bomba LabView	Tabla de variables e..	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		7	Paro Labview	Tabla de variables e..	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		8	Inicio Labview	Tabla de variables e..	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Variables PLC																																																																																																																																																																																																										
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibi...	Supervis.																																																																																																																																																																																																	
	Electrovalvula Entrada	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
	Electrovalvula Salida	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
	Encendido de bomba	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
	Inicio PLC	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
	Paro PLC	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
	Boya 1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
	Boya 2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
	Boya 3	Tabla de variables e..	Bool	%I0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
	Nivel	Tabla de variables e..	Int	%IW18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
0	Porcentaje bomba	Tabla de variables e..	Int	%QW4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
1	Porcentaje para bomba	Tabla de variables e..	DWord	%MD66	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
2	Salida Nivel	Tabla de variables e..	DWord	%MD80	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
3	Marca INICIO	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
4	EV entrada LabView	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
5	EV salida LabView	Tabla de variables e..	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
6	On Bomba LabView	Tabla de variables e..	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
7	Paro Labview	Tabla de variables e..	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
8	Inicio Labview	Tabla de variables e..	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>																																																																																																																																																																																																		
2. Crear variables en Ni OPC Servers																																																																																																																																																																																																										
 <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr> <th>Tag Name</th> <th>Address</th> <th>Data Type</th> <th>Scan Rate</th> <th>Scaling</th> <th>Description</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>BOYA NIV001</td><td>I0.2</td><td>Boolean</td><td>100</td><td>None</td><td></td></tr> <tr><td>BOYA NIV002</td><td>I0.3</td><td>Boolean</td><td>100</td><td>None</td><td></td></tr> <tr><td>BOYA NIV003</td><td>I0.4</td><td>Boolean</td><td>100</td><td>None</td><td></td></tr> <tr><td>ENCENDIDO BOMBA</td><td>M0.3</td><td>Boolean</td><td>100</td><td>None</td><td></td></tr> <tr><td>EV ENTRADA</td><td>M0.1</td><td>Boolean</td><td>100</td><td>None</td><td></td></tr> <tr><td>EV SALIDA</td><td>M0.2</td><td>Boolean</td><td>100</td><td>None</td><td></td></tr> <tr><td>INICIO GENERAL</td><td>M0.6</td><td>Boolean</td><td>100</td><td>None</td><td></td></tr> <tr><td>MARCA INICIO</td><td>M0.0</td><td>Boolean</td><td>100</td><td>None</td><td></td></tr> <tr><td>PARO GENERAL</td><td>M0.7</td><td>Boolean</td><td>100</td><td>None</td><td></td></tr> <tr><td>PORCENTAJE BOMBA</td><td>MD66</td><td>Float</td><td>100</td><td>None</td><td></td></tr> <tr><td>SALIDA NIVEL</td><td>MD80</td><td>Float</td><td>100</td><td>None</td><td></td></tr> <tr><td>SALIDA PRESION</td><td>MD60</td><td>Float</td><td>100</td><td>None</td><td></td></tr> </tbody> </table>			Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description	BOYA NIV001	I0.2	Boolean	100	None		BOYA NIV002	I0.3	Boolean	100	None		BOYA NIV003	I0.4	Boolean	100	None		ENCENDIDO BOMBA	M0.3	Boolean	100	None		EV ENTRADA	M0.1	Boolean	100	None		EV SALIDA	M0.2	Boolean	100	None		INICIO GENERAL	M0.6	Boolean	100	None		MARCA INICIO	M0.0	Boolean	100	None		PARO GENERAL	M0.7	Boolean	100	None		PORCENTAJE BOMBA	MD66	Float	100	None		SALIDA NIVEL	MD80	Float	100	None		SALIDA PRESION	MD60	Float	100	None																																																																																																																											
Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description																																																																																																																																																																																																					
BOYA NIV001	I0.2	Boolean	100	None																																																																																																																																																																																																						
BOYA NIV002	I0.3	Boolean	100	None																																																																																																																																																																																																						
BOYA NIV003	I0.4	Boolean	100	None																																																																																																																																																																																																						
ENCENDIDO BOMBA	M0.3	Boolean	100	None																																																																																																																																																																																																						
EV ENTRADA	M0.1	Boolean	100	None																																																																																																																																																																																																						
EV SALIDA	M0.2	Boolean	100	None																																																																																																																																																																																																						
INICIO GENERAL	M0.6	Boolean	100	None																																																																																																																																																																																																						
MARCA INICIO	M0.0	Boolean	100	None																																																																																																																																																																																																						
PARO GENERAL	M0.7	Boolean	100	None																																																																																																																																																																																																						
PORCENTAJE BOMBA	MD66	Float	100	None																																																																																																																																																																																																						
SALIDA NIVEL	MD80	Float	100	None																																																																																																																																																																																																						
SALIDA PRESION	MD60	Float	100	None																																																																																																																																																																																																						

- Realizar control en Labview usando lógica difusa considerando las variables de la planta.



- Realizar conexión física de controlador y planta (se citará el diagrama del anexo)

### ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

- Se debe realizar el control del tanque superior manteniendo una consigna de nivel deseado con lógica difusa. El sistema contará con botones de marcha y paro que servirán de habilitadores de todo el sistema
- Al dar inicio al control el sistema tomara en consideración las protecciones existentes para cada tanque (boyas) para evitar rebose o que la bomba funcione en vacío, la bomba deberá apagar en caso de que el tanque alto a controlar esté lleno y que el tanque bajo este vacío.
- Diseñar un control difuso para el control de consigna del nivel del tanque alto
- Realizar la comunicación por medio de OPC SERVER para comunicar las variables del PLC hacia el software LabVIEW y que el mismo se encargue del control de llenado.
- Realizar mímicas del proceso para el HMI y el SCADA en LabVIEW

### RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

Nivel de tanque elevado es el indicado por la consigna que se escribe, esto gracias el control difuso programado.

### CONCLUSIONES:

Se verifica estabilización de la consigna programada.

Control lo realiza el Labview, el PLC es un medio físico de recepción de señales de planta que están comunicador por OPC.

Todas las variables que pueda entregar la planta están siendo leídas y mostradas por el sistema

### RECOMENDACIONES:

Verificar conexiones de red antes de cargar el programa.

Tratar de igualar el caudal de salida del tanque alto controlado con el mínimo de operación de la bomba.

Se recomienda verificar la correcta medición del sensor de nivel.

Se debe habilitar la comunicación OPC al PLC s71500.

Verificar que por detrás de las láminas no se encuentre ningún objeto ajeno al módulo.

Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento.

Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico antes de energizar

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado



Firma: \_\_\_\_\_

## Práctica #10

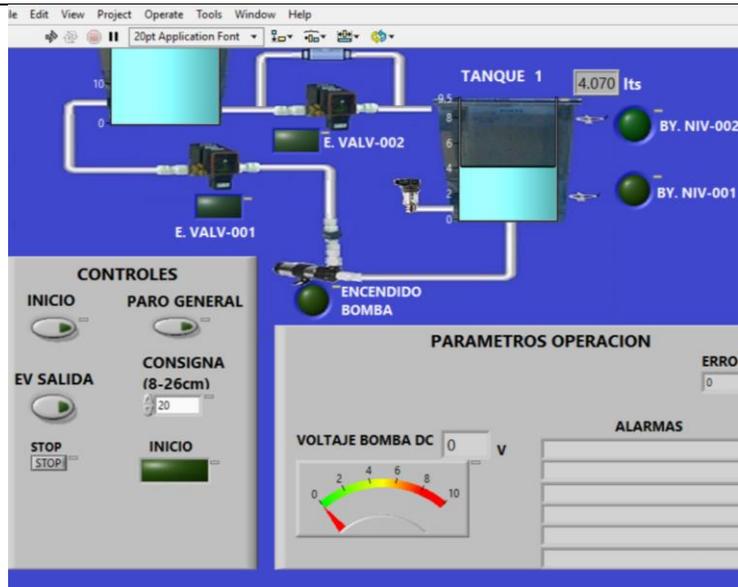
<b>GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</b>		
<b>CARRERA:</b> Ingeniería Electrónica		<b>ASIGNATURA:</b> Automatización y Control
<b>NRO. PRÁCTICA:</b>	10	<b>3. TÍTULO PRÁCTICA:</b>  Diseñar una estación de bombeo (mímicas) en LabVIEW donde se muestren los elementos de la estación, estado de bombas, nivel del tanque, tipo de control, con opción de lectura y escritura de set point a un controlador comunicado por OPC.
<b>OBJETIVO:</b> <b>Objetivo General:</b> Aprender a crear un control difuso para un proceso con el software LabVIEW mediante la obtención de variables de la planta a través del controlador comunicado por OPC y administrado todo el control desde el LabVIEW. <b>Objetivo Específico:</b> Realizar programación para control difuso y comunicación OPC usando mímicas en forma de SCADA para control y visualización del proceso.		
<b>INSTRUCCIONES:</b>  <b>1.</b> Crear variables a utilizarse en el PLC		

Variables PLC				
	Nombre	Tabla de variables e..	Tipo de datos	Dirección
1	Inicio PLC	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0
2	Paro PLC	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1
3	Boya 1	Tabla de variables e..	Bool	%I0.2
4	Boya 2	Tabla de variables e..	Bool	%I0.3
5	Boya 3	Tabla de variables e..	Bool	%I0.4
6	Presión	Tabla de variables e..	Int	%IW16
7	Nivel	Tabla de variables e..	Int	%IW18
8	Electrovalvula Entrada	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0
9	Electrovalvula Salida	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1
10	Encendido de Bomba	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2
11	Luz Inicio	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3
12	Luz Paro	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4
13	Porcentaje Bomba	Tabla de variables e..	Int	%QW4
14	Marca Inicio	Tabla de variables e..	Bool	%MO.0
15	EV entrada LabView	Tabla de variables e..	Bool	%MO.1
16	EV salida LabView	Tabla de variables e..	Bool	%MO.2
17	On Bomba Labview	Tabla de variables e..	Bool	%MO.3
18	Inicio HMI	Tabla de variables e..	Bool	%MO.4
19	Paro HMI	Tabla de variables e..	Bool	%MO.5
20	Inicio LabView	Tabla de variables e..	Bool	%MO.6
21	Paro Labview	Tabla de variables e..	Bool	%MO.7
22	EV Salida HMI	Tabla de variables e..	Bool	%M1.0
23	EV salida marca	Tabla de variables e..	Bool	%M1.1
24	SETPOINT	Tabla de variables e..	Real	%MD2
25	Salida Presión	Tabla de variables e..	DWord	%MD60
26	Voltaje Bomba	Tabla de variables e..	DWord	%MD66
27	Salida Nivel	Tabla de variables e..	DWord	%MD80

## 2. Crear variables en Ni OPC Servers

Tag Name	Address	Data Type
BOYA NIV001	I0.2	Boolean
BOYA NIV002	I0.3	Boolean
BOYA NIV003	I0.4	Boolean
ENCENDIDO BOMBA	M0.3	Boolean
EV ENTRADA	M0.1	Boolean
EV SALIDA	M0.2	Boolean
INICIO GENERAL	M0.6	Boolean
MARCA INICIO	M0.0	Boolean
PARO GENERAL	M0.7	Boolean
PORCENTAJE BOMBA	MD66	Float
SALIDA NIVEL	MD80	Float
SALIDA PRESION	MD60	Float
SETPOINT	MD2	Float

## 3. Realizar control en Labview usando lógica difusa considerando las variables de la planta.



4. Realizar conexión física de controlador y planta (se citará el diagrama del anexo)

### ACTIVIDADES POR DESARROLLAR

6. Se debe realizar el control del tanque superior manteniendo una consigna de nivel deseado con lógica difusa. El sistema contará con botones de marcha y paro que servirán de habilitadores de todo el sistema.
7. Al dar inicio al control el sistema tomara en consideración las protecciones existentes para cada tanque (boyas) para evitar rebose o que la bomba funcione en vacío, la bomba deberá apagar en caso de que el tanque alto a controlar esté lleno y que el tanque bajo este vacío.
8. Configurar alarmas de estado para cada acción de la planta. Estado de nivel de tanque (alto/bajo), estado de bomba (encendido/apagado), Estado de electroválvula (abierto/cerrado)
9. Diseñar un control difuso para el control de consigna del nivel del tanque alto
10. Realizar la comunicación por medio de OPC SERVER para comunicar las variables del PLC hacia el software LabVIEW y que el mismo se encargue del control de llenado.
11. Realizar mímicas del proceso para el HMI y el SCADA en LabVIEW.

### RESULTADO(S) OBTENIDO(S):

Nivel de tanque elevado es el indicado por la consigna que se escribe, esto gracias el control difuso programado.

**CONCLUSIONES:**

Se verifica estabilización de la consigna programada.

Control lo realiza el Labview, el PLC es un medio físico de recepción de señales de planta que están comunicador por OPC.

Se puede realizar accionamientos desde el SCADA y el HMI.

Todas las variables que pueda entregar la planta están siendo leídas y mostradas por el sistema

**RECOMENDACIONES:**

Verificar conexiones de red antes de cargar el programa.

Tratar de igualar el caudal de salida del tanque alto controlado con el mínimo de operación de la bomba.

Se recomienda verificar la correcta medición del sensor de nivel.

Se debe habilitar la comunicación OPC al PLC s71500.

Verificar que por detrás de las láminas no se encuentre ningún objeto ajeno al módulo.

Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento.

Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico antes de energizar

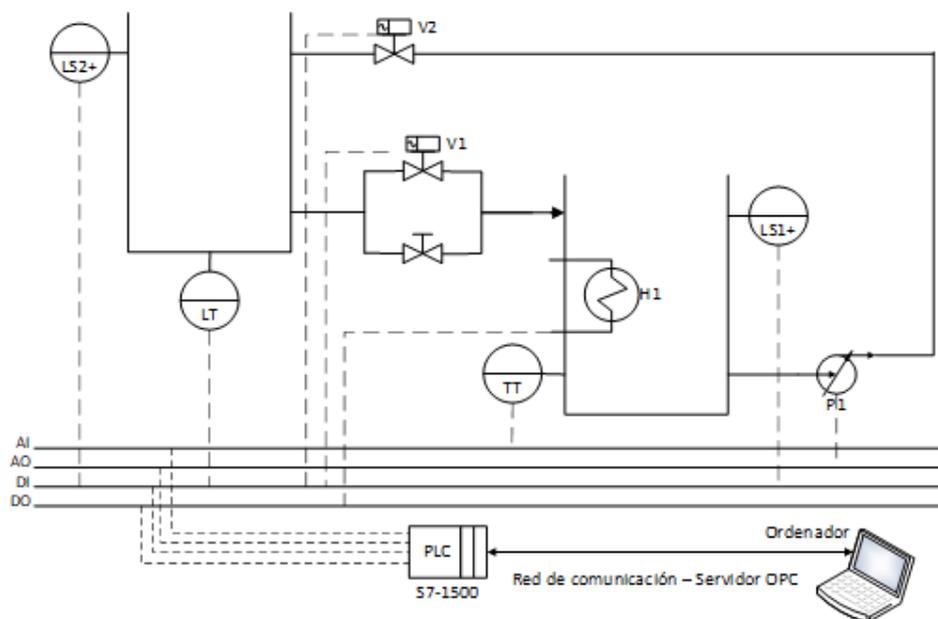
Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado



Firma: \_\_\_\_\_

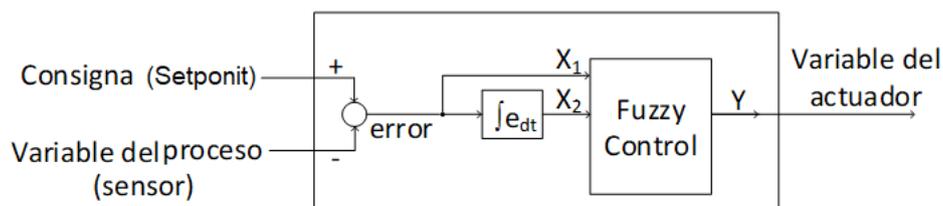
## 5. RESULTADOS

En este capítulo son brevemente explicados los pasos realizados para el controlador de lógica difusa y los resultados obtenidos en las pruebas. Los pasos para la programación de cada equipo pueden ser encontrados en la práctica 10 del manual de prácticas propuesto. En la figura 18 se muestran las entradas y salidas digitales expresadas con DI y DO; también son presentadas las entradas y salidas analógicas AI y AO. Cada uno de los sensores de acuerdo con la señal de voltaje o corriente que entrega, es conectado en las líneas que van asociadas al PLC.



**Figura 18.** Esquema de la planta a ser controlada

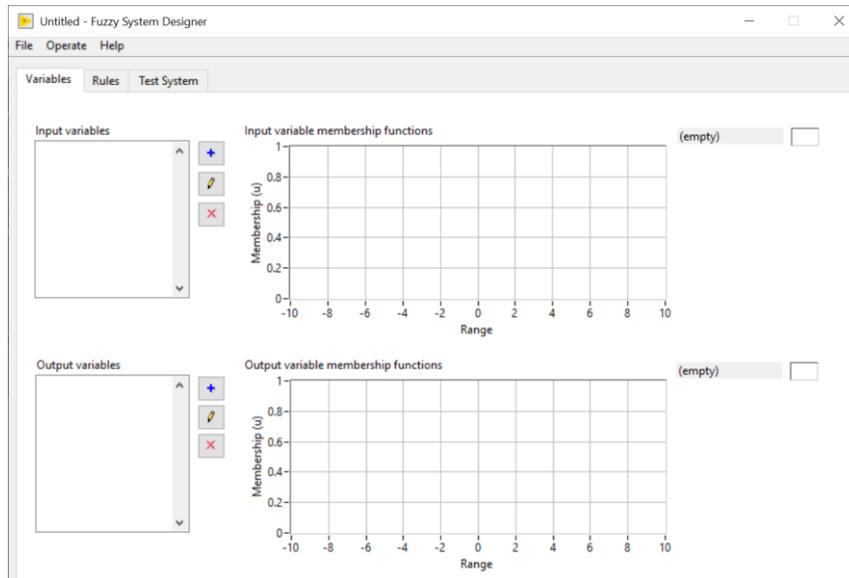
El controlador planteado para la planta y su variable de nivel es un controlador PID Difuso como se aprecia en la figura 19.



**Figura 19.** Estructura del controlador

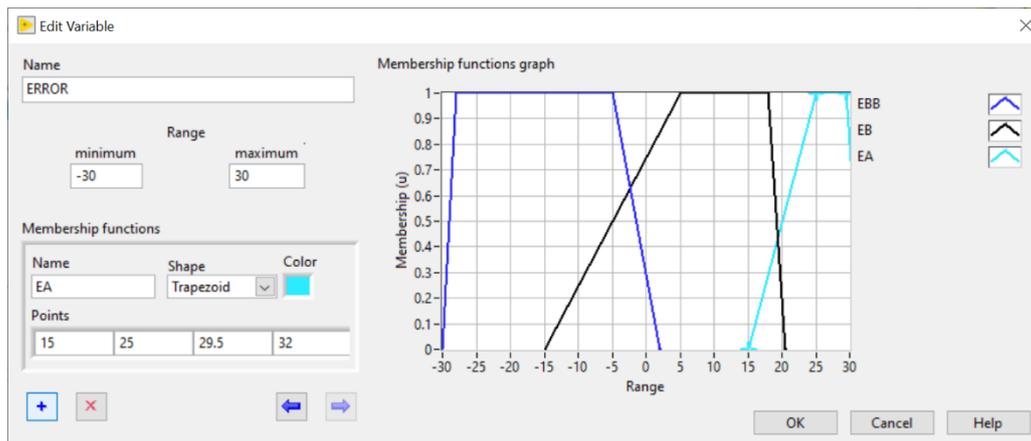
A través de la herramienta “Fuzzy System Designer” a la cual accedemos desde

la pantalla principal de LabVIEW en “Tools” “Control” y “Simulation” obtendremos la pantalla de programación para variables y reglas (Figura 20).



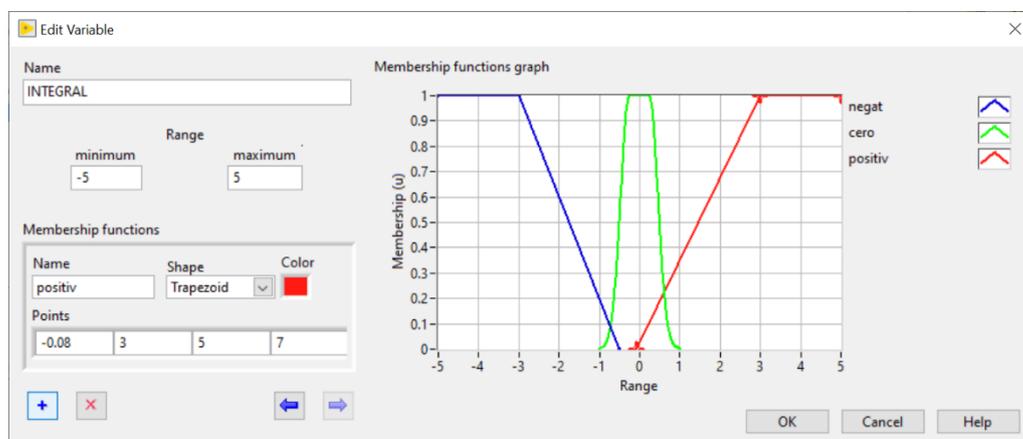
**Figura 20.** Ventana principal “Fuzzy System Designer”.

En la ventana es necesario declarar las variables de entrada y salida “Input Variables” y “Output Variables”. Nos debe aparecer otra ventana emergente mostrada a continuación. Al seleccionar las variables de entrada, es posible realizar los conjuntos con el editor de variables. Los conjuntos de las variables siempre oscilaran entre 0 y 1 en el rango de las Y (Membership); mientras que en el rango de las X (Range) deben ser colocados los valores de la variable a controlar. La primera variable declarada es “ERROR” ver la figura 20; debido a sus características vistas a través de las pruebas, colocamos 3 funciones de membresía Trapezoide con los lugares: 1. EBB Azul: (-30,0; -28,1; -5,1; 2,0); EB:Negro: (-15,0; 5,1; -18,1; 20,0) y EA: Celeste: (15,0; 25,1; 29,1; 30,0)



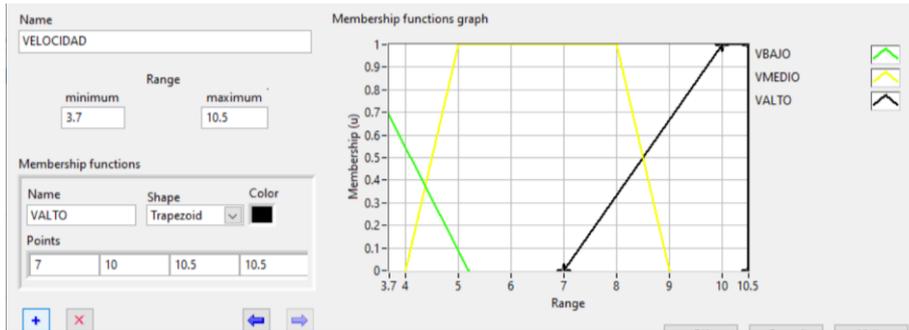
**Figura 21.** Declaración la Variable de entrada "ERROR"

La segunda variable de entrada para el controlador difuso es la variable "INTEGRA" ver la figura 21; debido a sus características vistas a través de las pruebas, colocamos 2 funciones de membresía Trapezoides y una función de membresía campana con los lugares Negat (Azul): (-25,0; -5,1; -3,1; -0.5,0); Cero (Verde): (-1,0; -0.25,1; -0.25,1; 1,0) y Posit (rojo): (0,0; 3,1; 5,1; 5,0).



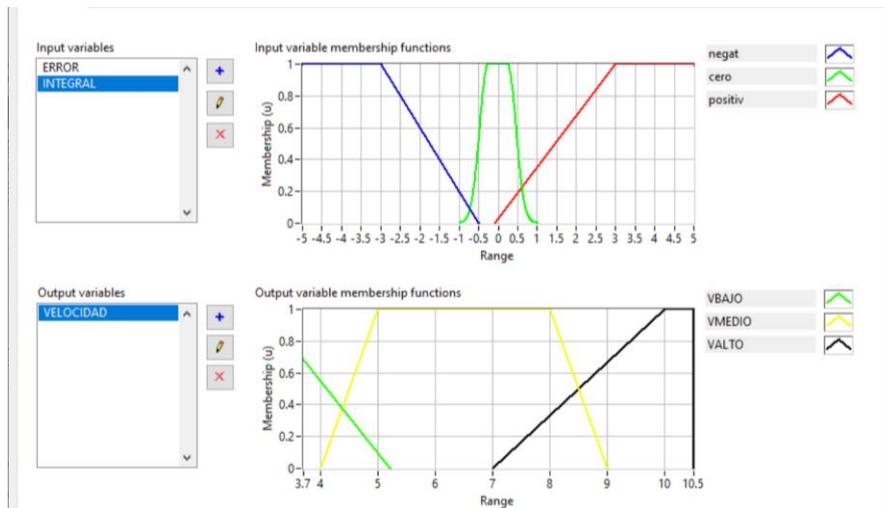
**Figura 22.** Variable "INTEGRAL"

La variable de salida es "VELOCIDAD" y es el voltaje que debe llegar a la bomba a través del regulador de velocidad (rango 0 a 10VDC). Para el correcto funcionamiento de la bomba, se establece la variación del voltaje VDC debe partir desde los 3.5VDC. Debido a sus características encontradas con las pruebas de funcionamiento, colocamos 3 funciones de membresía Trapezoides con los lugares VBAJO (Verde): (-2, 0.7; -1,0.7; 3.7,0.7; 5.2,0); VMEDIO (Amarillo): (4,0.7; 5,1; 8,1; 9,1) y VALTO (Negro): (7,0; 10,1; 10.5,1; 10.5,0)



**Figura 23.** Variable “VELOCIDAD”

Al finalizar tendremos todas nuestras variables de entrada y salida declaradas.

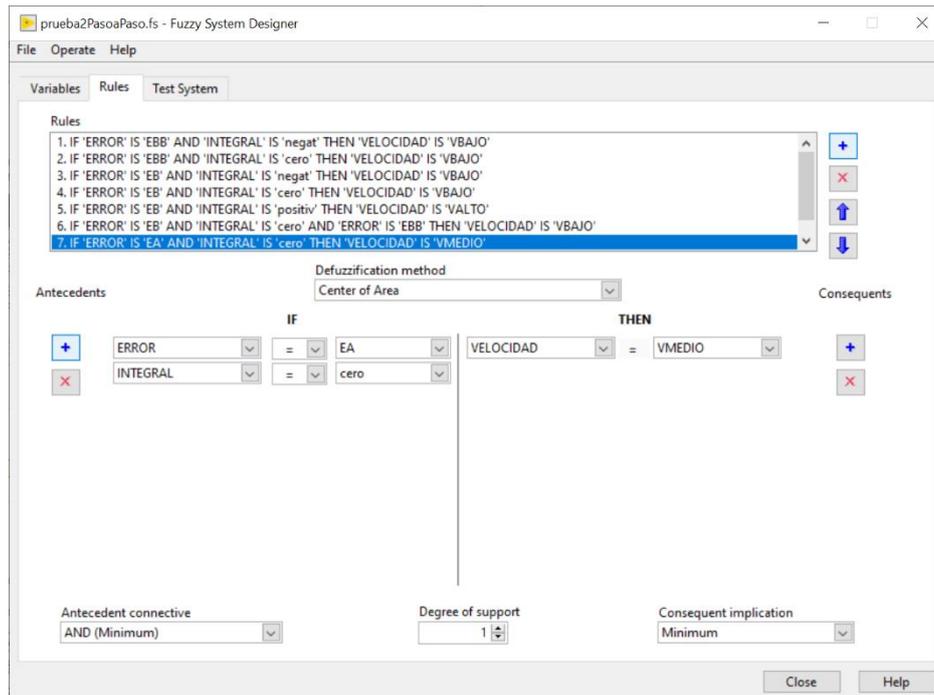


**Figura 24.** Ventana principal “Fuzzy System Designer”.

Seguido de esto, procedemos declarar las reglas en la pestaña “Rules”. Estas reglas permiten tomar decisiones al controlador difuso y son calculadas de acuerdo con la experiencia obtenida en las pruebas realizadas en lazo abierto.

**Tabla 4.** Descripción de los elementos instalados en la planta.

1.	IF “ERROR” IS “EBB” AND INTEGRAL” IS “Negat” THEN “VELOCIDAD” IS “VBAJO”
2.	IF “ERROR” IS “EBB” AND INTEGRAL” IS “Cero” THEN “VELOCIDAD” IS “VBAJO”
3.	IF “ERROR” IS “EB” AND INTEGRAL” IS “Negat” THEN “VELOCIDAD” IS “VBAJO”
4.	IF “ERROR” IS “EB” AND INTEGRAL” IS “Cero” THEN “VELOCIDAD” IS “VBAJO”
5.	IF “ERROR” IS “EB” AND INTEGRAL” IS “Posit” THEN “VELOCIDAD” IS “VALTO”
6.	IF “ERROR” IS “EB” AND INTEGRAL” IS “Cero” AND “ERROR” IS “EBB” THEN “VELOCIDAD” IS “VBAJO”
7.	IF “ERROR” IS “EA” AND INTEGRAL” IS “Cero” THEN “VELOCIDAD” IS “VMEDIO”



**Figura 25.** Todas las reglas declaradas.

En la figura 25, son mostrados por colores varias secciones que son parte de la programación del controlador de lógica difusa.

Rojo: El elemento “FL Load Fuzzy System” permite cargar en el programa del controlador las funciones de membresía y las reglas generadas anteriormente. La dirección del archivo. fs es colocada desde el “File Path”.

Azul: El elemento “Fuzzy Controller” es el encargado de realizar el control a través de las reglas creadas. Debido a la naturaleza de la planta tenemos un sistema de “Múltiple Input-Single Output” MISO.

Morado: Mediante operaciones aritméticas y un bloque de “Integral” son calculadas:

$$\text{ERROR} = \left( \frac{\text{Consigna} - \text{Variable del proceso}}{\text{Consigna}} \right) * 100 \quad (5)$$

$$\text{INTEGRAL} = \int_0^{0.01} \text{Consigna} - \text{Variable del proceso} \, dt * 100 \quad (6)$$

La multiplicación por 100, es para obtener el porcentaje de Error. Los valores

resultantes de las operaciones son llevados a un “Build array” que permite coleccionar varios datos para emplearlos en otras funciones.

Verde: La salida del controlador Difuso “Output Value” es el valor de voltaje que será asignado a la bomba DC. El mismo valor lo comparamos si es mayor a “0”, entonces debe habilitar el bit de “Encendido Bomba”.

Negro: Para registrar los datos obtenidos en las pruebas de la planta real y enviarlas a una hoja Excel, es empleada la herramienta “Write Meas File”

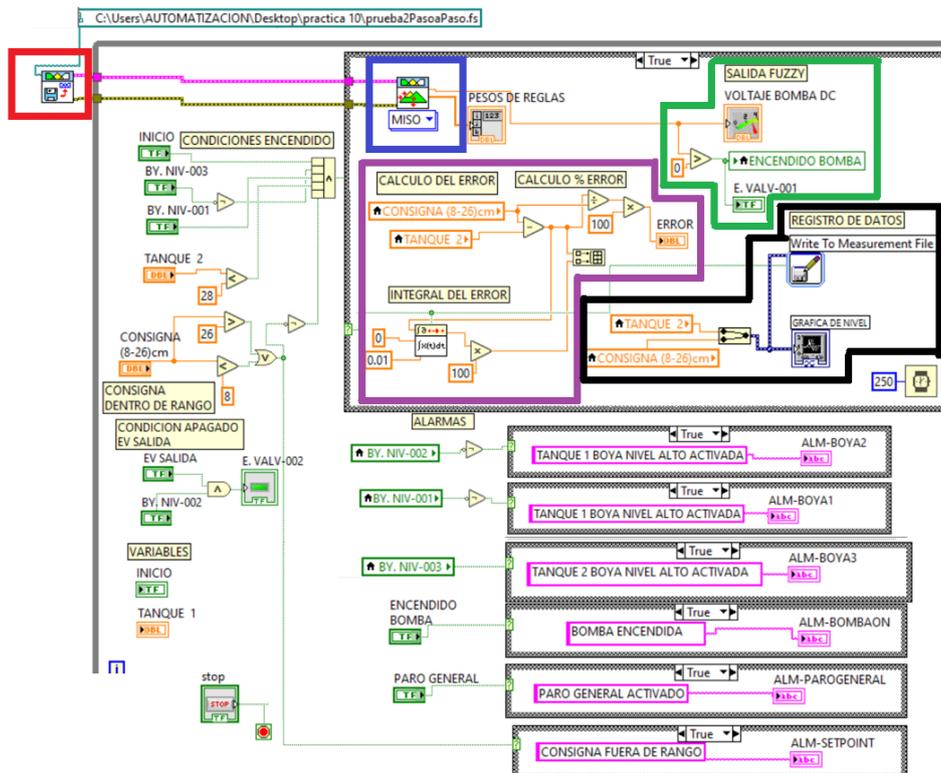


Figura 26. Programación del controlador Difuso



Figura 27. Ventana “Front Panel” finalizada, parte 1

## 5.1. PRUEBAS DEL CONTROLADOR DE LÓGICA DIFUSA

A través de una prueba generada por computadora, se evalúa el comportamiento de la planta mediante entradas tipo “escalón” que cambian en un tiempo determinado aplicado en la referencia. Los resultados son las respuestas que se producen en el nivel del tanque de proceso y los voltajes que ingresan a los actuadores. El pseudocódigo es presentado a continuación:

1. Iniciar las variables:  $H_{T_D}$ ,  $a$ ,

2. Ingreso de los valores de  $H_{T_b} = a$ . ( $a$ ) corresponde al primer valor en la referencia de nivel ( $H_{T_b}$ ) en el tanque proceso  $T_D$
3. Ingreso de la perturbación mediante la válvula  $V_{on-off}$ ; la válvula permite el paso del fluido desde el tanque proceso  $T_D$  al tanque reservorio  $T_R$
4. Cuando el proceso está estable, se mantiene un tiempo  $T_{tiempo\ de\ prueba}$ ; el tiempo de prueba es una subrutina cambia la referencia ( $a$ ) de la planta después de un tiempo determinado.

5. Guardar los valores de  $L_{A_i}$
6. Subrutina Fijar el nivel del tanque en un valor predeterminado
7. Abrir la llave manual para que la perturbación afecte al sistema (la apertura se da con porcentajes)
8. La captura de datos se la realiza por medio del sensor  $L_{A_i}$ ; capta los valores del nivel de tanque proceso  $H_{T_D}$
9. Finalizar el proceso

## 6. ANALISIS DE RESULTADOS

### 6.1. CAMBIOS DE SETPOINT

Previo a las pruebas, es necesario estabilizar el sistema en sus condiciones óptimas de operación.

- Llenar el sistema hasta 15 cm de nivel en tanque proceso, para que la altura de la columna del tanque reservorio no afecte en el control del llenado.
- La bomba que llena al tanque proceso logra romper la inercia sobre los 5VDC.

Una vez estabilizado el tema se inicia la secuencia del pseudocódigo. Los resultados se muestran en la figura 28. La curva de color plomo es el Setpoint que se genera después de un tiempo determinado; la curva de color rojo es el valor de nivel capturado por el sensor de nivel y la curva azul es el voltaje de control que ingresa a la bomba de llenado.

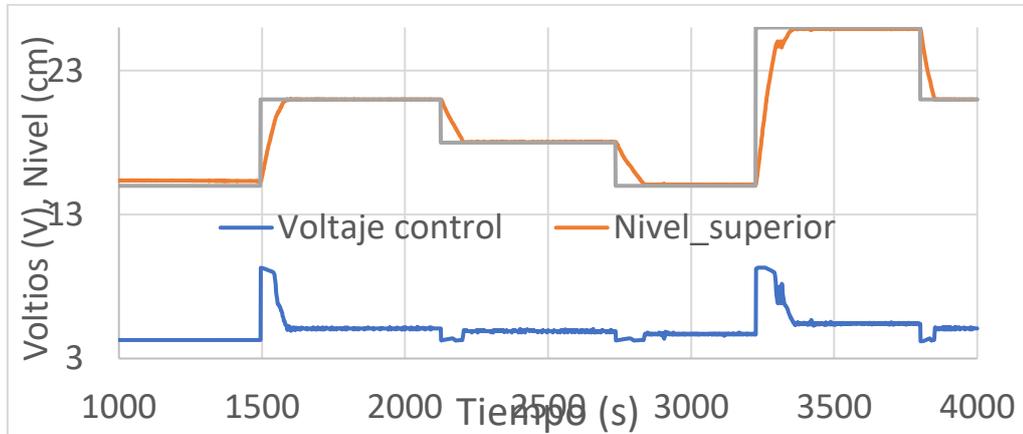
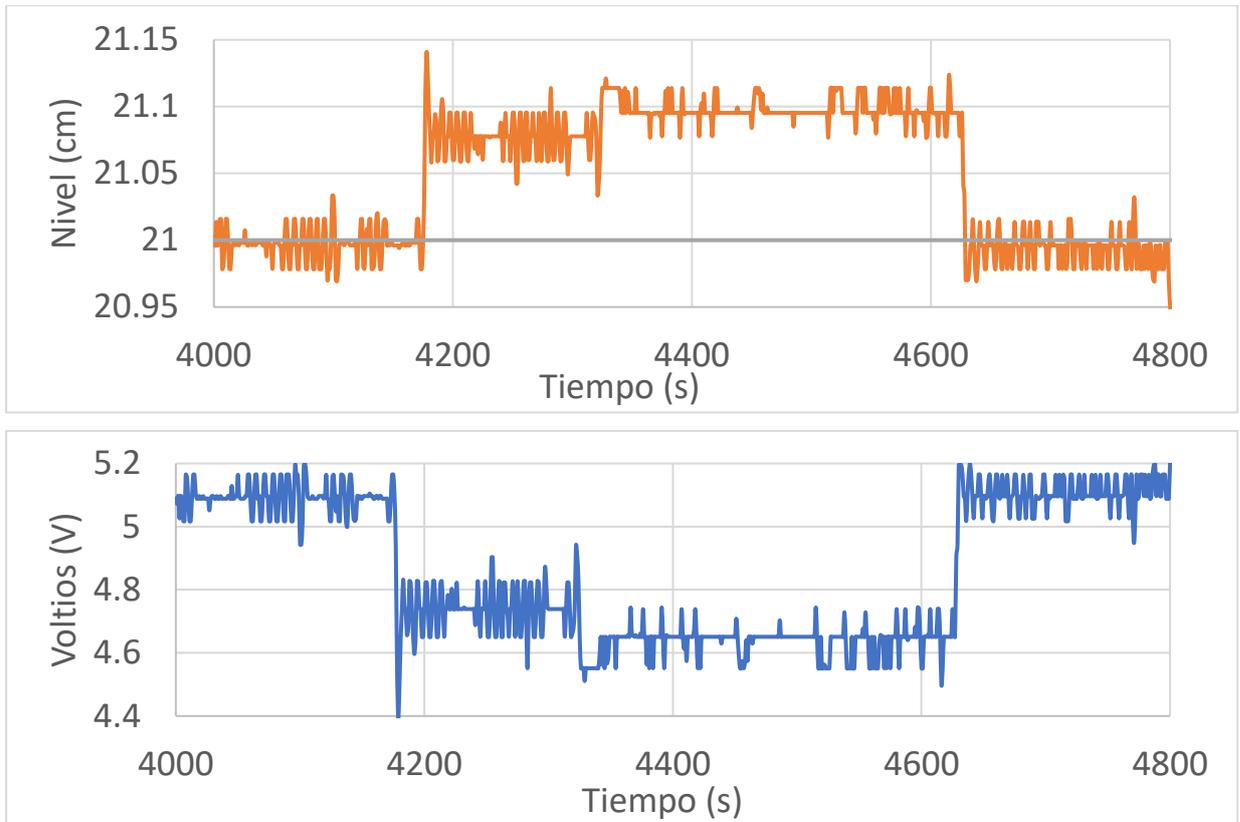


Figura 28. Resultados de cambios en Setpoint

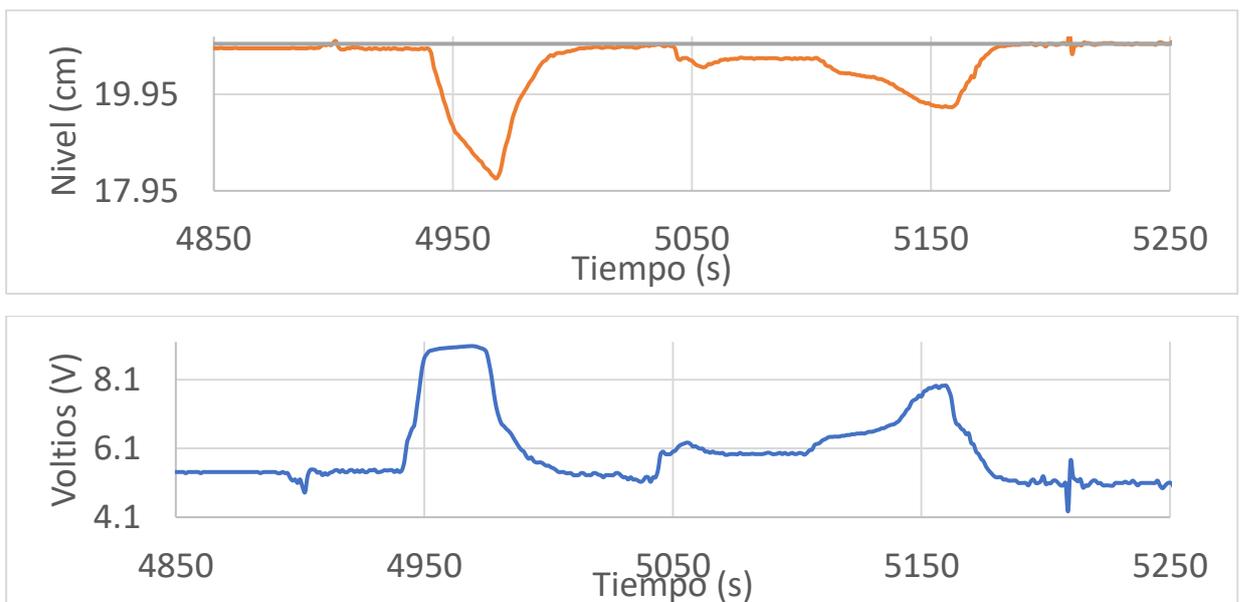
### 6.2. PRUEBAS CON PERTURBACIONES EXTERNAS AL SISTEMA

En el presente enunciado es incorporado al sistema una perturbación que consiste en abrir manualmente una válvula de desfogue ubicada en el tanque proceso. La apertura de la válvula (porcentaje de apertura) hará que el nivel baje a mayor velocidad; así, el controlador debe actuar para compensar el nivel.

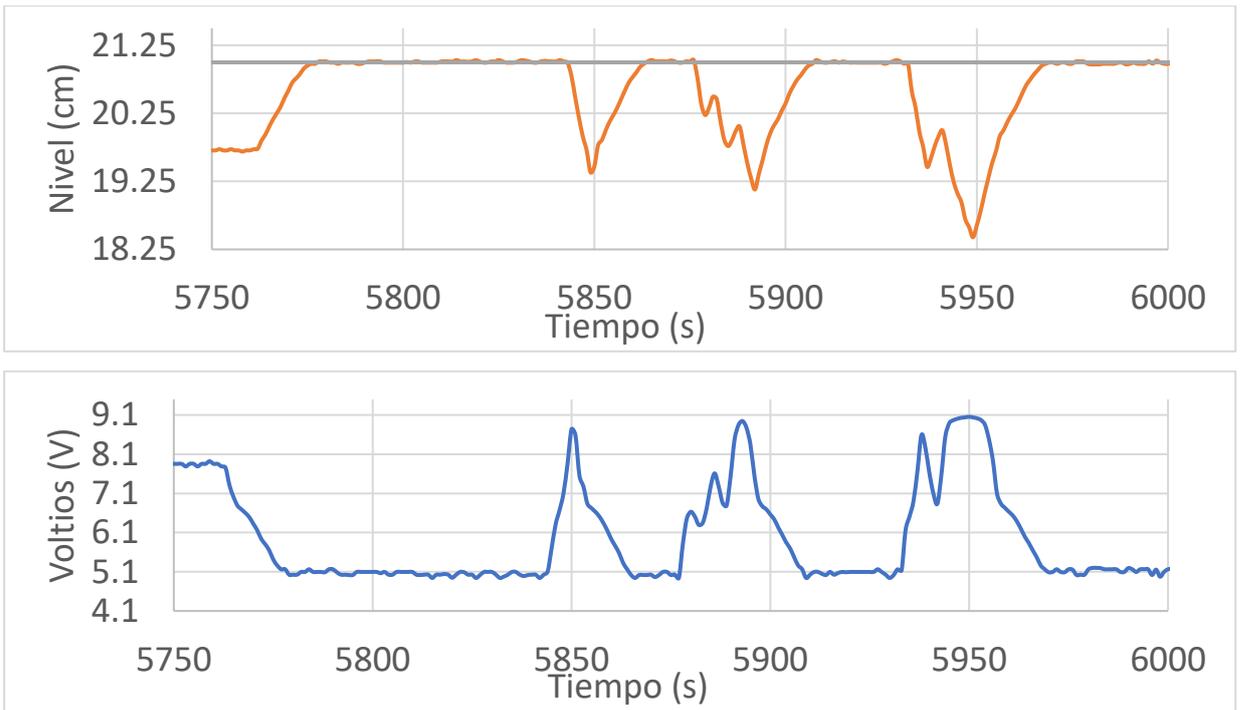
A continuación, son mostrados los resultados con cada porcentaje de apertura de la válvula de perturbación incorporado en el sistema.



**Figura 29.** Perturbación apertura de válvula manual al 75%



**Figura 30.** Perturbación apertura de válvula manual al 100%



**Figura 31.** Perturbación apertura de válvula manual al 100% (oscilaciones)

## CONCLUSIONES

Mediante el desarrollo de este proyecto de titulación, se pudo realizar la implementación, en un laboratorio, de un módulo didáctico para los estudiantes de la carrera Ingeniería Electrónica con mención en automatización industrial el cual permitirá que los estudiantes desarrollen prácticas propuestas por los grupos de proyectos o a su vez modificadas por el docente designado en cada materia que tenga relación directa con la Automatización Industrial.

Para la implementación de este proyecto, se diseñaron 10 prácticas y se desarrolló un documento que contiene los pasos guiados para poder elaborar cada una de ellas, estas guías y manuales serán usados para que los estudiantes puedan desarrollar cada una de las prácticas.

Aparte del módulo didáctico, este proyecto se enfoca en un sistema de control, para el cual se utilizó una planta desarrollada en un proyecto de graduación anterior, la cual contiene dos tanques de agua y uno de ellos es llenado mediante una bomba DC usando el agua del otro tanque y se controla que el nivel del tanque se mantenga a pesar de tener perturbaciones.

Dentro de las prácticas 9 y 10 se utilizó un control difuso mediante el sistema Fuzzy System Designer del software LabVIEW instalado en la PC y se comunica mediante OPC Server con el controlador PLC S7-1500 y así proyectar en un monitor los datos de operación y visualización de la planta.

## **RECOMENDACIONES**

Se recomienda implementar una válvula con control de porcentaje de apertura y cierre en la entrada de agua del tanque alto debido que a que la válvula actual es únicamente de dos estados (abierto/cerrado). Teniendo este tipo de válvula con la opción de controlar su porcentaje se podría realizar un mejor control para el llenado del tanque. .

Se puede usar el controlador programable como principal de control hacia otros dispositivos y hacer redes por ejemplo una red profibus maestro esclavo para otros equipos o controladores.

Para uso de un sistema SCADA en este módulo se recomienda establecer comunicaciones desde una PC hacia el controlador, a su vez este controlador puede estar conectado con otros controladores por algún protocolo de comunicación (profinet, profibus,opc, etc) y esto permitiría que todos los datos sean administrados desde la PC.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] A. Rivadeneira and G. Ampuño, "Diseño e implementación de un módulo didáctico para un proceso de corte transversal y transporte de papel Controlado y supervisado desde un sistema SCADA diseñado en LabVIEW", Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil, 2015.
- [2] S. Ponce and C. Perez, "Diseño de un prototipo inhibidor de banda 4 (1700/2100 MHz) a través de radio definido por LabVIEW," Universidad Politécnica Salesiana, 2019.
- [3] R. Benites, J. Moran, and G. García, "Diseño y construcción de un módulo didáctico para la comprobación de las leyes de movimiento rectilíneo uniformemente variado y plano inclinado.," Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [4] B. Orellana and G. Ampuño, "Diseño e implementación de un Sistema de control de dispositivos Maestro - Esclavo basados en la Red Industrial AS-i para el laboratorio de Automatización industrial.," Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [5] F. Coloma, A. Prieto, and V. Peñaranda, "Diseño e implementación de un banco de pruebas didáctico para entrenamiento con lazos de control de presión y flujo en la empresa Comei S.A.," Universidad Politécnica Salesiana, Guayaquil, 2017.
- [6] A. Guerrero, J. Verduga, and M. Miranda, "Diseño e implementación de un módulo para prácticas en autómatas programables y HMI, bajo la plataforma de Rockwell Automation, Para la empresa INELSERVI S.A.," Universidad politécnica Salesiana, 2015.
- [7] J. Tene, A. Bravo, and R. Perez, "Diseño e implementación de una maleta didáctica master-esclavo con servo motor industrial, goodrive35, autómata y pantalla hmi, utilizando protocolo de comunicación rs 485 modbus rtu para la empresa Simalec cía. Ltda," Universidad politécnica Salesiana, 2019.
- [8] J. Satán, "Diseño e implementación de un módulo de pruebas para la capacitación del departamento de ingeniería de la empresa Siselec s.a utilizando el protocolo de comunicación iec 61850 para la simulación de un sistema scada de una subestación eléctrica básica," Universidad Politécnica Salesiana, 2018.

- [9] A. Cascante, J. Orellana, and R. Cajo, "Modelado y control de posición de un cilindro de doble efecto utilizando PID y PID-difuso con matlab y LabVIEW," Universidad Politécnica Salesiana, 2017.
- [10] L. Constante, J. Calle, and B. Lima, "Diseño e implementación de controladores PID y Fuzzy para la planta de almacenamiento automático del sistema Festo MPS500 en la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil," Universidad Politécnica Salesiana, 2018.
- [11] C. Yela, R. Andrade, and B. Lima, "Diseño e implementación del sistema de supervisión y control para el llenado en los bucos de almacenamiento de salmuera de la compañía Promarisco S.A.," Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [12] S. Velarde, "Diseño e implementación de un sistema scada para monitoreo de flujo y temperatura del sistema de llenado aséptico de jugo de maracuyá en la agroindustrial fruta de la Pasión C.," Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [13] A. Tumbaco, R. Viña, and G. Ampuño, "Diseño e implementación de una planta didáctica industrial con aplicaciones para el control de nivel en un reservorio, para el laboratorio de automatización industrial," Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [14] Á. Tumbaco, R. Viña, and G. Ampuño, "Didactic Industrial Plant with Applications for Level Control in a Reservoir," in Segundo congreso salesiano de ciencia, tecnología e innovación para la sociedad, Editorial Universitaria Abya-Yala, Ed. Guayaquil, 2016, pp. 177–183.
- [15] J. Torres, S. Chanoluisa, and M. Miranda, "Diseño e implementación de un sistema de control en una planta de llenado de tanques a escala usando un Transmisor de nivel y algoritmo PID para pruebas en el laboratorio de automatización industrial.," Universidad Politécnica Salesiana, 2015.
- [16] J. Máximo and L. Cuellar, "Engineering Education (EDUNINE), 2019 IEEE World Conference on," in Work in Progress: Design and implementation of a didactic module with manual interface, PLC interface and PC serial interface for teaching process control techniques, 2019, pp. 1–4.
- [17] G. Ampuño, B. Orellana, A. Pérez, H. Villamar, G. Salazar, and J. Cobeña, "Industrial Training Module As-Interface: a Tool for Education," in TERCER CONGRESO INTERNACIONAL DE CIENCIA, TECNOLOGÍA E

INNOVACIÓN PARA LA SOCIEDAD. MEMORIA ACADÉMICA, Guayaquil: Editorial Universitaria Abya-Yala, 2017, pp. 123–137.

[18] SIEMENS, “Industrial communication,” 2020. [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication.html>.

[19] SIEMENS, “ProfiNet,” 2020. [Online]. Available: <https://new.siemens.com/global/en/products/automation/industrial-communication/profinet.html>.

[20] SIEMENS, “S7-1500 CPUs,” 2020. [Online]. Available: <https://new.siemens.com/nl/nl/products/automation/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500/cpus.html>.

[21] S. Chuquin, E. Pachacama, and C. Pillajo, “Implementation of a Fuzzy speed control through a wireless network system (WNCS),” in 5to. Congreso Internacional de Ciencia, Tecnología e Innovación para la Sociedad, 2019, pp. 76–86.

[22] G. Ampuño, W. Agila, and H. Cevallos, “Implementación y análisis de rendimiento de un control industrial de nivel para tanques con fluidos, basado en lógica difusa,” MASKANA, I+D+ingeniería 2014 Implementación, vol. 5, no. 1390–6143, pp. 27–36, 2015.

[23] Siemens, “Sistema de automatización S7-1500”, Alemania, 2013.

[24] Siemens, “Paneles de operador Basic Panels 2nd Generación”, Alemania, 2014.

[25] ABB, “Motor Eléctrico Trifásico”, Suiza, 2008.

[26] Coparoman, “Diagramas de Circuitos Eléctricos: Paro de Emergencia”, 2015

**ANEXOS:**  
**SOLUCIONES DE LAS PRÁCTICAS**

**ANEXO 1**

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA #1**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**DOCENTE**

**ING. CARLOS PÉREZ**

**TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS**

**TEMA: “Declaración de variables de entrada y salida para un control on/off de salidas digitales utilizando set/reset.”**

## A. OBJETIVOS

### Objetivo General:

Conocer el funcionamiento de un control on/off mediante variables de tipo booleanas que están siendo utilizadas como entradas y salidas.

### Objetivo Específico:

Realizar la programación utilizando el software de programación TIA Portal.

## B. MARCO TEÓRICO

Los procesos industriales requieren de máquinas y de equipos que manejen algoritmos generados en controladores lógicos programables (PLC's), que tienen la ventaja de poder ser modificados al existir nuevos requerimientos de los procesos, de forma fácil y rápida. Los algoritmos de control aseguran la confiabilidad del proceso al incluir en su programación todas las posibilidades de riesgo para el operador y la planta. En la figura 1.1 se aprecia un PLC de la Marca Siemens S7 - 1500 CPU1516.



Figura 1.1 Autómata programable marca SIEMENS

## C. MARCO PROCEDIMENTAL

1. Abrir el acceso directo del software TIA PORTAL V.15.1
2. Una vez abierto el software, dentro de la pantalla de inicio dar clic en "Crear Proyecto" aquí se deberá llenar los campos de Nombre de proyecto, ruta donde se desea guardar el proyecto, autor y comentario.

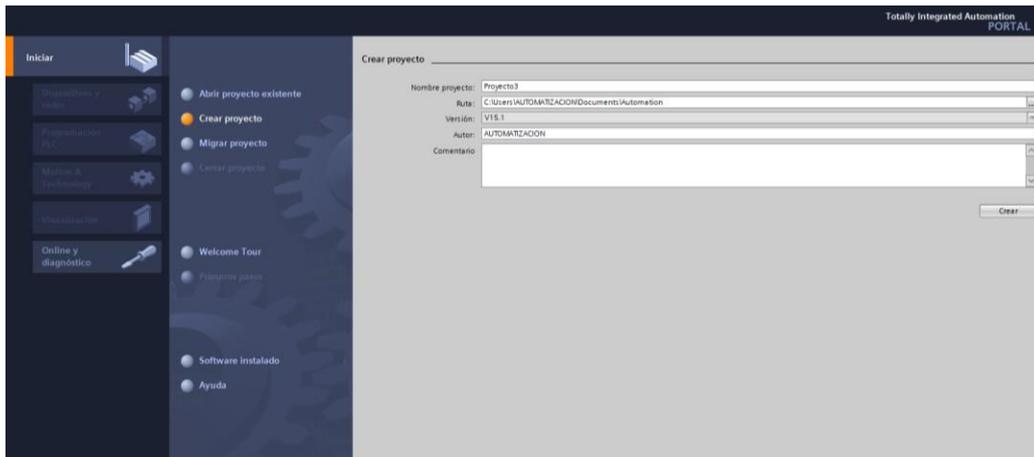


Figura 1.2 Pantalla de Inicio TIA Portal V15.1

3. Dar clic en el botón “Crear”, ubicado en la parte inferior de los campos anteriormente indicados.

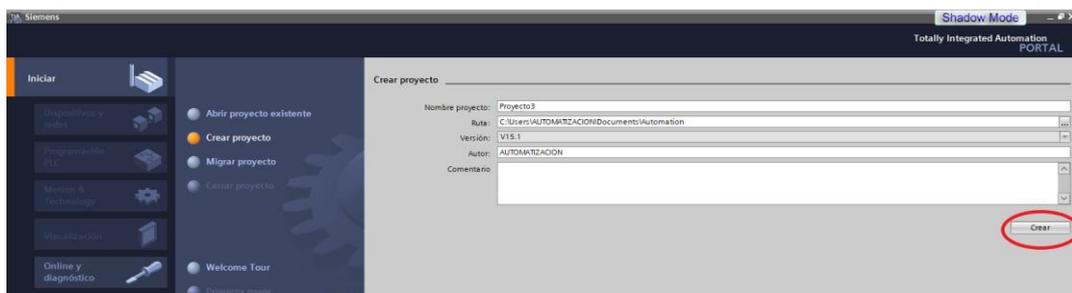


Figura 1.3 Ventana para seleccionar la opción crear proyecto.

4. Luego de dar un clic en la opción “Crear”, aparecerá la Vista Portal, la cual selecciona por defecto Primeros Pasos. Dar clic en la pestaña con el nombre “Configurar un dispositivo”.

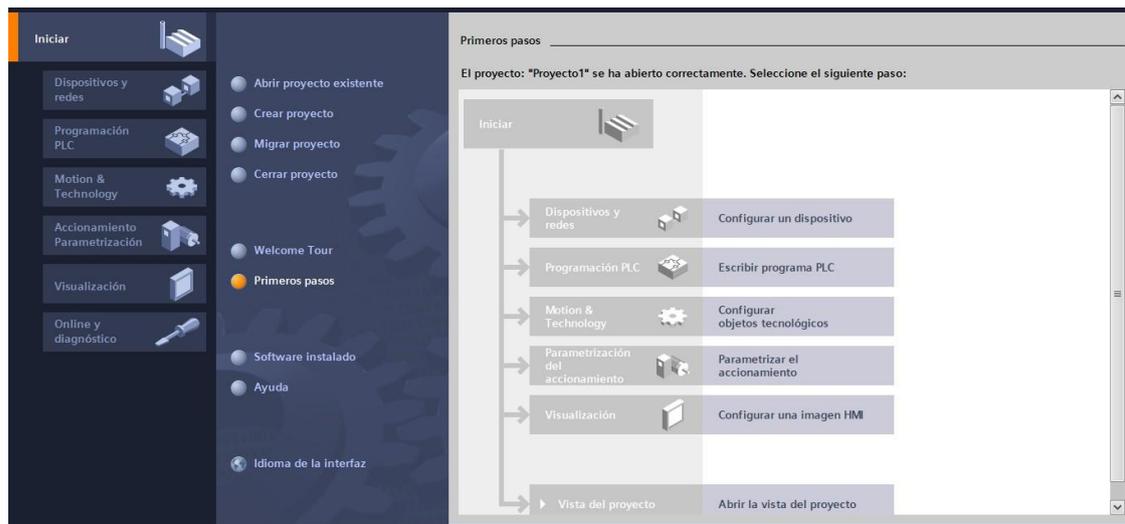


Figura 1.4 Pantalla de Primeros pasos.

5. En la figura 1.5 se muestra la ventana “Agregar dispositivo” donde seguiremos los pasos:

- Seleccionar el controlador deseado. En este caso clic en PLC > SIMATIC S7-1500 > CPU > CPU 1516-3PN/DP. Referencia 6ES7 516- 3AN01-0AB0. Dentro de la opción versión en el lado derecho de la pantalla seleccionar “V2.6”.
- Clic en agregar.
- Una vez agregado un dispositivo aparecerá en la pantalla el nuevo equipo agregado.

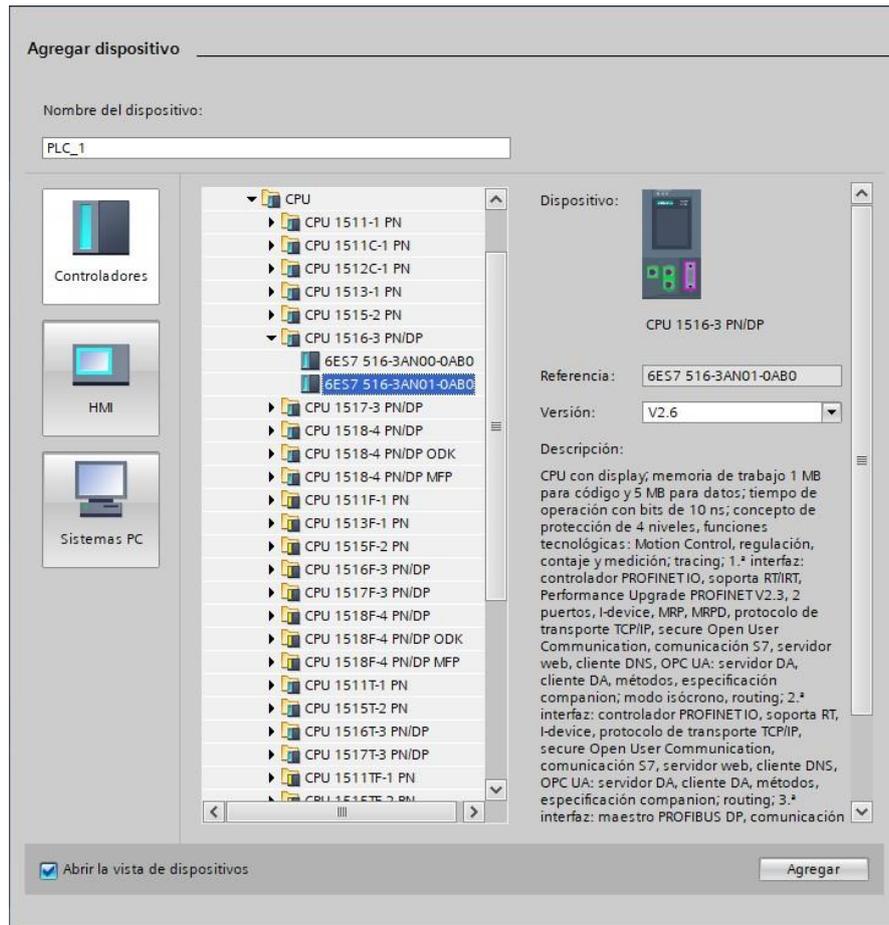


Figura 1.5 Agregar nuevo dispositivo

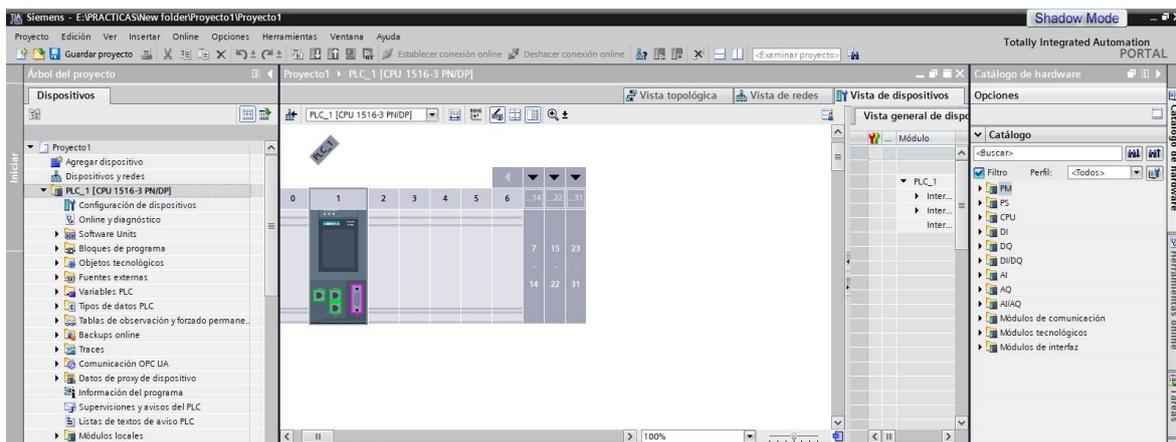


Figura 1.6 Pantalla del proyecto creado.

6. En la parte derecha de la pantalla en “Catálogo de Hardware” se procede a seleccionar los módulos periféricos que se utilizarán con el CPU, que en este caso son los siguientes:

- Entradas Digitales: DI > DI 32x24VDC HF > 6ES7 521-1BL00-0AB0
- Salidas Digitales: DQ > DQ 32x24VDC/0.5A HF > 6ES7 522-1BL01- 0AB0
- Entradas Analógicas: AI > AI 8xU/I/RTD/TC ST > 6ES7 531-7KF00- 0AB0
- Salidas Analógicas: AQ > AQ 4xU/I ST > 6ES7 532-5HD00-0AB0

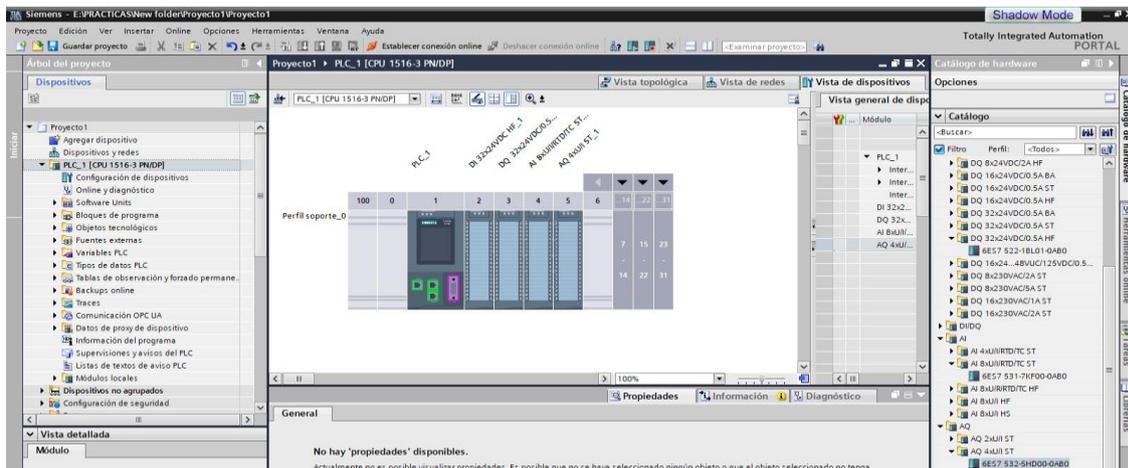


Figura 1.7 CPU con módulos periféricos.

7. Vamos a programar en el segmento 1, nos dirigimos al árbol de proyecto luego dar clic en la pestaña de “PLC\_1”, “Bloques de programa” y doble clic en “Main [OB1]”

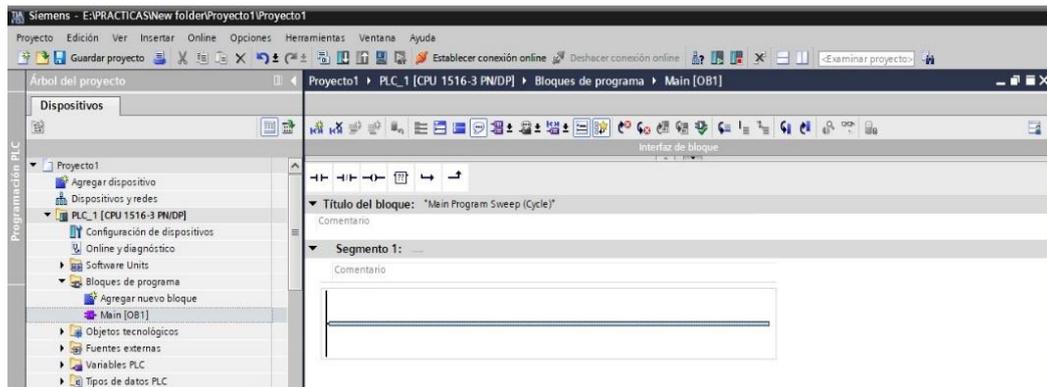


Figura 1.8 Programación PLC\_1.

8. Una vez que se han declarado las variables locales, se puede empezar con la programación. Para una mejor visibilidad, la programación se realiza en segmentos. Haciendo clic en el símbolo "Insertar segmento" se puede agregar un nuevo

segmento. Cada segmento, al igual que el bloque, debe estar registrado al menos en el encabezado. Si se necesita un texto más largo para la descripción, se puede utilizar el campo "Comment (Comentario)".

Para crear nuestra solución necesitamos Bobinas "S" y "R" para activar y desactivar la salida. Esta se encuentra en "Instructions (Instrucciones)" en la carpeta "Bit logic operations (Operaciones lógicas con bits)". Si desplaza el cursor hasta un objeto, como p. ej. la S, obtendrá información detallada sobre dicho objeto. (→ Instructions (Instrucciones) → Bit logic operations (Operaciones lógicas con bits) → S)

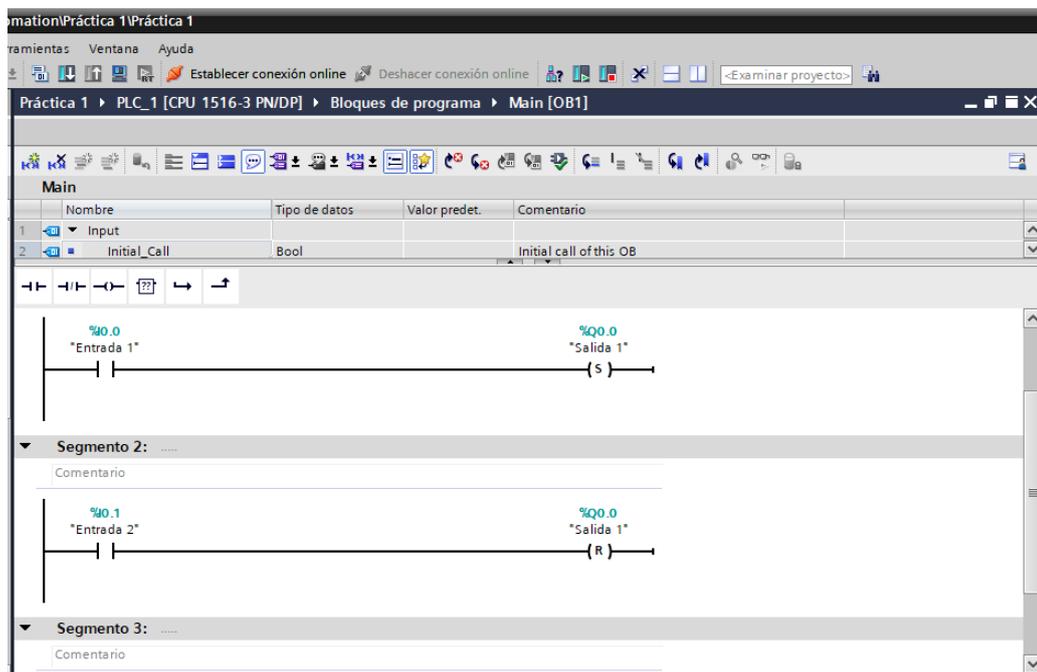


Figura 1.9 Configuración segmento 1 del PLC.

9. Como en la programación moderna no se programa con direcciones absolutas, sino con variables, aquí deben determinarse las variables PLC globales. Estas variables PLC globales son nombres descriptivos con comentarios para cada entrada y salida que se utilice en el programa. Más adelante se puede acceder a las variables PLC globales a través de este nombre durante la programación, estas variables globales se pueden utilizar en todos los bloques del programa.

Para ello, seleccione en la navegación del proyecto "controller\_press (controlador prensa) [CPU1516-3 PN/DN]" y, a continuación, "PLC tags (Variables PLC)". Abra la "Default tag table (Tabla de variables estándar)" haciendo doble clic e introduzca los

nombres de las entradas y salidas, tal y como se indica abajo. (→ controller\_press (controlador prensa) [CPU1516-3 PN/DN] → PLC tags (Variables PLC) → Default tag table (Tabla de variables estándar)).

10. Colocamos nombres propios a cada variable dando doble clic en la variable a cambiar el nombre:

- I0.0: “ENTRADA 1”
- I0.1: “ENTRADA 2”
- Q0.0: “SALIDA 1”

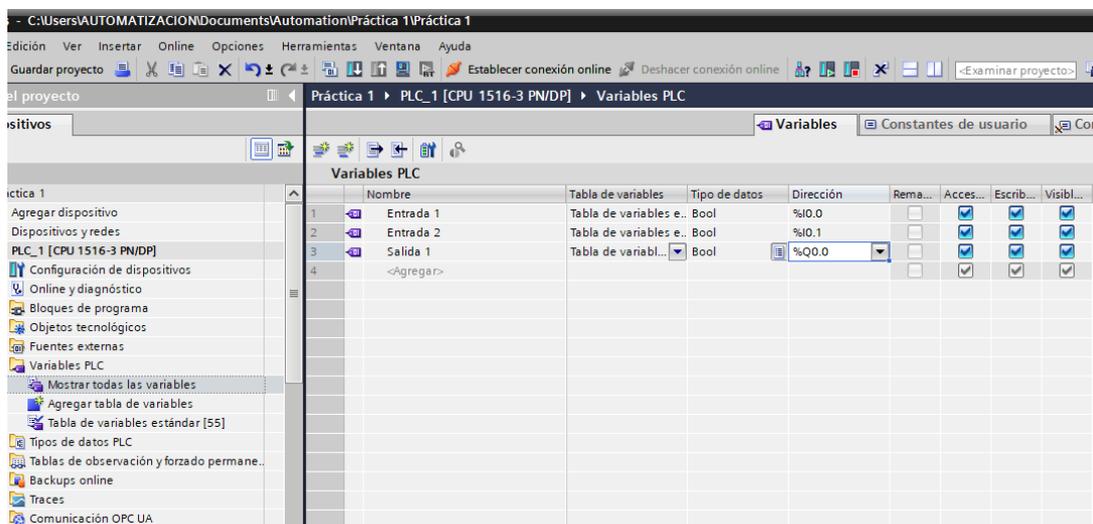


Figura 1.10 Variables del PLC

11. Para cargar todo el programa en la CPU, marque primero la carpeta "controller\_press (controlador prensa)" y haga clic en el símbolo Download to device (Cargar en dispositivo). (→ Controller press (Controlador prensa)).

En el siguiente cuadro de diálogo, seleccione "PN/IE" como tipo de la interfaz PG/PC y, a continuación, la tarjeta de red previamente configurada como interfaz PG/PC. Después de "Actualizar" los dispositivos accesibles, la CPU debería tener la dirección 192.168.0.1 y poder seleccionarse como dispositivo de destino. A continuación, haga clic en "LOAD".

(→ Tipo de interfaz PG/PC: PN/IE → Tipo de interfaz PG/PC: ..... → Actualizar "LOAD")

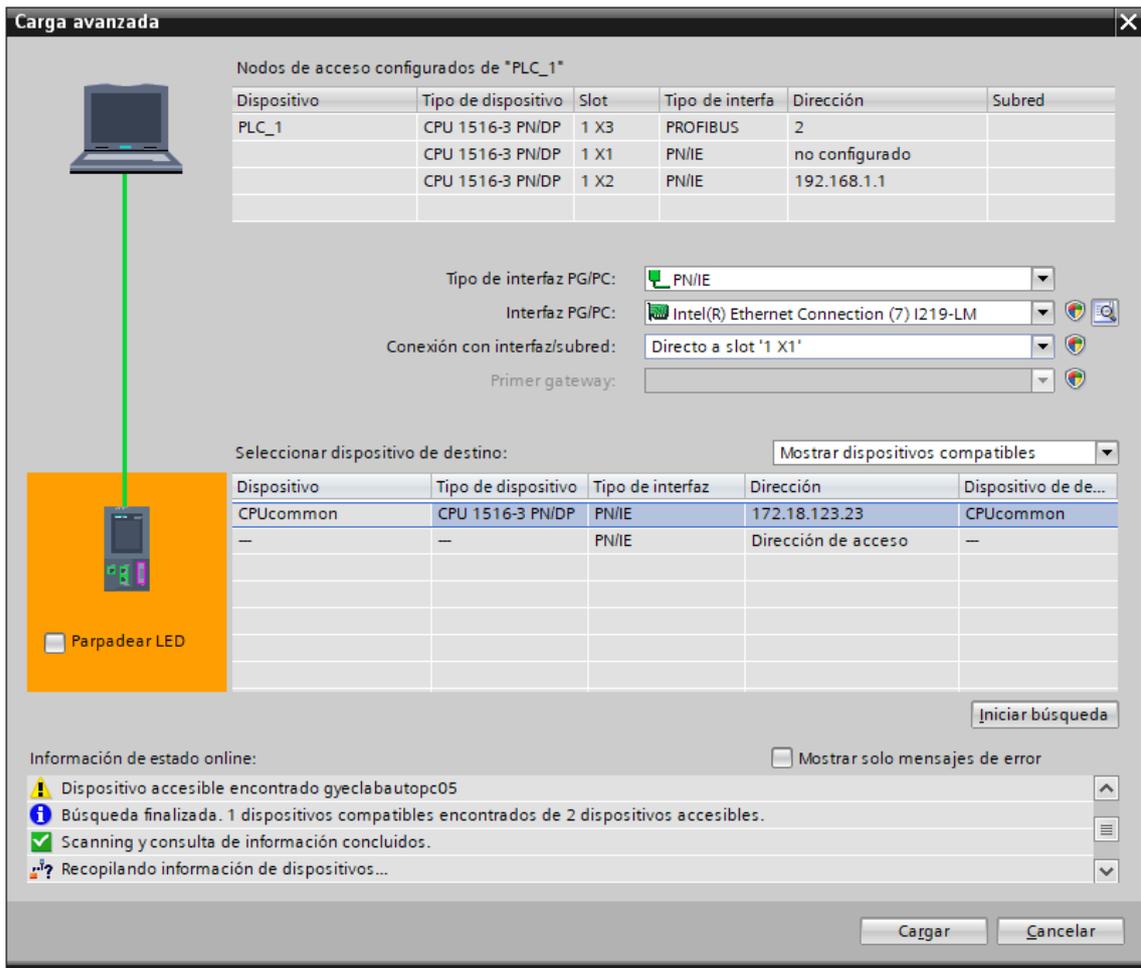


Figura 1.11 Estableciendo conexión con el controlador.

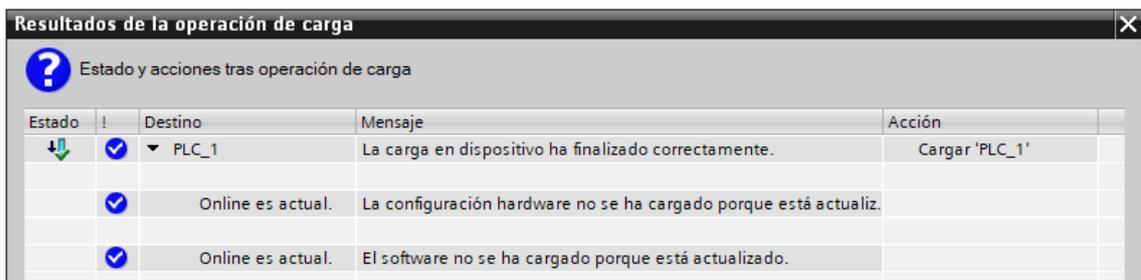
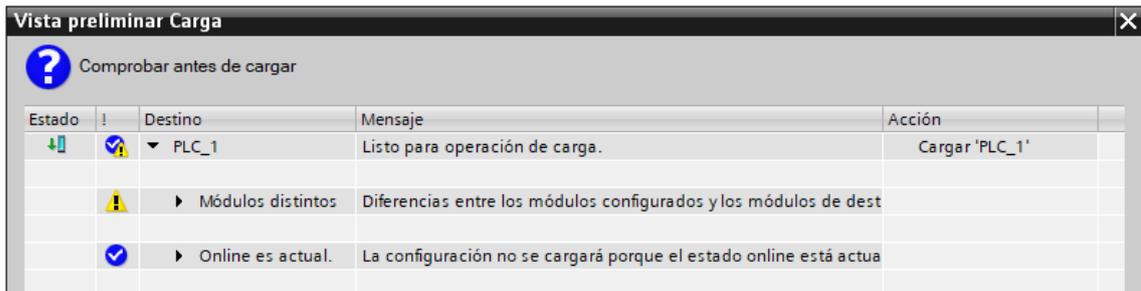


Figura 1.12 Carga de programación al controlador.

1. Inicie ahora la CPU haciendo clic en **Start CPU**

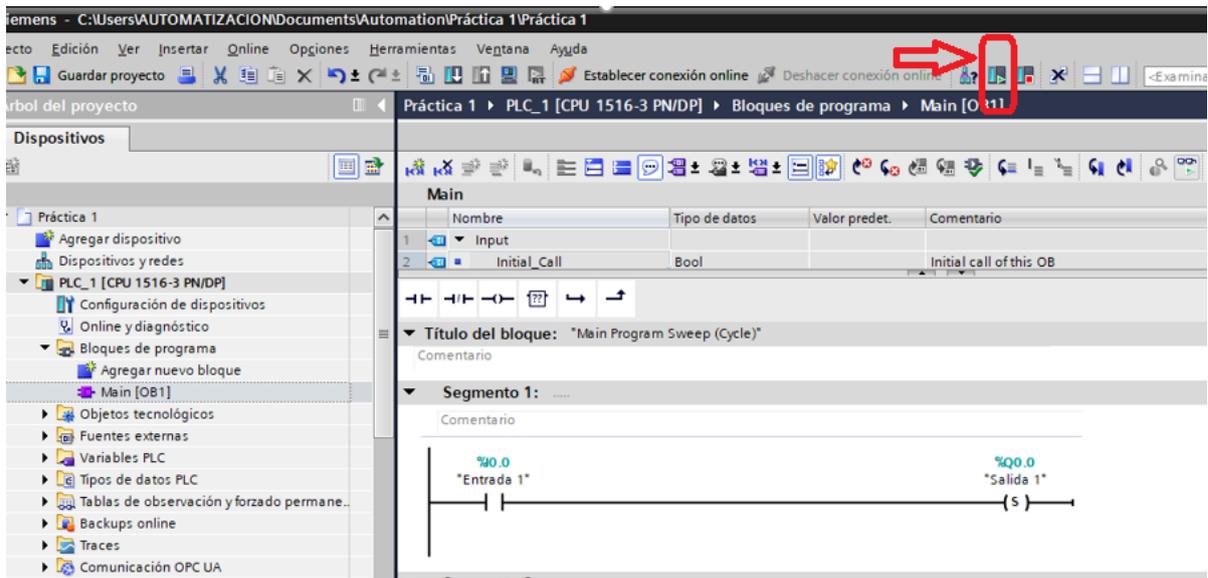


Figura 1.13 Start CPU

2. Haciendo clic con el ratón en el símbolo Activar/desactivar **observación**, puede visualizar el estado de las variables de entrada y de salida durante la comprobación del programa.

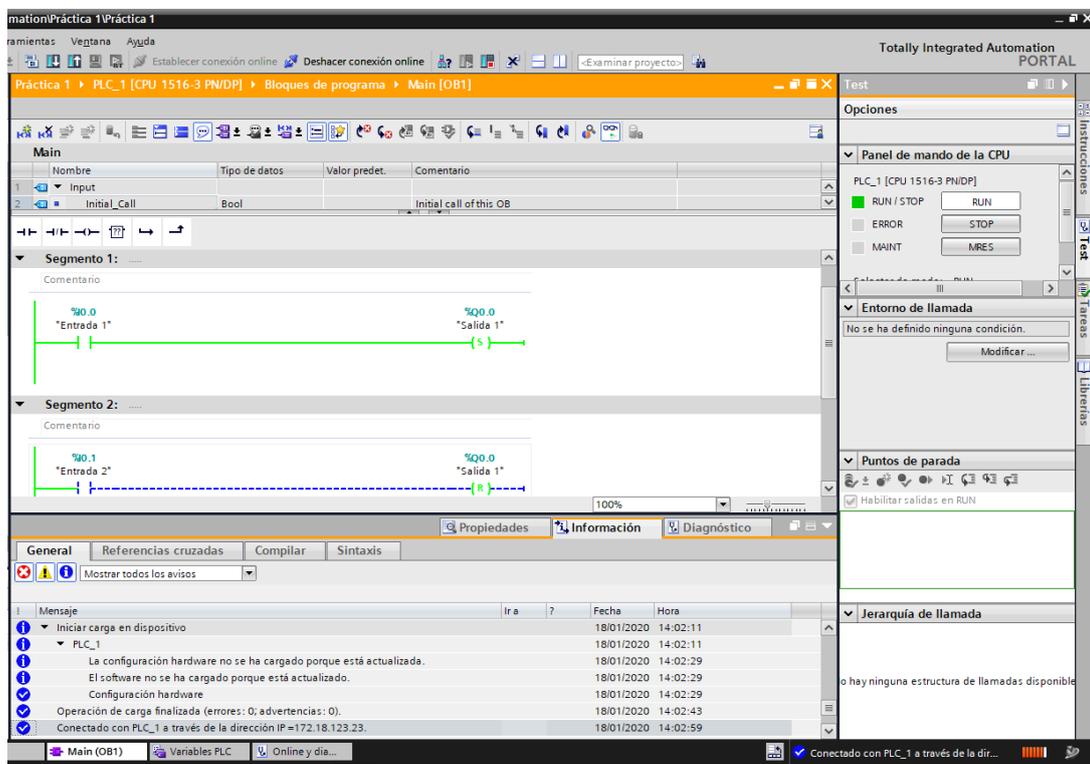


Figura 1.14 Observación en línea.

El PLC en modo RUN, cargada su respectiva programación detallada en el marco procedimental y se observa la conexión del PLC a la lámina de mando y señalización.

Al realizar un enclavamiento con el Pulsador S2 se enciende H2 en la lámina de mando y señalización y cuando se acciona el paro de emergencia se enciende H1 de la lámina de mando y señalización.

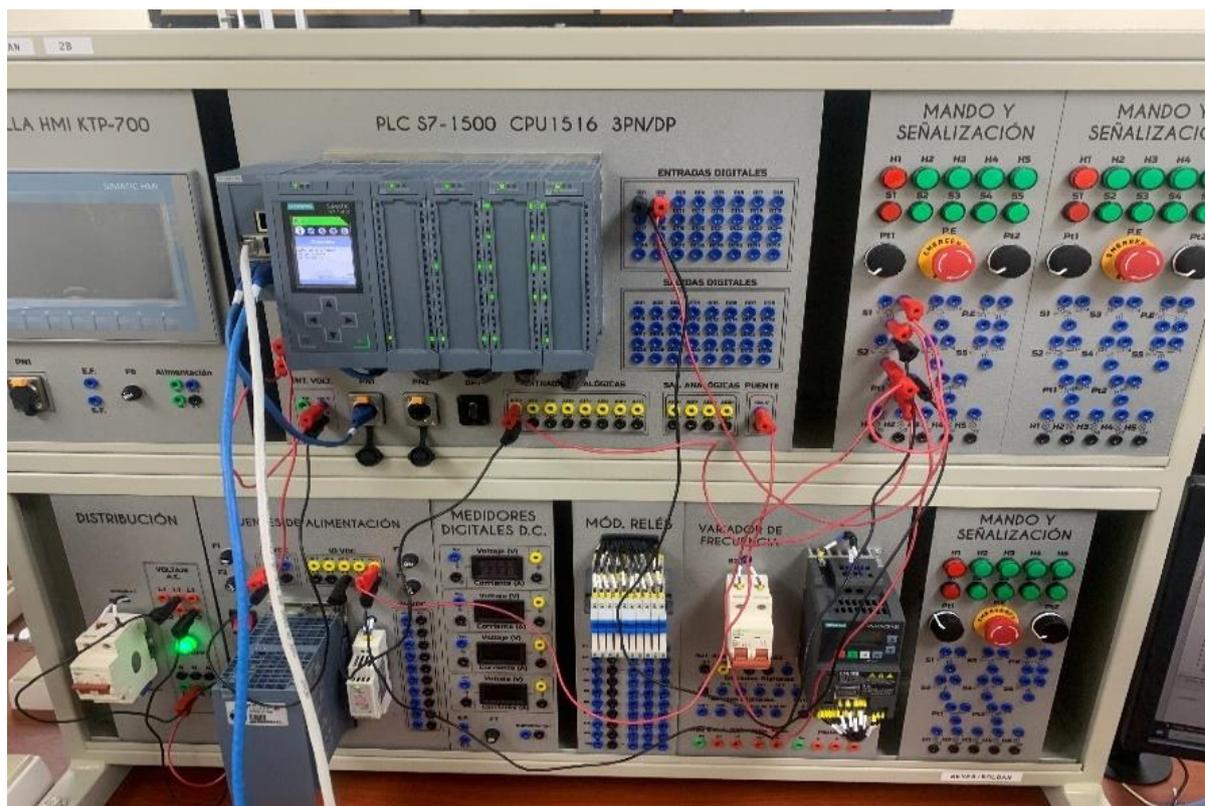


Figura 1.15 Conexiones en el tablero

#### D. RECURSOS UTILIZADOS

- Una computadora con software TIA Portal V15.1.
- Una lámina con PLC Siemens S7-1500.
- Una lámina de Distribución.
- Una lámina de Fuente de Alimentación.
- Una lámina de Mando y Señalización.

# E. DIAGRAMA DE CONEXIONES

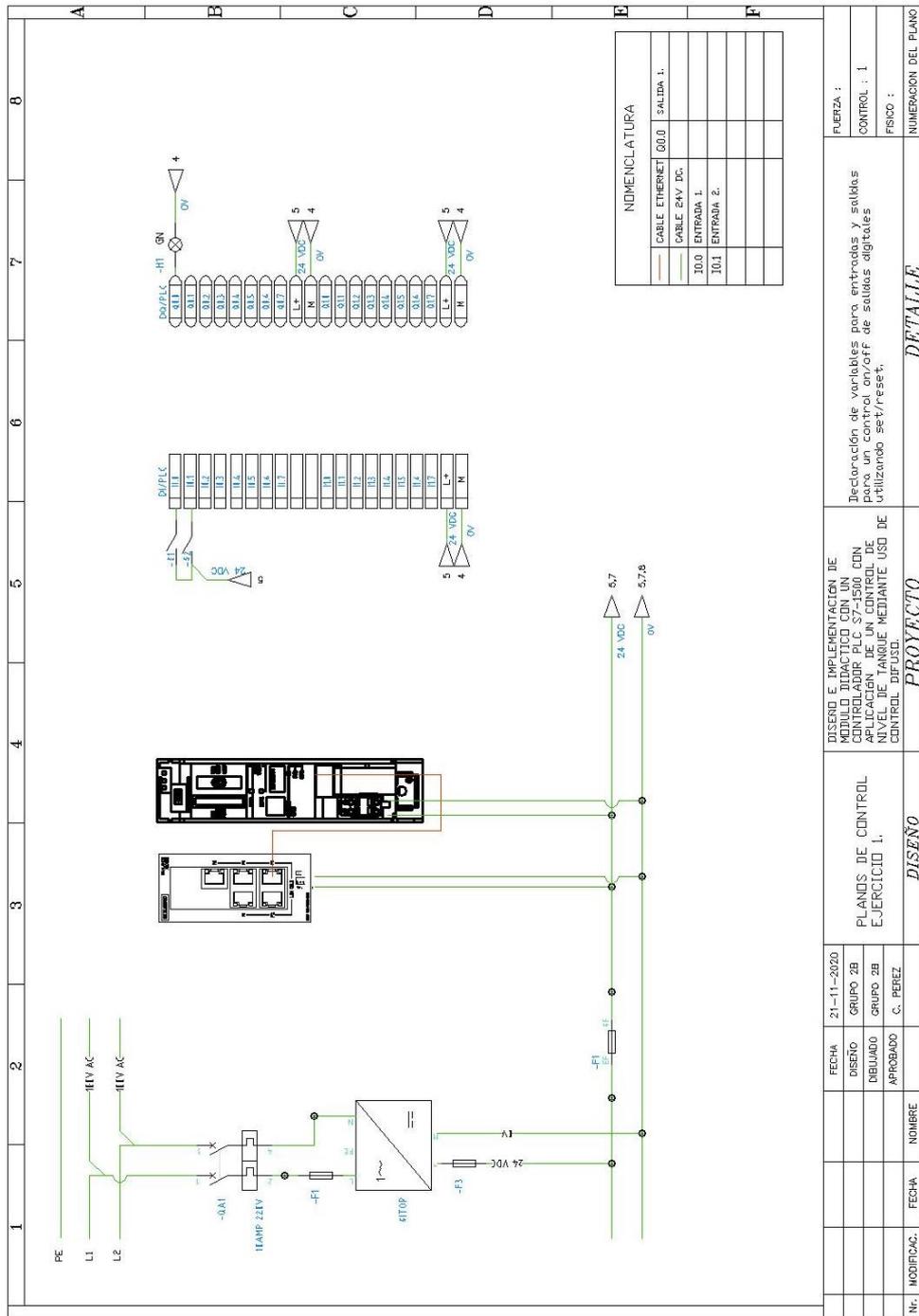


Figura 1.156 Diagrama de fuerza y control Práctica #1.

**ANEXO 2**

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA #2**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**DOCENTE**

**ING. CARLOS PÉREZ**

**TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS**

**TEMA: “Lecturas de entradas analógicas con funciones de normalizar y escalar.”**

## A. OBJETIVOS

### Objetivo General:

Conocer el funcionamiento de las variables de entradas analógicas y de los bloques de normalizar y escalar.

### Objetivo Específico:

Realizar la programación utilizando el software de programación TIA Portal.

## B. MARCO TEÓRICO

Las variables en procesos industriales son muy variadas, entre las más conocidas tenemos temperatura, presión, flujo, peso, distancia entre otras. Todos los procesos físicos mencionados son considerados como señales cuyos valores oscilan en el tiempo. Mediante equipos de medición eléctrica como termocuplas, RTDs, PT100, Flujómetros, galgas extensiométricas, es posible convertir las señales físicas en señales eléctricas que varían en el tiempo.

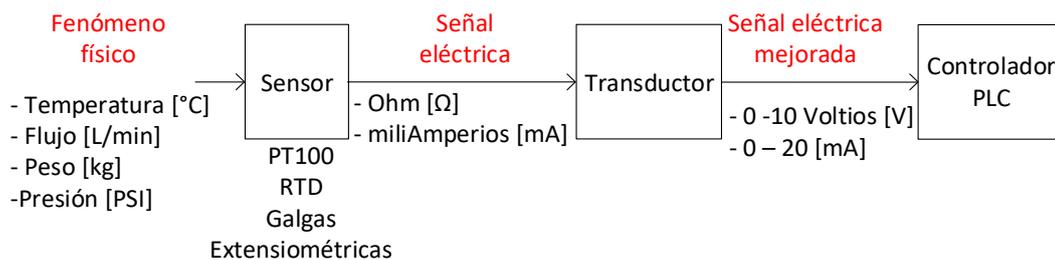


Figura 2.1 Conversión de las señales de un proceso industrial

## C. MARCO PROCEDIMENTAL

1. Abrir el acceso directo del software TIA PORTAL V.15.1
2. Una vez abierto el software, dentro de la pantalla de inicio dar clic en "Crear Proyecto" aquí se deberá llenar los campos de Nombre de proyecto, ruta donde se desea guardar el proyecto, autor y comentario.

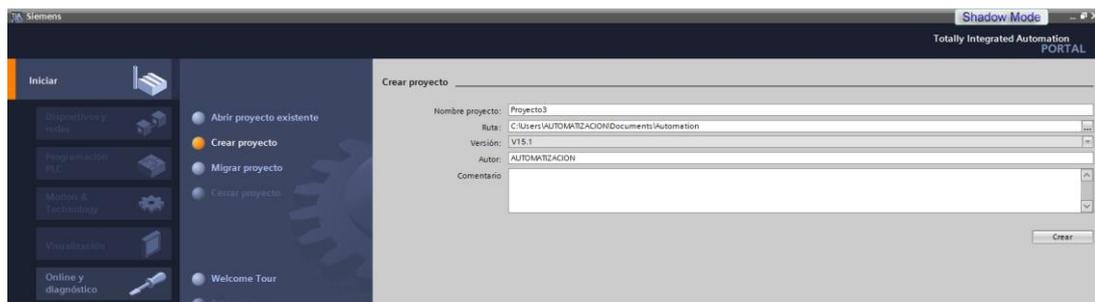


Figura 2.2 Pantalla de inicio TIA Portal V15.1

3. Dar clic en el botón “Crear”, ubicado en la parte inferior de los campos anteriormente indicados.

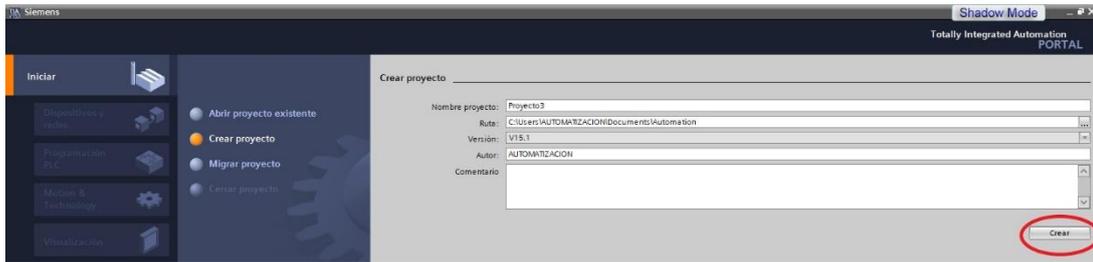


Figura 2.3 Ventana para seleccionar la creación del proyecto.

4. Luego de dar un clic en la opción “Crear”, aparecerá la Vista Portal, la cual selecciona por defecto Primeros Pasos. Dar clic en la pestaña con el nombre “Configurar un dispositivo”.



Figura 2.4 Pantalla de Primeros pasos.

5. “Agregar dispositivo” donde seguiremos los pasos:

- Seleccionar el controlador deseado. En este caso clic en PLC > SIMATIC S7-1500 > CPU > CPU 1516-3PN/DP. Referencia 6ES7 516- 3AN01-0AB0. Dentro de la opción versión en el lado derecho de la pantalla seleccionar “V2.6”.
- Clic en agregar.
- Una vez agregado un dispositivo aparecerá en la pantalla el nuevo equipo agregado.

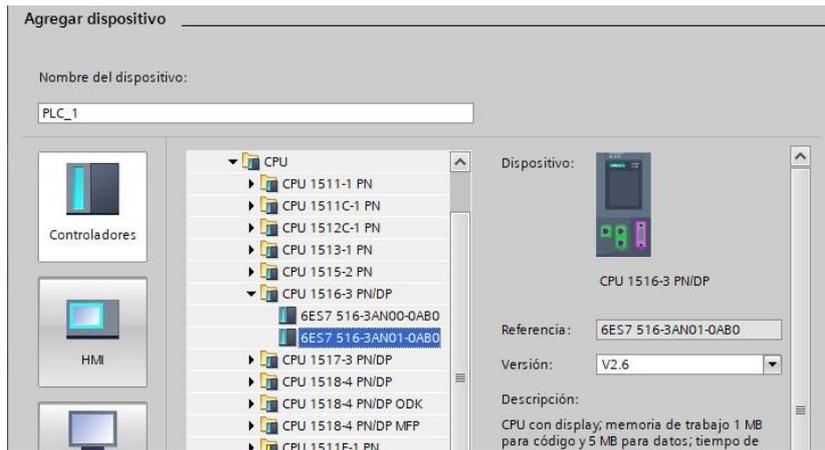


Figura 2.5 Agregar nuevo dispositivo

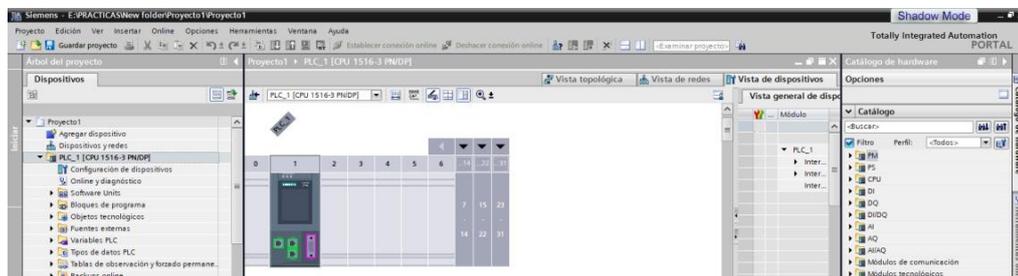


Figura 2.6 Pantalla del proyecto creado.

6. En la parte derecha de la pantalla en “Catálogo de Hardware” se procede a seleccionar los módulos periféricos que se utilizarán con el CPU, que en este caso son los siguientes:

- Entradas Digitales: DI > DI 32x24VDC HF > 6ES7 521-1BL00-0AB0
- Salidas Digitales: DQ > DQ 32x24VDC/0.5A HF > 6ES7 522-1BL01-0AB0
- Entradas Analógicas: AI > AI 8xU/I/RTD/TC ST > 6ES7 531-7KF00-0AB0
- Salidas Analógicas: AQ > AQ 4xU/I ST > 6ES7 532-5HD00-0AB0

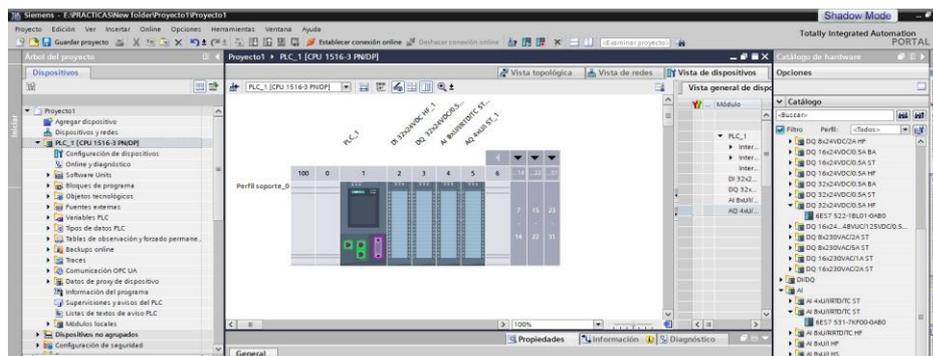


Figura 2.7 CPU con módulos periféricos.

7. Se procede a programar en el equipo para esto dirigirse al árbol del proyecto, dar clic en la pestaña de “PLC\_1”, “Bloques de programa” y doble clic en “Main [OB1]”.

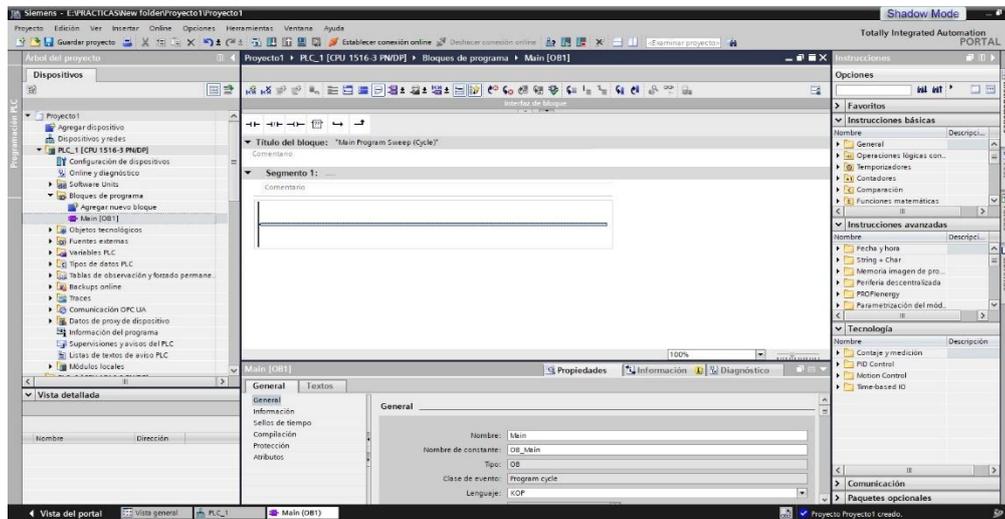


Figura 2.8 Programación PLC\_1.

8. En el segmento 1 se procede a agregar un bloque “NORM\_X” seguido un “SCALE\_X”. Para agregar estos elementos nos dirigimos a la tabla de Instrucciones > Instrucciones básicas > Conversión.

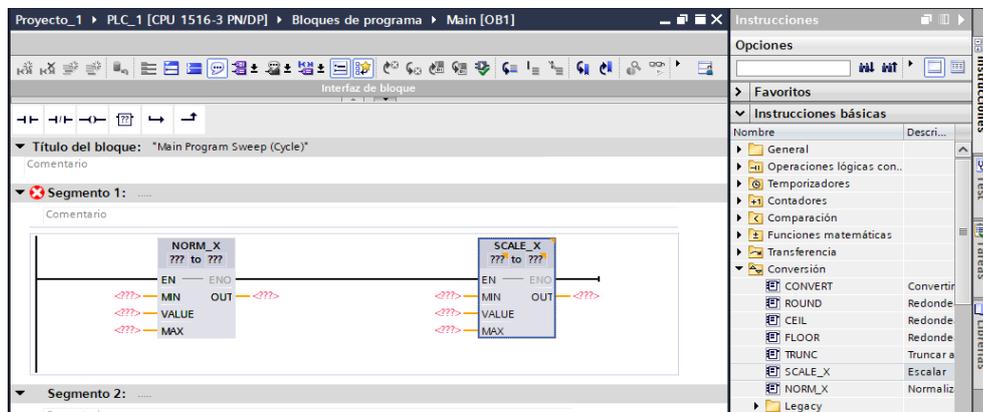


Figura 2.9 Adición de bloques de lectura de entradas analógicas.

9. Adicionamos una rama entre los dos bloques en el menú Instrucciones > Instrucciones básicas > General. Seguido adicionamos un segundo bloque “SCALE\_X”.

10. Configuramos los bloques NORM\_X y SCALE\_X de la siguiente manera:

- **NORM\_X**
- Dar clic en los símbolos “???” de lado izquierdo del bloque y seleccionar “Int” y

en los del lado derecho seleccionar “Real”.

- MIN: 0
- VALUE: “IW4” (o la variable disponible que desee dependiendo de las direcciones disponibles del módulo.
- MAX: 27648
- OUT: “MD40” (Dato de memoria que ayuda al escalamiento de la entrada)

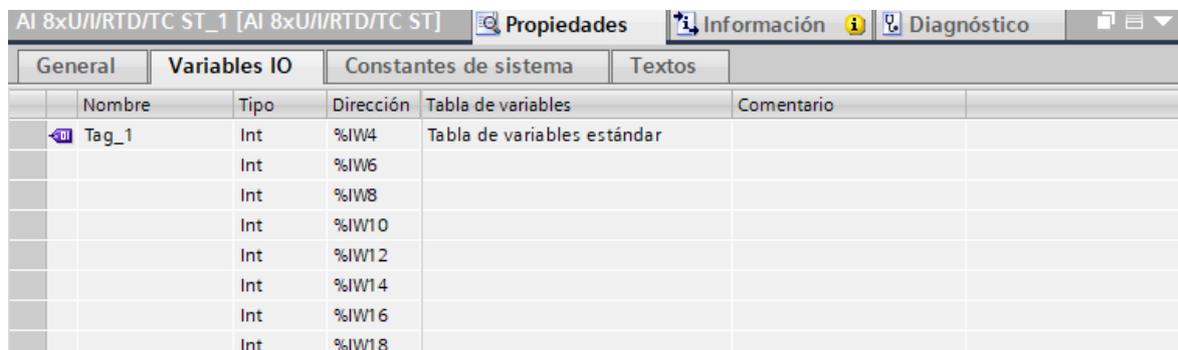
### SCALE\_X

- Dar clic en los símbolos “???” de lado izquierdo del bloque y seleccionar “Real” y en los del lado derecho seleccionar “Real”.
- MIN: 0
- VALUE: “MD40”
- MAX: 10
- OUT: “MD44”

11. En la figura 12 observamos la tabla de direcciones a la cual podemos ingresar de la siguiente manera: Árbol de proyecto > PLC\_1 > Variables PLC > Mostrar todas las variables. Luego cambiamos los nombres del tag de las variables que hemos colocado por:

- IW4: Entrada analógica 1
- MD40: Salida Normalizada
- MD44: Salida escalada

Estas variables nos brindan los datos necesarios para el funcionamiento de los bloques del programa, se aprecia a más detalle esos datos en la figura 13.



General	Variables IO	Constantes de sistema	Textos	
Nombre	Tipo	Dirección	Tabla de variables	Comentario
Tag_1	Int	%IW4	Tabla de variables estándar	
	Int	%IW6		
	Int	%IW8		
	Int	%IW10		
	Int	%IW12		
	Int	%IW14		
	Int	%IW16		
	Int	%IW18		

Figura 2.10 Tabla de direcciones de entradas analógicas.

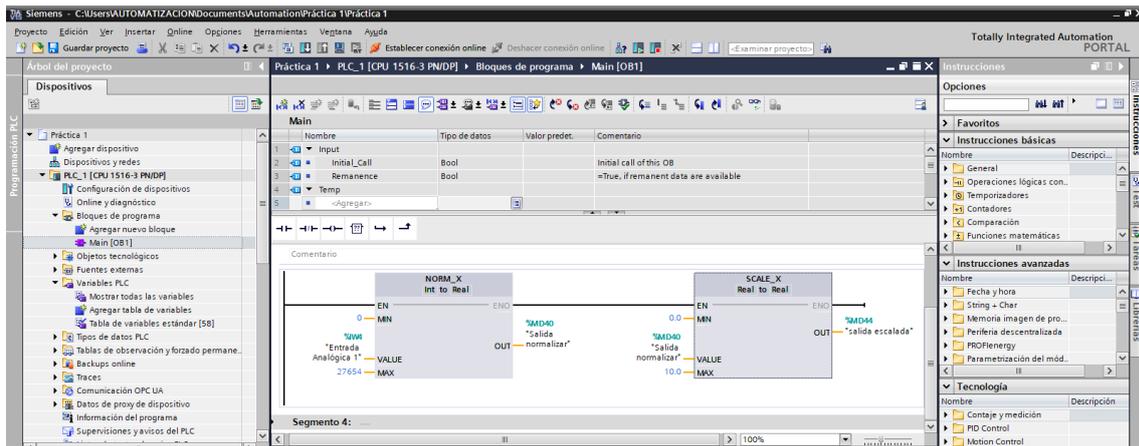


Figura 2.11 Configuración de bloques de programa.

	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibil...	Supervis...	Comentario
1	Entrada 1	Tabla de variables e...	Bool	%I0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	Entrada 2	Tabla de variables e...	Bool	%I0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	Salida 1	Tabla de variables e...	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	Entrada Analógica 1	Tabla de variables e...	Int	%IW4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	Salida normalizar	Tabla de variables e...	DWord	%MD40		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	salida escalada	Tabla de variables e...	DWord	%MD44		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	<Agregar>					<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figura 2.12 Tabla de variables del PLC.

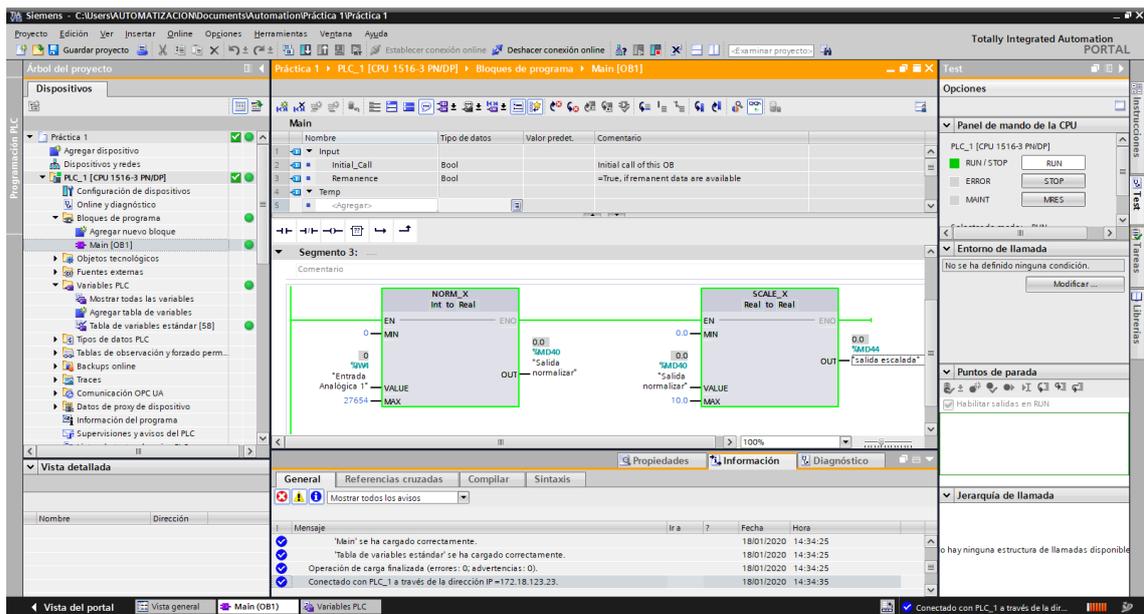


Figura 2.13 Visualización de las señales analógicas que vienen del módulo.

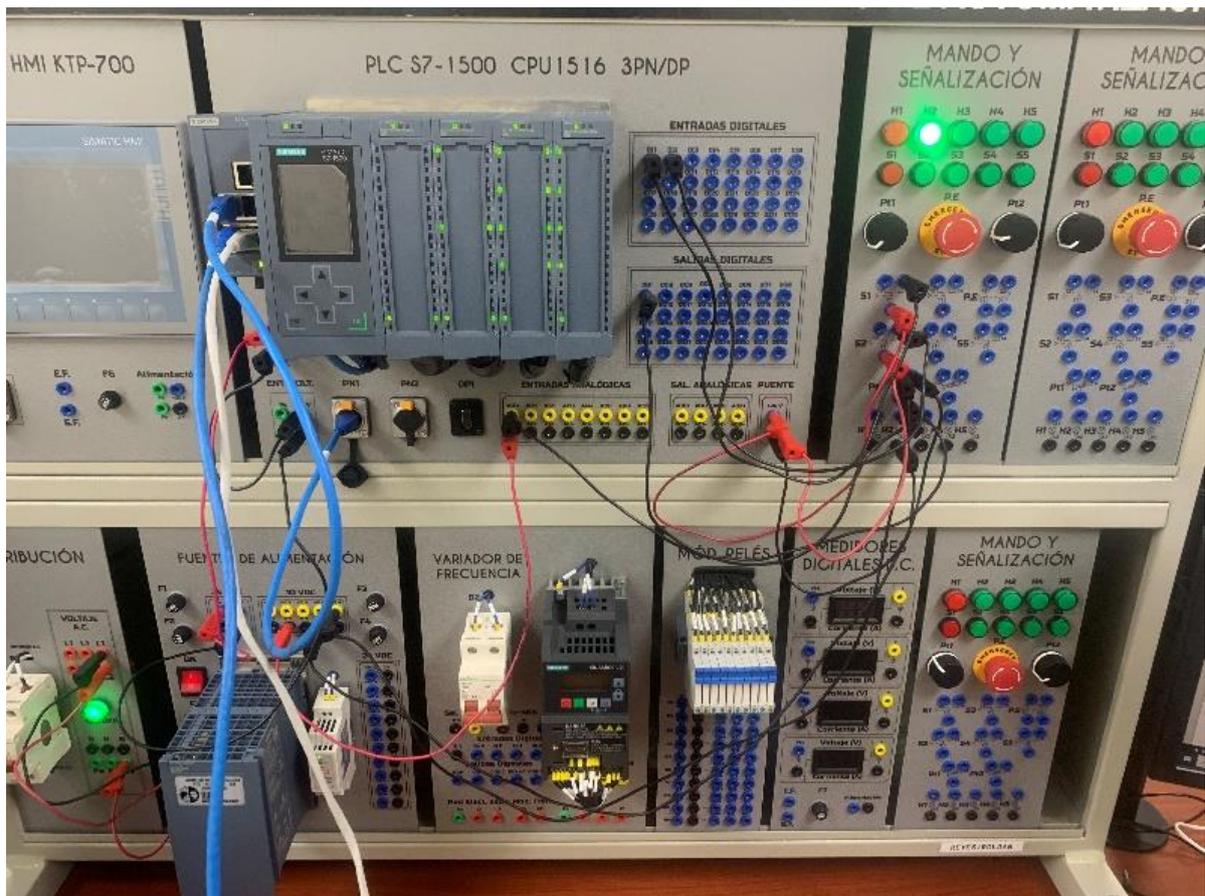


Figura 2.14 Conexiones en el tablero

#### D. RECURSOS UTILIZADOS

- Una computadora con software TIA Portal V15.1.
- Una lámina con PLC Siemens S7-1500.
- Una lámina de Distribución.
- Una lámina de Fuente de Alimentación.

# E. DIAGRAMA DE CONEXIONES

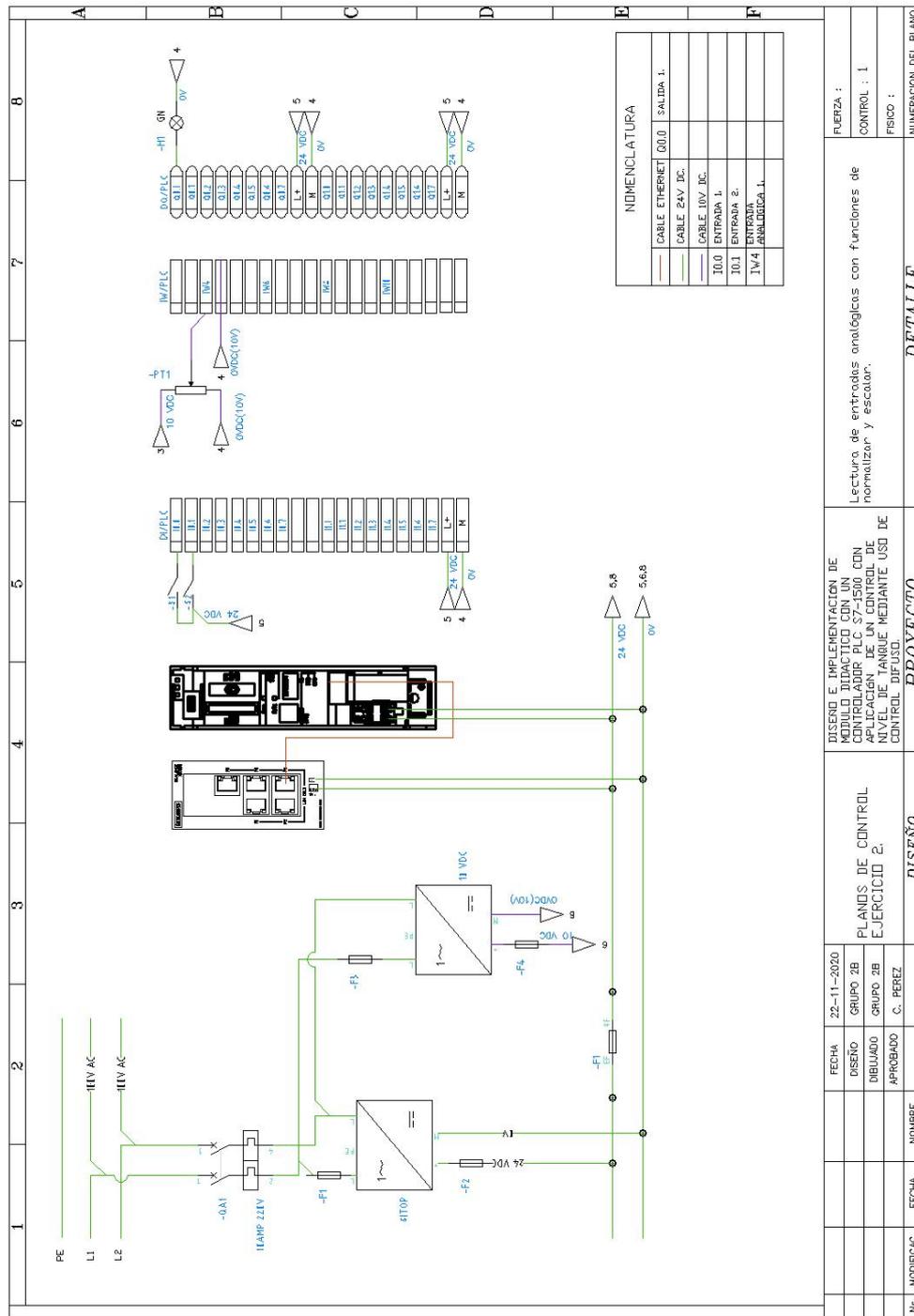


Figura 2.15 Diagrama de fuerza y control Práctica #2.

FECHA	22-11-2020	DISEÑO E IMPLEMENTACION DE MODULO DIDACTICO CON UN CONTROLADOR PLC S7-1500 CON MÓDULOS DE ENTRADA Y SALIDA DE ANALOGIA Y MANEJO MEDIANTE USO DE CONTROL DIFUSO.	LECTURA DE ENTORROS ANALOGICOS CON FUNCIONES DE NORMALIZAR Y ESCALAR.	FUERZA : CONTROL : 1 FISICO :
DISEÑO	GRUPO 2B	PLANDS DE CONTROL EJERCICIO 2.	PROYECTO	NUMERACION DEL PLANO
DIBUJADO	GRUPO 2B			
APROBADO	C. PEREZ	DISEÑO		
FECHA		NOMBRE		
MODIFICAC.				

**ANEXO 3**

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA #3**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**DOCENTE**

**ING. CARLOS PÉREZ**

**TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS**

**TEMA: “Control de salidas mediante el uso de contadores y comparadores.”**

## **A. OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Realizar un control básico con comparadores y contadores.

### **Objetivo Específico:**

Realizar la programación utilizando el software de programación TIA Portal.

## **B. MARCO TEÓRICO**

En la industria, los procesos por lotes son los más utilizados para llevar el control de la materia prima. Implementar dispositivos que permita programar los lotes a producir de forma sencilla (Batch). Los operadores del proceso pueden colocar la cantidad específica de lotes o ejecutar lotes repetidos. Durante el lote, se muestra el valor preestablecido, así como la cantidad por lotes o restante en las interfases hombre máquina.

El bloque de contador es una función de cómputo que permite efectuar la cuenta de acontecimientos o de impulsos. La cuenta se puede programar en forma progresiva (ascendente) o regresiva (descendente). Los contadores que más se emplean en un PLC son: CTU: contador ascendente, CTD: Contador Descendente y CTUD: Contador ascendente – descendente

## C. MARCO PROCEDIMENTAL

1. Abrir el acceso directo del software TIA PORTAL V.15.1
2. Una vez abierto el software, dentro de la pantalla de inicio dar clic en “Crear Proyecto” aquí se deberá llenar los campos de Nombre de proyecto, ruta donde se desea guardar el proyecto, autor y comentario.

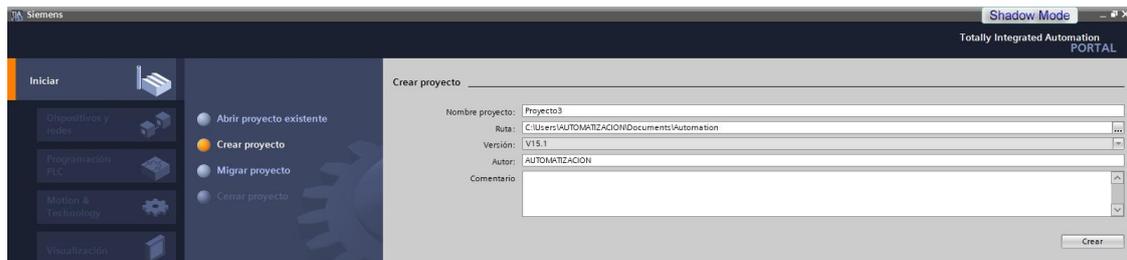


Figura 3.1 Pantalla de Inicio TIA Portal V15.1.

3. Dar clic en el botón “Crear”, ubicado en la parte inferior de los campos anteriormente indicados.

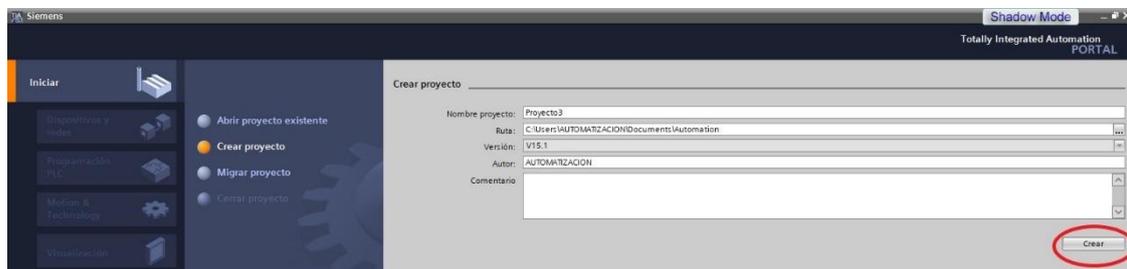


Figura 3.2 Ventana para seleccionar la opción crear proyecto.

4. Luego de dar un clic en la opción “Crear”, aparecerá la Vista Portal, la cual selecciona por defecto Primeros Pasos. Dar clic en la pestaña con el nombre “Configurar un dispositivo”.

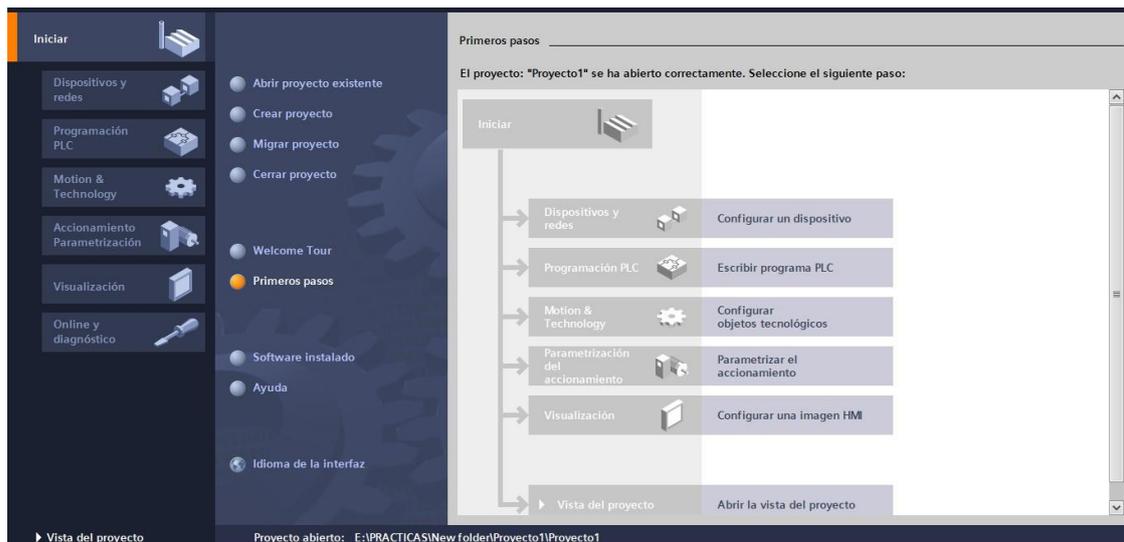


Figura 3.3 Pantalla de primeros pasos.

5. En la figura 4 se muestra la ventana “Agregar dispositivo” donde seguiremos los pasos:

- Seleccionar el controlador deseado. En este caso clic en PLC > SIMATIC S7-1500 > CPU > CPU 1516-3PN/DP. Referencia 6ES7 516- 3AN01-0AB0. Dentro de la opción versión en el lado derecho de la pantalla seleccionar “V2.6”.
- Clic en agregar.
- Una vez agregado un dispositivo aparecerá en la pantalla el nuevo equipo agregado.

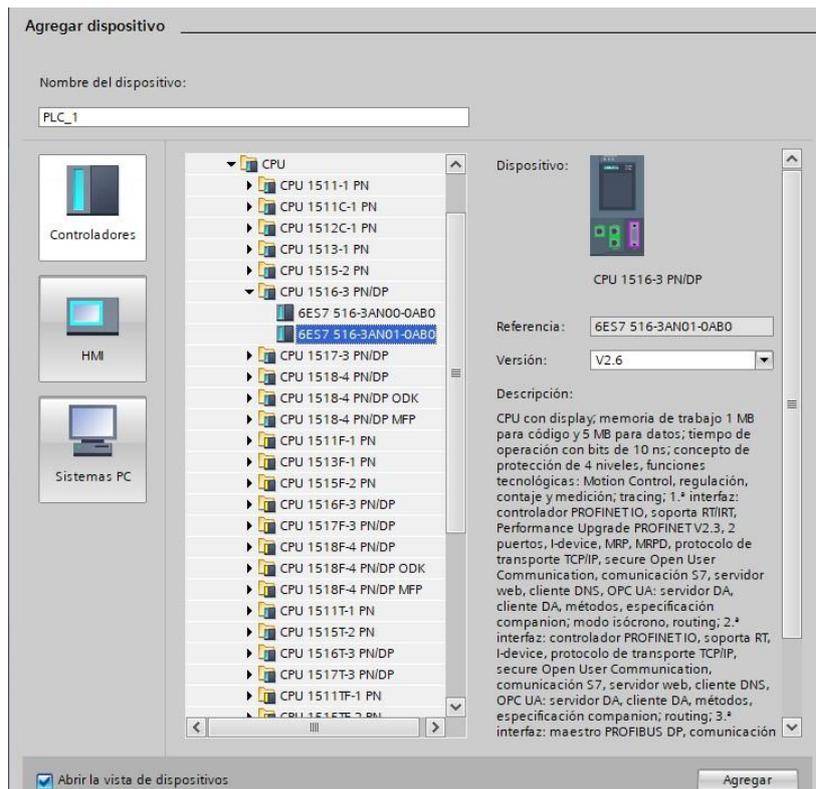


Figura 3.4 Agregar nuevo dispositivo.

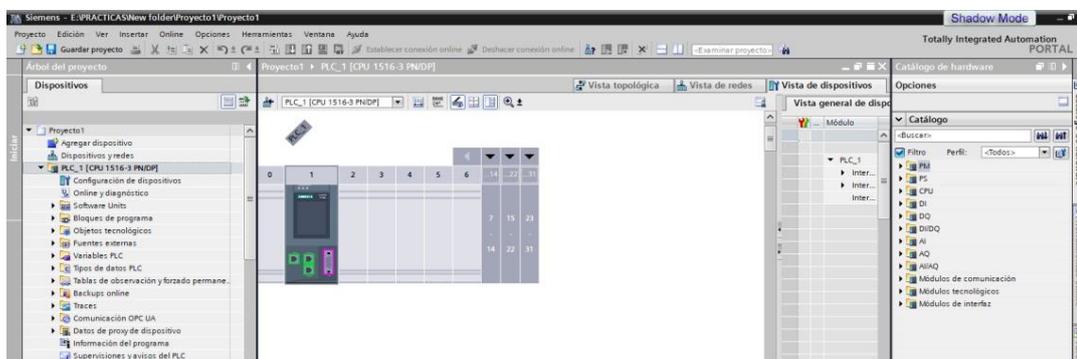


Figura 3.5 Pantalla del proyecto creado.

6. En la parte derecha de la pantalla en “Catálogo de Hardware” se procede a seleccionar los módulos periféricos que se utilizarán con el CPU, que en este caso son los siguientes:

- Entradas Digitales: DI > DI 32x24VDC HF > 6ES7 521-1BL00-0AB0

- Salidas Digitales: DQ > DQ 32x24VDC/0.5A HF > 6ES7 522-1BL01- 0AB0
- Entradas Analógicas: AI > AI 8xU/I/RTD/TC ST > 6ES7 531-7KF00- 0AB0
  - Salidas Analógicas: AQ > AQ 4xU/I ST > 6ES7 532-5HD00-0AB0

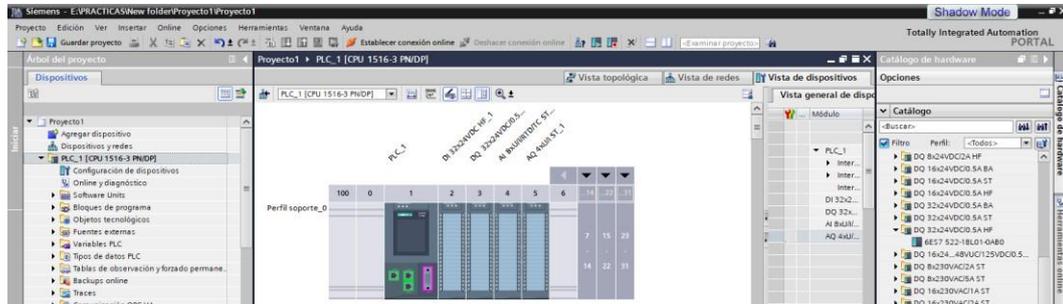


Figura 3.6 CPU con módulos periféricos.

7. Vamos a programar en el segmento 1, nos dirigimos al árbol del proyecto luego dar clic en la pestaña de “PLC\_1”, “Bloques de programa” y doble clic en “Main [OB1]”.

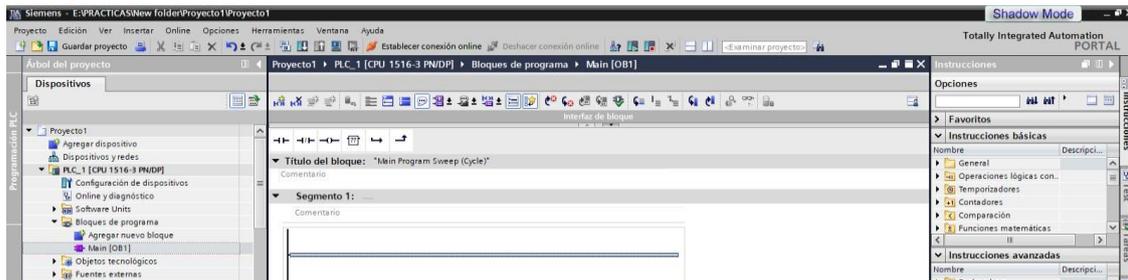


Figura 3.7 Programación PLC\_1.

8. Procedemos a ingresar en el segmento 1 un bloque contador ascendente “CTU”. El bloque los podemos encontrar en Instrucciones > Instrucciones básicas > Contadores > CTU. En la ventana emergente podemos dar un nombre al bloque, asegurarse que la opción “Automático” este seleccionada y dar clic en aceptar.

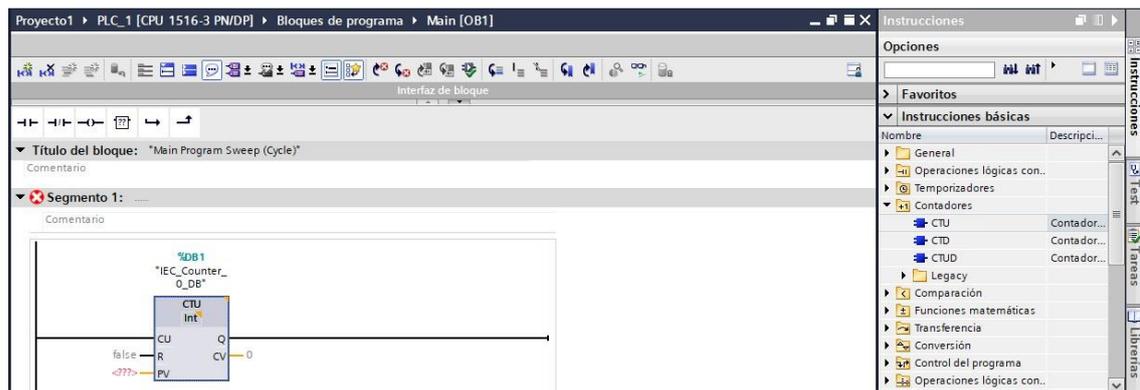


Figura 3.8 Agregar bloque contador al segmento.

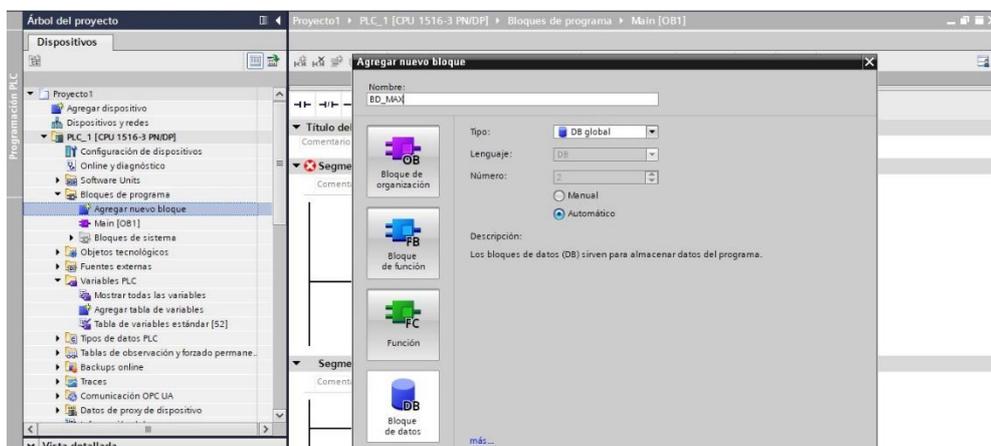


Figura 3.9 Agregar bloque de datos a los bloques de programa.

9. Agregamos los bloques del programa al segmento 1 de la siguiente manera: damos clic en **Árbol de proyecto > PLC\_1 > Bloques de programa > Agregar nuevo bloque**, y escogemos la opción **“Bloque de datos”**.

10. En la ventana emergente procedemos a cambiar el nombre por **“BD\_MAX”** nos aseguramos este seleccionado **“Tipo: DB global”** y la opción **“Automático”** y procedemos a dar clic en **“Aceptar”**.

11. En la tabla que emerge damos clic en **<Agregar>** y escribimos en Nombre: **“máximo”** y en tipo de datos: **“Int”**.

Proyecto1 > PLC_1 [CPU 1516-3 PN/DP] > Bloques de programa > BD_MAX [DB2]										
BD_MAX										
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ...	Valor de a..	Supervis...	Comentario
1	Static			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
2	maximo	Int	0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		
3	<Agregar>			<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		

Figura 3.10 Datos a utilizar en BD\_MAX.

12. Agregamos un segundo bloque de datos en Árbol de proyecto > PLC\_1 > Bloques de programa >Agregar nuevo bloque. En la ventana emergente se procede a cambiar el nombre por “DB RESET”, nos aseguramos de que este seleccionado “Tipo: DB global” y la opción “Automático” y clic Aceptar.

13. Procedemos a completar la programación en el Main [OB1]. Damos clic en Árbol de proyecto > PLC\_1 > Bloque de programa > Main [OB1]. Procedemos a colocar un contacto abierto y un contacto cerrado frente al bloque contador que habíamos colocado anteriormente y posterior al bloque colocamos una bobina. Estos elementos se encuentran en Instrucciones > Instrucciones básicas > Operaciones lógicas con bits.

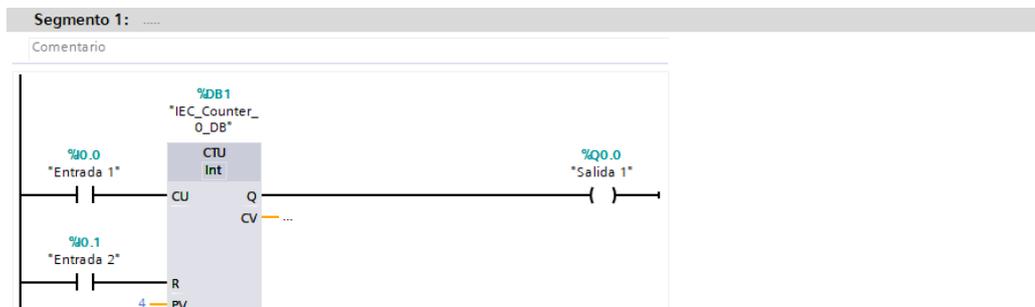


Figura 3.11 Arreglo de contactos y bobina en el Segmento 1.

14. Agregamos una segunda rama al inicio con un contacto abierto y esta rama va hacia el parámetro “R” del CTU. Las ramas las podemos agregar de Instrucciones > Instrucciones básicas > General.

15. Asignamos variables a los contactos abiertos siendo el primero “I0.0”, el segundo “I0.1”. El contacto cerrado; en los parámetros del CTU a PV asignamos un valor de 4.

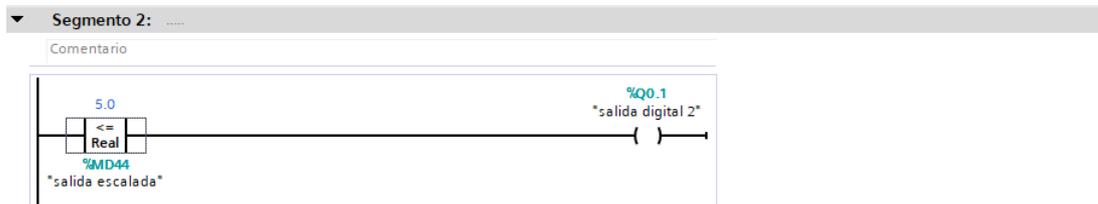


Figura 3.12 Configuración de Segmento 2.

16. El diseño del Segmento 2 donde procedemos a agregar un bloque de comparación mayor o igual “CMP>=”, seguido de una bobina a la que asignamos “Q0.0”. El bloque de comparación lo encontramos en Instrucciones > Instrucciones básicas > Comparación > CMP>=. En el bloque de comparación asignamos a la parte superior “MW100” y en la parte inferior “BD\_MAX.maximo”.

17. Procedemos a asignar nombres a las variables utilizadas. Damos clic en Árbol de proyecto > PLC\_1 > Variables PLC > Mostrar todas las variables. Y nombramos de la siguiente manera:

- I0.0: “Entrada 1”
- I0.1: “Entrada 2”
- Q0.0: “Salida 1”
- Q0.1: “Salida 2”
- IW4: “Entrada analógica 1”
- MD40: Salida Normalizada
- MD44: Salida escalada.

18. El usuario coloca un valor de setpoint en el espacio “PV” del contador, al accionar

el Pulsador S2 empieza el conteo en serie de 1 y al requerirse utilizar nuevamente el programa se acciona el Pulsador S1 para hacer un reset del contador.

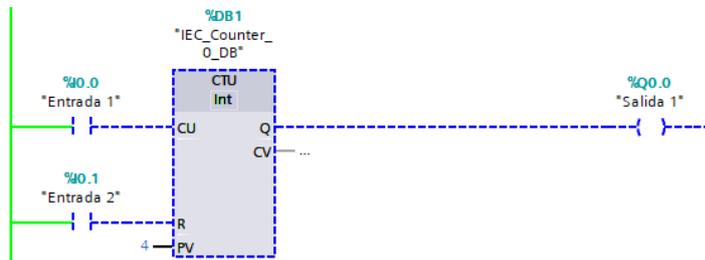


Figura 3.13 Contador en estado inicial %DB0 = 0.

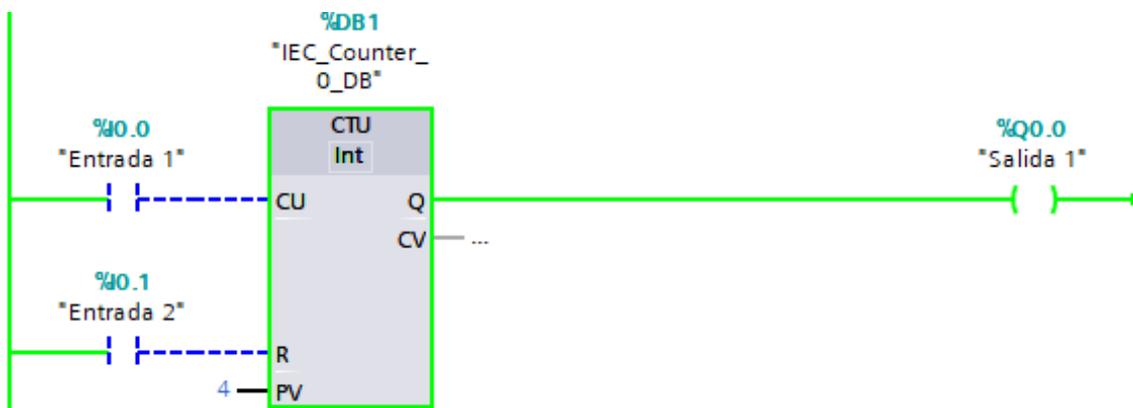


Figura 3.14 Contador en estado inicial %DB0=4, salida ON



Figura 3.15 Comparador analiza el valor de SETPOINT=5 y Salida Escalad=3.7



Figura 3.16 Comparador analiza el valor de SETPOINT=5 y Salida Escalad=5.1, Salda digital 2 ON

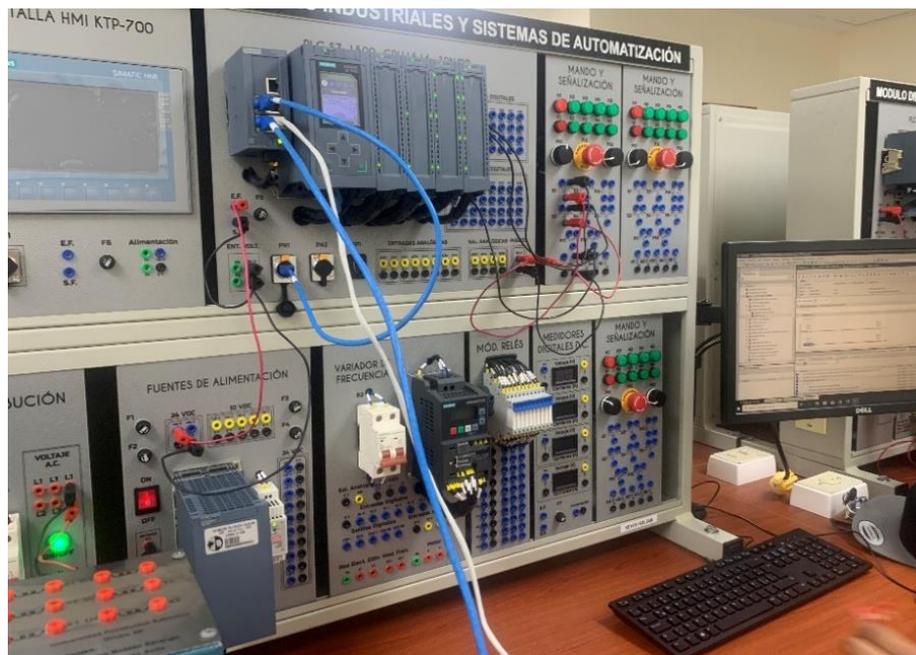


Figura 3.17 Conexiones en el tablero

El contador llega al valor colocado como Setpoint entonces el programa encenderá una la luz piloto H1 indicando la comparación del valor contado con el valor como Setpoint.

#### D. RECURSOS UTILIZADOS

- Una computadora con software TIA Portal V15.1.
- Una lámina con PLC Siemens S7-1500.
- Una lámina de Distribución.

- Una lámina de Fuente de Alimentación.
- Una lámina de Mando y Señalización.

### E. DIAGRAMA DE CONEXIONES

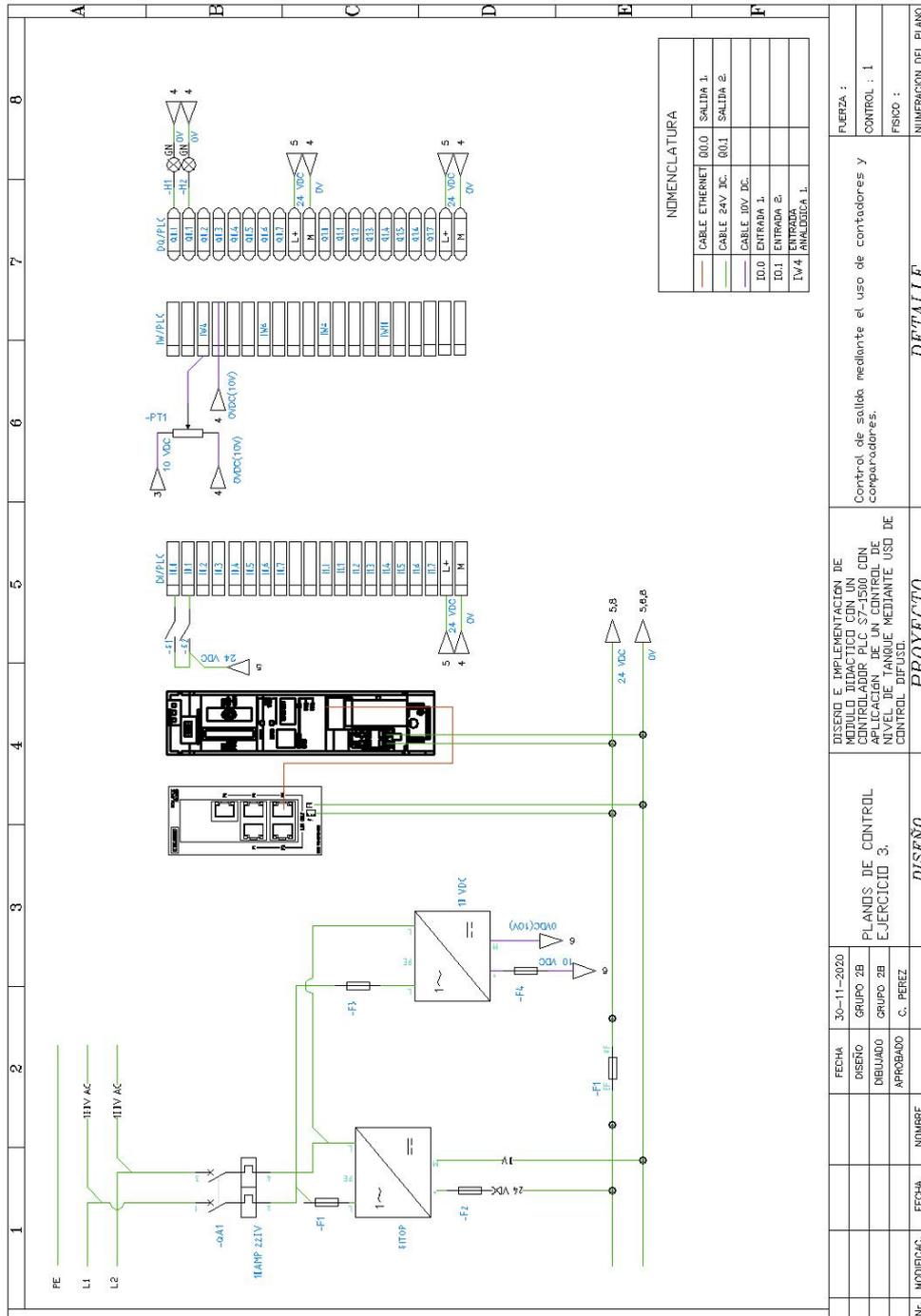


Figura 3.18 Diagrama de fuerza y control Práctica #3

FECHA	30-11-2020	DISEÑO	GRUPO 2B	PLANDS DE CONTROL	DISEÑO	DISEÑO E IMPLEMENTACION DE	FUERZA :
DIBUJADO	GRUPO 2B	APROBADO	C. PEREZ	EJERCICIO 3.	PROYECTO	MODULO DIDACTICO CON UN	CONTROL :
MODIFICAC.		FECHA			DETALLE	CONTROLADOR PLC S7-1500 CON	1
						PLACA DE MONTAJE PARA EL	FSICO :
						NIVEL DE TANGUE MEDIANTE USO DE	NUMERACION DEL PLANO
						CONTROL DIFUSO.	

**ANEXO 4**

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA #4**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**DOCENTE**

**ING. CARLOS PÉREZ**

**TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS**

**TEMA: “Simulación de dos semáforos con 6 salidas físicas digitales utilizando un controlador S7-1500 y simularlo en una pantalla HMI.”**

## **A. OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Conocer el funcionamiento de la pantalla HMI con el PLC como indicador más gráfico del proceso.

### **Objetivo Específico:**

Realizar la programación utilizando el software de programación TIA Portal.

## **B. MARCO TEÓRICO**

En los procesos industriales, la mayor parte de la toma de decisiones lleva un retardo de tiempo para el encendido o apagado de los actuadores. Por ejemplo, los procesos de calentamiento de la materia prima; donde el producto debe reposar en el proceso de calentado un periodo de tiempo indicado en la receta por el operador. Para evitar fallas por percepción humana, el temporizador es el encargado de indicar el tiempo transcurrido y detener el proceso.

Los temporizadores son dispositivos diseñados para controlar conexiones y desconexiones en circuitos eléctricos. Esta regulación, en las conexiones, dependen de una programación previa de tiempo. Esta función los hace vitales en los procesos automatizados de muchos tipos. Los temporizadores más usados son: TON: retardo a la conexión, TOF: Retardo a la desconexión y TONR: Retardo a la conexión memorizado.

## **C. MARCO PROCEDIMENTAL**

1. Abrir el acceso directo del software TIA PORTAL V.15.1
2. Una vez abierto el software, dentro de la pantalla de inicio dar clic en "Crear Proyecto" aquí se deberá llenar los campos de Nombre de proyecto, ruta donde se desea guardar el proyecto, autor y comentario.

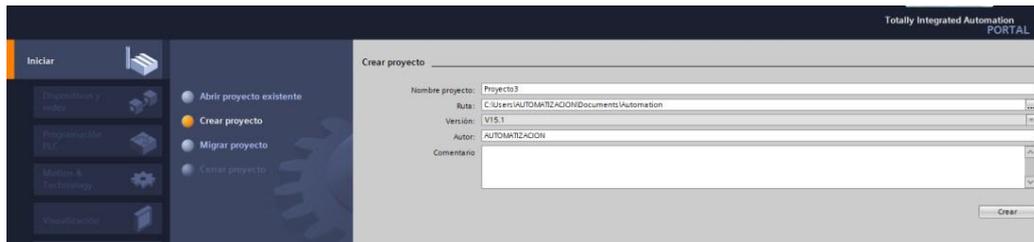


Figura 4.1 Pantalla de Inicio TIA Portal V15.1

3. Dar clic en el botón “Crear”, ubicado en la parte inferior de los campos anteriormente indicados.

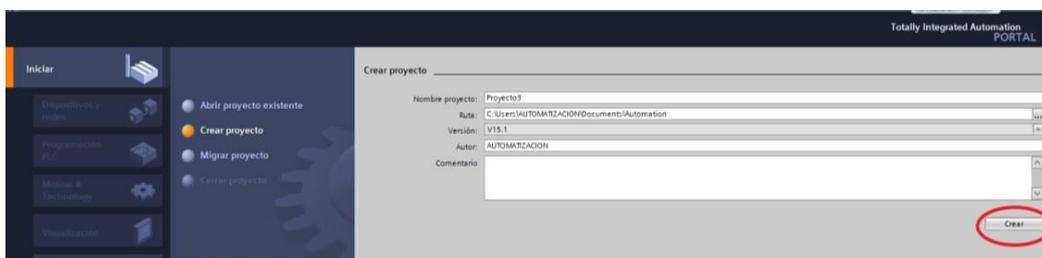


Figura 4.2 Ventana para seleccionar la opción crear proyecto

4. Luego de dar un clic en la opción “Crear”, aparecerá la Vista Portal, la cual selecciona por defecto Primeros Pasos como se observa en la figura 3. Dar clic en la pestaña con el nombre “Configurar un dispositivo”.



Figura 4.3 Pantalla de primeros pasos.

5. Mediante la ventana “Agregar dispositivo” es donde seguiremos los pasos:
  - Seleccionar el controlador deseado. En este caso clic en PLC > SIMATIC S7-1500 > CPU > CPU 1516-3PN/DP. Referencia 6ES7 516- 3AN01-0AB0. Dentro de la

opción versión en el lado derecho de la pantalla seleccionar “V2.6”.

- Clic en agregar.
- Una vez agregado un dispositivo aparecerá en la pantalla el nuevo equipo agregado.

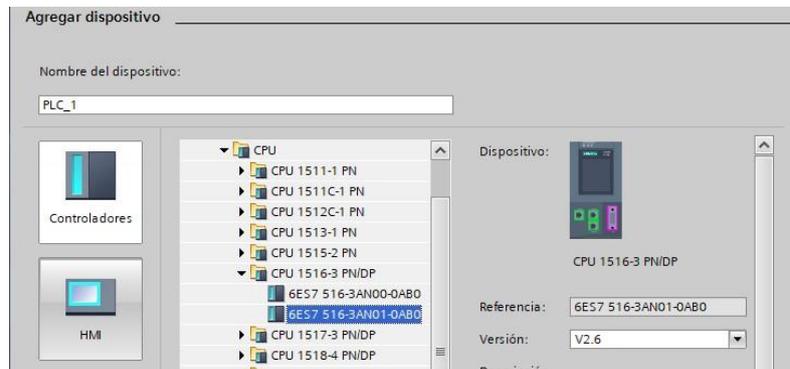


Figura 4.4 Agregar nuevo dispositivo.

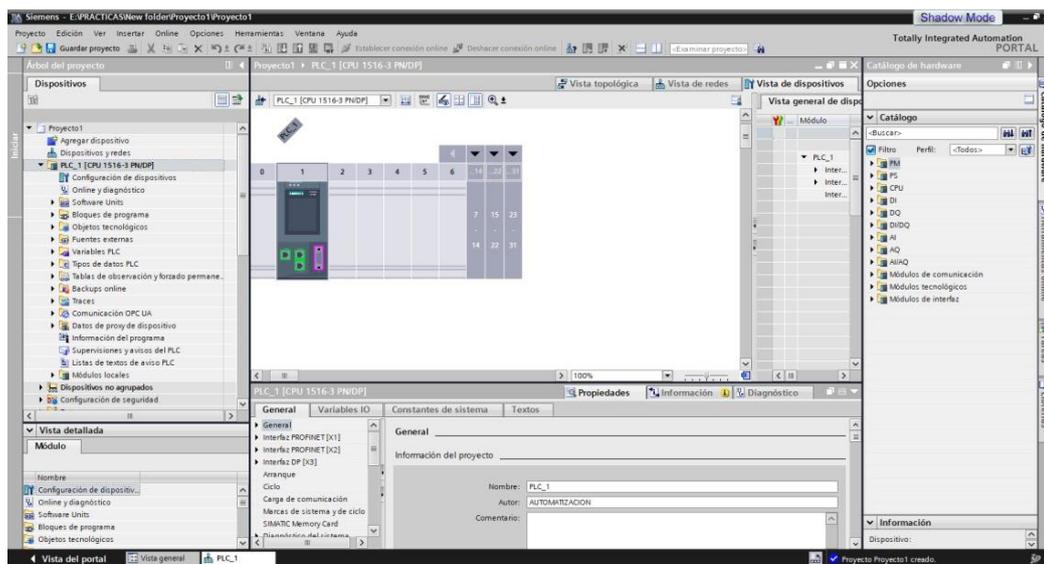


Figura 4.5 Pantalla del proyecto creado.

6. En la parte derecha de la pantalla en “Catálogo de Hardware” se procede a seleccionar los módulos periféricos que se utilizarán con el CPU, que en este caso son los siguientes:

- Entradas Digitales: DI > DI 32x24VDC HF > 6ES7 521-1BL00-0AB0
- Salidas Digitales: DQ > DQ 32x24VDC/0.5A HF > 6ES7 522-1BL01-0AB0

- Entradas Analógicas: AI > AI 8xU/I/RTD/TC ST > 6ES7 531-7KF00- 0AB0
- Salidas Analógicas: AQ > AQ 4xU/I ST > 6ES7 532-5HD00-0AB0

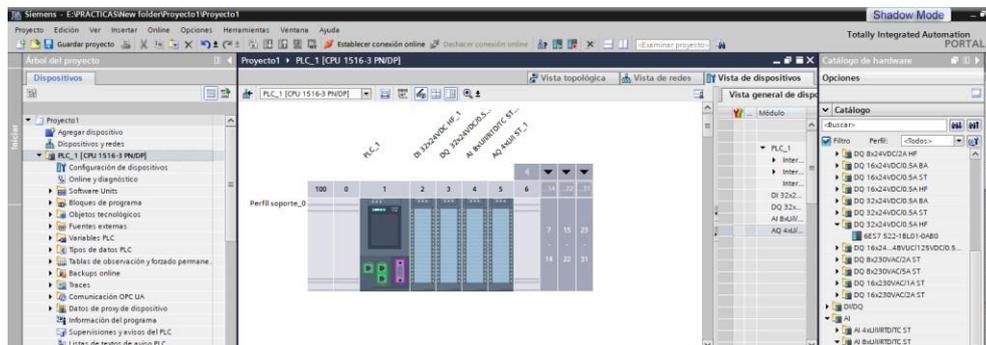


Figura 4.6 CPU con módulos periféricos.

7. Agregaremos un HMI que será utilizado para supervisión del proyecto. En el Árbol de proyecto procedemos a dar doble clic en “Agregar dispositivo”. En la ventana emergente que se observa en la figura 7 seleccionamos HMI, luego de acuerdo con las características del equipo buscamos entre las opciones que tenemos disponible. Damos clic en HMI y seguimos la ruta HMI > SIMATIC Basic Panel > 7” Display >KTP700 Basic, Referencia: 6AV2 123-2GB03-0AX0. Versión: 15.0.0.0

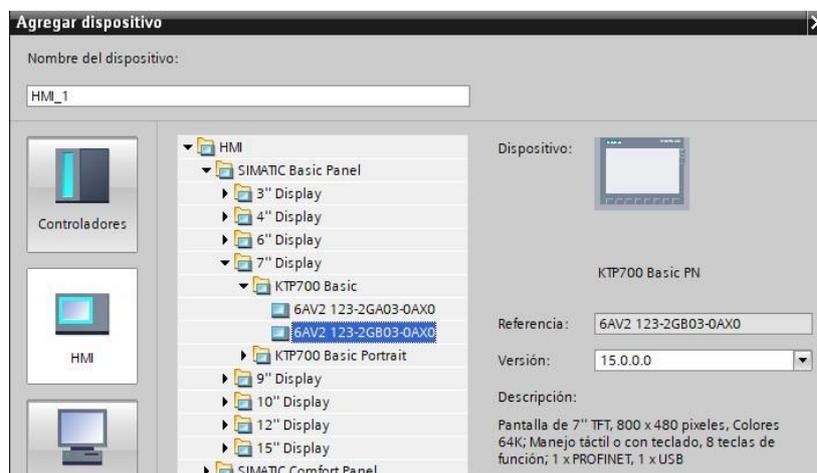


Figura 4.7 Agregar HMI al proyecto.

8. En la ventana emergente que aparecerá a continuación “Asistente de panel operador: KTP700 Basic PN”, procedemos a dar la configuración inicial del HMI de la siguiente manera:

- Conexiones de PLC: nos dirigimos a “Seleccionar PLC” y damos clic en “Examinar” y damos doble clic en PLC\_1 que es el equipo que vamos a supervisar. Revisamos que los parámetros en pantalla Driver de comunicación: SIMATIC S7 1500 e Interfaz: PROFINET(X1). Al terminar damos clic en siguiente en la parte inferior.
  - Formato de Imagen: se selecciona un color de fondo con el que se quiera trabajar, y quitar la selección de “Encabezado”. Al terminar damos clic en siguiente en la parte inferior.
  - Avisos: quitar la selección de: “Avisos no acusado”, “Avisos pendientes”, “Avisos de sistema pendientes”. Al terminar damos clic en siguiente en la parte inferior.
  - Imágenes: damos clic en siguiente.
  - Imágenes de sistema: aseguramos que “seleccionar todo” no esté seleccionado. Al terminar damos clic en siguiente.
  - Botones: quitar cualquier selección que este activa. Al terminar damos clic en “Finalizar”.
9. En Árbol de proyecto procedemos a dar clic en “Dispositivos y redes”, y procedemos a unir ambos equipos por su interfaz PROFINET\_1, damos clic con el mouse en el rectángulo de color verde del HMI hasta el rectángulo de color verde central del PLC\_1.
10. Por defecto las IP de los equipos se configurarán en 192.168.0.1 y 192.168.0.2 para el PLC\_1 y el HMI respectivamente, estas se pueden cambiar a conveniencia dando clic en el puerto del equipo y siguiendo la ruta Interfaz PROFINET\_1 [X1]> General > Direcciones Ethernet.

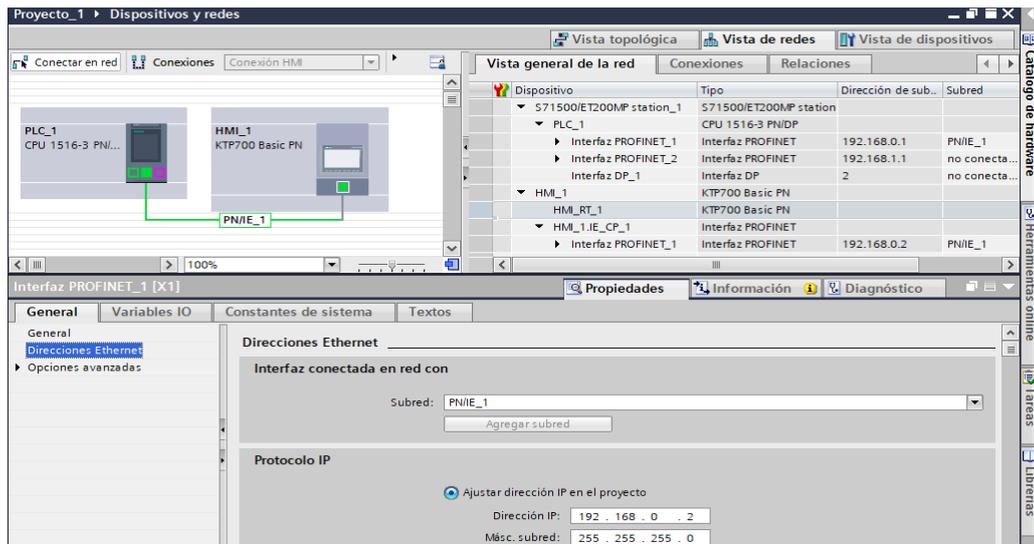


Figura 4.8 Configuración de red

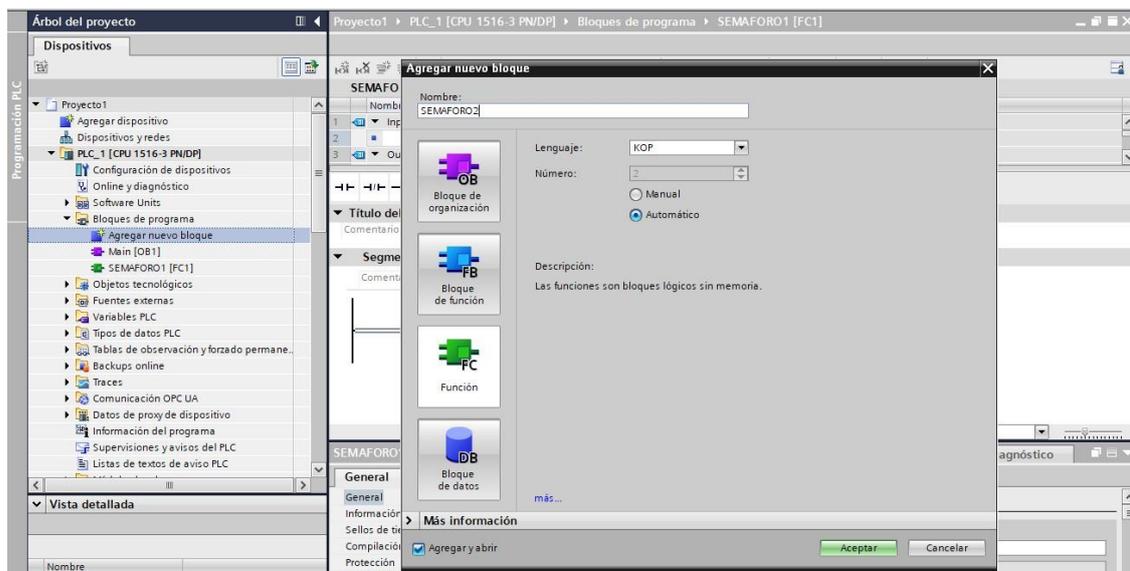


Figura 4.9 Creación de bloques de función.

Ahora se creará dos bloques de funciones, damos clic en **Árbol de proyecto > PLC\_1 > Bloques de programa > Agregar nuevo bloque**. La pantalla emergente donde elegimos la opción de **“Función”** y nombramos a los bloques **“SEMAFORO1”** y **“SEMAFORO2”** respectivamente, en **Lenguaje: KOP** y damos clic en **aceptar**.

#### 11. Programación de **“SEMAFORO1”**

- Segmento 1

- En este segmento procedemos a agregar un contacto abierto seguido un contacto cerrado y una bobina de tipo "SET". Estos elementos están en Instrucciones > Instrucciones básicas > Operaciones lógicas con bits.
- Adicionamos una rama alterna y colocamos un contacto abierto que está en paralelo al primer contacto abierto.
- Asignamos "I0.0" al primer contacto abierto, "I0.1" al contacto cerrado, al segundo contacto abierto se asigna "M0.0" y a la bobina se le asigna "Q0.0".

Observamos a detalle la programación del Segmento 1 del SEMAFORO1.

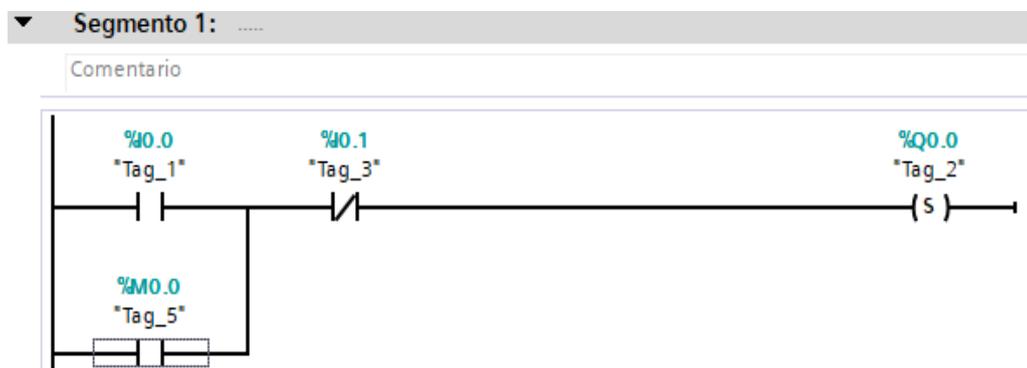


Figura 4.10 Segmento 1 del SEMAFORO1.

- Segmento 2
  - En este segmento procedemos a agregar un contacto abierto, seguido un cerrado, seguido un bloque de retardo en el tiempo "TON" y a la salida de este abrimos una segunda rama y en la primera rama una bobina tipo "SET" y después un tipo "RESET".
  - El bloque "TON" lo obtenemos de Instrucciones > Instrucciones básicas > Temporizadores > TON, al aparecer la ventana emergente le podemos asignar un nombre si se desea y se procede a dar clic en aceptar.
  - Se procede a asignar al contacto abierto "Q0.0", al contacto cerrado "I0.1", al bloque TON ingresamos "T#5S" en el parámetro PT, a la bobina "SET" se le asigna "Q0.1" y a la bobina "RESET" se le asigna "Q0.0".

Observamos a detalle la programación del Segmento 2 del SEMAFORO1.

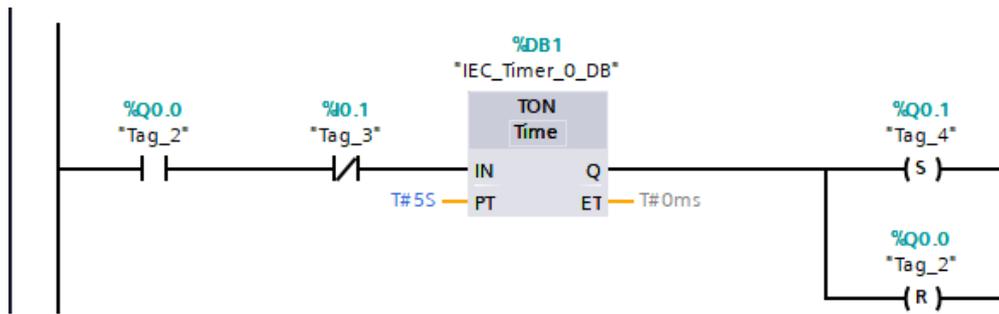


Figura 4.11 Segmento 2 del SEMAFORO1.

- Segmento 3

- Agregamos un contacto abierto, un contacto cerrado un bloque de retardo “TON” y dos bobinas en paralelo siendo una bobina “SET” y una bobina “RESET”.
- Los elementos se agregan desde Instrucciones > Instrucciones básicas > Temporizadores y Operaciones básicas con bits.
- Asignamos al contacto abierto “Q0.1”, al contacto cerrado “I0.1”, al bloque TON ingresamos “T#3S” en el parámetro PT, a la bobina “SET” se asigna “Q0.2” y a la bobina “RESET” se asigna “Q0.1”. Observamos a detalle la programación del Segmento 3 del SEMAFORO1.

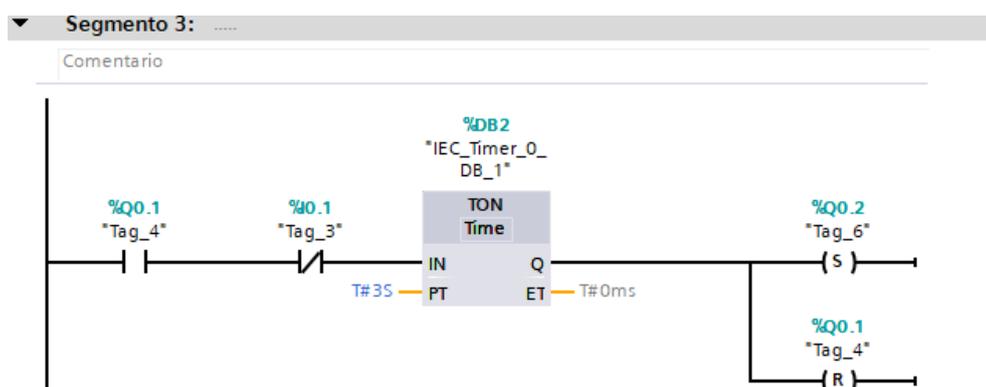


Figura 4.12 Segmento 3 del SEMAFORO1.

- Segmento 4

- Agregamos un contacto abierto, un contacto cerrado un bloque de retardo “TON” y dos bobinas en paralelo y una bobina “RESET”.

- Los elementos se agregan desde Instrucciones > Instrucciones básicas > Temporizadores y Operaciones básicas con bits.
- Asignamos al contacto abierto “Q0.2”, al contacto cerrado “I0.1”, al bloque TON ingresamos “T#2S” en el parámetro PT, a la bobina se asigna “M0.0” y a la bobina “RESET” se asigna “Q0.2”. Observamos a detalle la programación del Segmento 4 del SEMAFORO1.

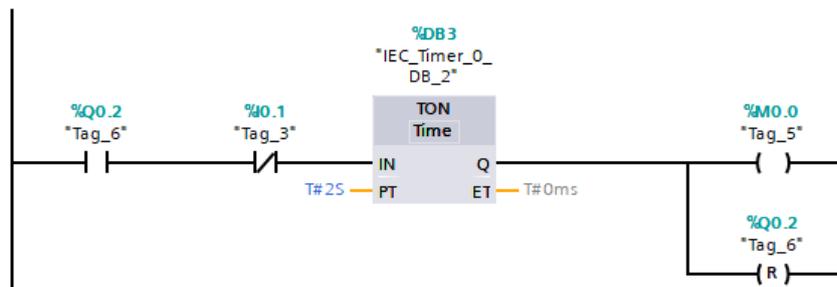


Figura 4.13 Segmento 4 del SEMAFORO1.

- Segmento 5
  - Ingresamos un contacto abierto y colocamos dos ramas en paralelo para colocar 3 bobinas de tipo “RESET” en paralelo
  - Los elementos se agregan desde Instrucciones > Instrucciones básicas > Operaciones básicas con bits.
  - Asignamos “I0.1” al contacto abierto, a la primera bobina le asignamos “Q0.1”, a la segunda asignamos “Q0.0” y a la última asignamos “Q0.2”.

Observamos a detalle la programación del Segmento 5 del SEMAFORO1.

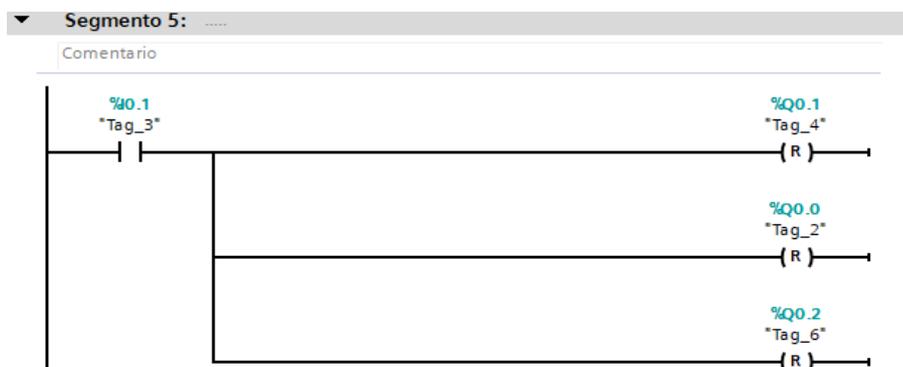


Figura 4.14 Segmento 5 del SEMAFORO1.

## 12. Programación del SEMAFORO2

- Segmento 1

- En este segmento procedemos a agregar un contacto abierto seguido un contacto cerrado y una bobina de tipo "SET". Estos elementos están en Instrucciones > Instrucciones básicas > Operaciones lógicas con bits.

- Adicionamos una rama alterna y colocamos un contacto abierto que está en paralelo al primer contacto abierto.

- Asignamos "I0.0" al primer contacto abierto, "I0.1" al contacto cerrado, al segundo contacto abierto se asigna "M0.1" y a la bobina se le asigna "Q0.4".

Observamos a detalle la programación del Segmento 1 del SEMAFORO2.

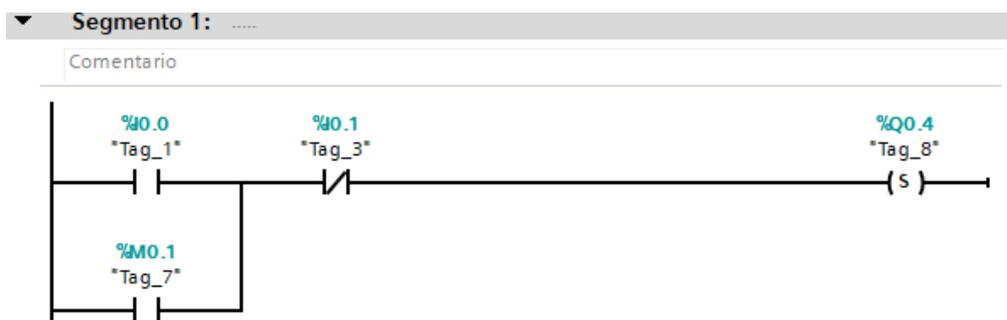


Figura 4.15 Segmento 1 del SEMAFORO2.

- Segmento 2

- En este segmento procedemos a agregar un contacto abierto, seguido un cerrado, seguido un bloque de retardo en el tiempo "TON" y a la salida de este abrimos una segunda rama y en la primera rama una bobina tipo "SET" y un tipo "RESET" en la segunda.

- El bloque "TON" lo obtenemos de Instrucciones > Instrucciones básicas > Temporizadores > TON, al aparecer la ventana emergente le podemos asignar un nombre si se desea y se procede a dar clic en aceptar.

- Se procede a asignar al contacto abierto "Q0.4", al contacto cerrado "I0.1", al bloque TON ingresamos "T#3S" en el parámetro PT, a la bobina "SET" se le asigna

“Q0.5” y a la bobina “RESET” se le asigna “Q0.4”.

Observamos a detalle la programación del Segmento 2 del SEMAFORO2.

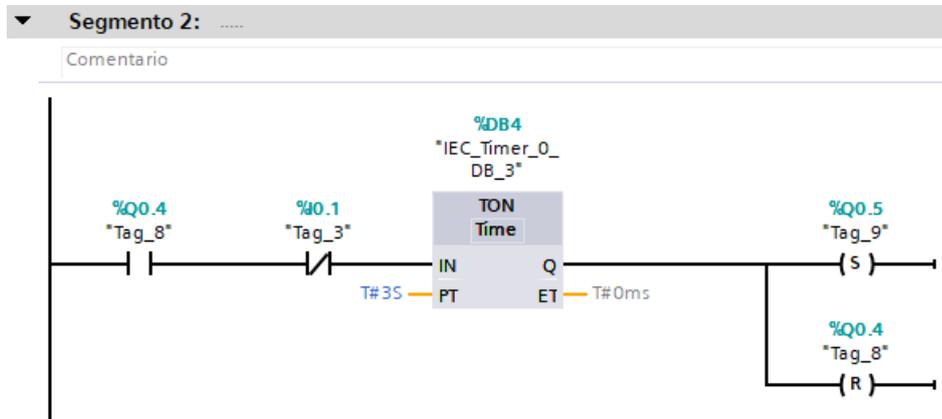


Figura 4.16 Segmento 2 del SEMAFORO2

- Segmento 3

- Agregamos un contacto abierto, un contacto cerrado un bloque de retardo “TON” y dos bobinas en paralelo siendo una bobina “SET” y una bobina “RESET”.

- Los elementos se agregan desde Instrucciones > Instrucciones básicas > Temporizadores y Operaciones básicas con bits.

- Asignamos al contacto abierto “Q0.5”, al contacto cerrado “I0.1”, al bloque TON ingresamos “T#2S” en el parámetro PT, a la bobina “SET” se asigna “Q0.3” y a la bobina “RESET” se asigna “Q0.5”. Observamos a detalle la programación del Segmento 3 del SEMAFORO2.

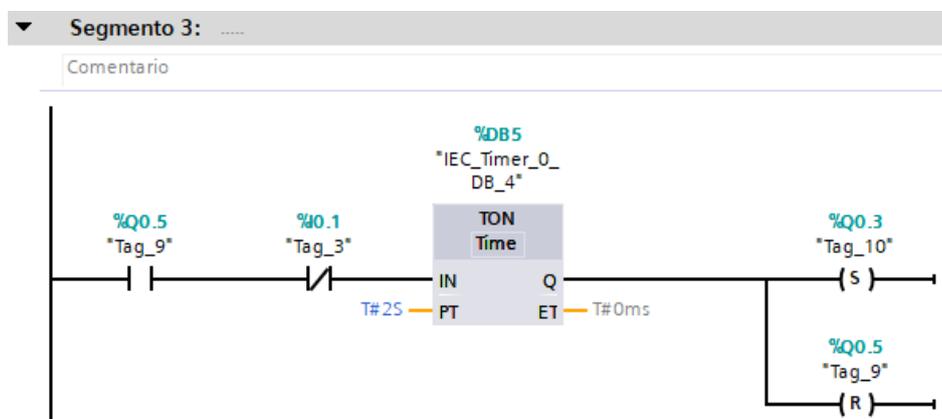


Figura 4.17 Segmento 3 del SEMAFORO2.

- Segmento 4

- Agregamos un contacto abierto, un contacto cerrado un bloque de retardo “TON” y dos bobinas en paralelo siendo una bobina y una bobina “RESET”.

- Los elementos se agregan desde Instrucciones > Instrucciones básicas > Temporizadores y Operaciones básicas con bits.

- Asignamos al contacto abierto “Q0.3”, al contacto cerrado “I0.1”, al bloque TON ingresamos “T#5S” en el parámetro PT, a la bobina se asigna “M0.1” y a la bobina “RESET” se asigna “Q0.3”. Observamos a detalle la programación del Segmento 4 del SEMAFORO2.

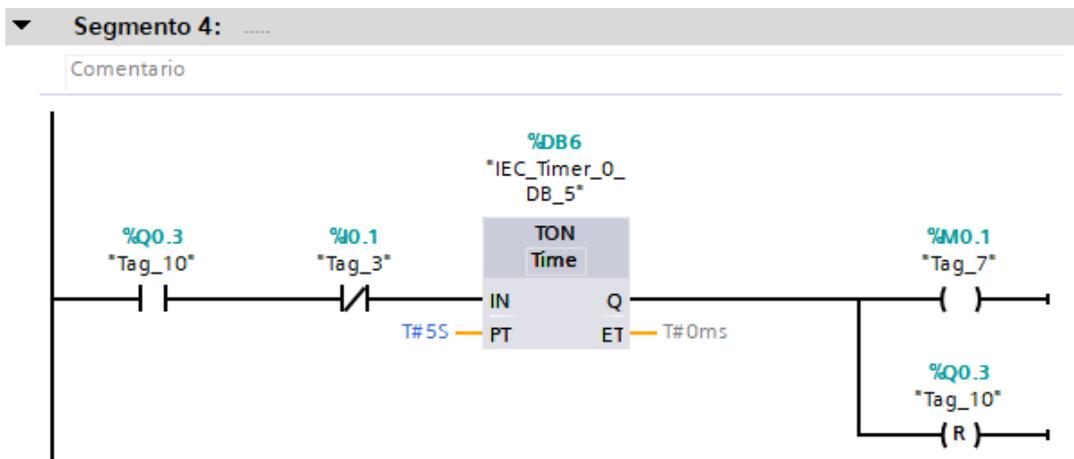


Figura 4.18 Segmento 4 del SEMAFORO2.

- Segmento 5

- Ingresamos un contacto abierto y colocamos dos ramas en paralelo para colocar 3 bobinas de tipo “RESET” en paralelo

- Los elementos se agregan desde Instrucciones > Instrucciones básicas > Operaciones básicas con bits.

- Asignamos “I0.1” al contacto abierto, a la primera bobina le asignamos “Q0.3”, a la segunda asignamos “Q0.5” y a la última asignamos “Q0.4”.

Observamos a detalle la programación del Segmento 5 del SEMAFORO2.

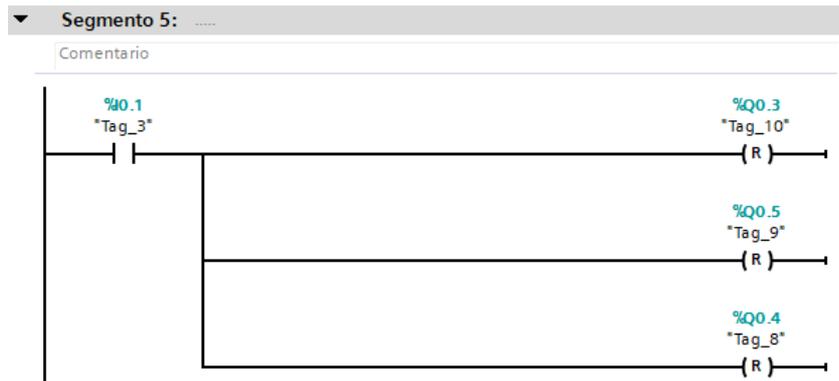


Figura 4.19 Segmento 5 del SEMAFORO2.

13. Una vez que tenemos programados los dos bloques FC procedemos a hacer la llamada de ambos en el Main [OB1]. Damos clic en Árbol de proyecto > PLC\_1 > Bloques de programa > Main [OB1]. Procedemos a arrastrar desde el Árbol de proyecto a los segmentos creados, primero ingresamos el “SEMAFORO2 [FC2]” y seguido ingresamos el “SEMAFORO1 [FC1]”

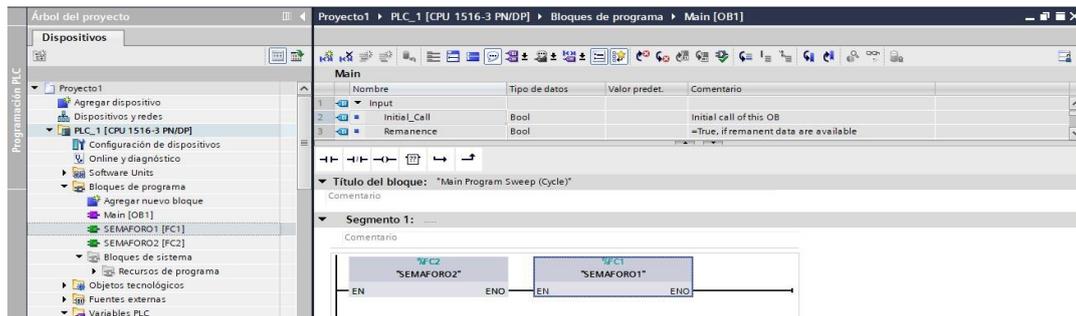


Figura 4.20 Configuración de bloques en el Main [OB1]

14. Vamos a dar nombre a las variables. Damos clic en Árbol de proyecto > PLC\_1 > Variables PLC > Mostrar todas las variables. Procedemos a nombrar las variables de la siguiente forma:

- “I0.0”: MARCHA
- “I0.1”: PARO
- “Q0.0”: ROJO
- “Q0.1”: VERDE

- “Q0.2”: AMARILLO
- “Q0.3”: ROJO2
- “Q0.4”: VERDE2
- “Q0.5”: AMARILLO2
- “M0.0”: CICLO
- “M0.1”: CICLO2

Estas variables nos brindan los datos necesarios para el funcionamiento de los bloques del programa.

	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Supervis...	Comentario
1	MARCHA	Tabla de variables e..	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
2	ROJO	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
3	PARO	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	VERDE	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	CICLO	Tabla de variables e..	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	AMARILLO	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
7	CICLO2	Tabla de variables e..	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
8	VERDE2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
9	AMARILLO2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
10	ROJO2	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
11	<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figura 4.21 Tabla de variables del PLC.

15. Procedemos a configurar las imágenes a visualizar en el HMI. Dar clic en **Árbol de proyecto > HMI\_1 > Imágenes > Imagen raíz**. ¡Procedemos a borrar el mensaje de bienvenida “Bienvenido a HMI\_1 (KTP700 Basic+ PN)” en el centro de la pantalla.

16. Procedemos a crear dos semáforos usando los elementos en **Herramientas > Objetos básicos**. Utilizamos un rectángulo y tres círculos para formar la figura y cambiar los colores respectivos, procedemos a seleccionar todo y con clic derecho “Copiar” y posteriormente “Pegar” en la Imagen raíz en la que estamos trabajando. (También se puede adquirir una imagen desde un medio externo y pegar en la imagen raíz).

17. Ingresamos dos botones que colocaremos en medio de los dos semáforos con el texto “marcha” y “paro” respectivamente. El elemento botón lo encontramos en Herramientas > Elementos.

Estos diseños de los Semáforos en el HMI.



Figura 4.22 Arreglo de la imagen raíz.

18. Se Procede a colocar las variables correspondientes a cada elemento de la imagen, dando clic derecho en el elemento a configurar y luego dar clic en “Propiedades”. Primero configuraremos las luces de los semáforos siendo el de la izquierda el “SEMAFORO1” y el de la derecha “SEMAFORO2”. En el menú que aparece navegamos a Propiedades > Animaciones > Visualización > Apariencia como se muestra en la figura

23. En el menú que nos aparece debemos seleccionar la variable correspondiente a cada luz que serán agregadas desde el PLC y dando clic en la tabla inferior se puede modificar la apariencia que tendrá cada luz cuando este apagada o cuando este encendida con el rango 0 y 1 respectivamente.

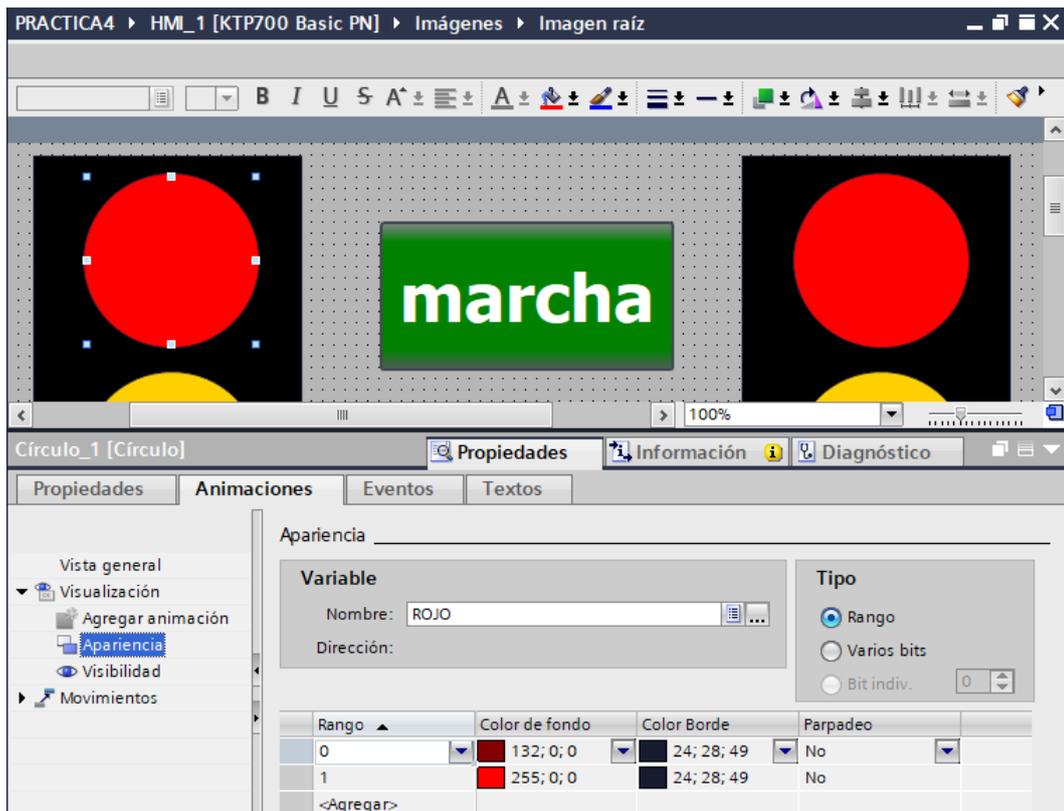


Figura 4.23 Configuración de cada elemento de la imagen.

19. Llenaremos los parámetros de las siguientes maneras:

- **SEMAFORO1**

- Luz roja:

- o variable "Q0.0"

- o Rango: 0, Color de fondo: 132;0;0, Parpadeo: No

- o Rango: 1, Color de fondo: 255;0;0, Parpadeo: No

- Luz amarilla:

- o variable "Q0.2"

- o Rango: 0, Color de fondo: 156;48;0, Parpadeo: No

- o Rango: 1, Color de fondo: 255;207;0, Parpadeo: No

- Luz verde:

- variable "Q0.1"
- Rango: 0, Color de fondo: 0;48;0, Parpadeo: No
- Rango: 1, Color de fondo: 0;130;0, Parpadeo: No

- **SEMAFORO2**

- Luz roja:

- variable "Q0.3"
- Rango: 0, Color de fondo: 132;0;0, Parpadeo: No
- Rango: 1, Color de fondo: 255;0;0, Parpadeo: No

- Luz amarilla:

- variable "Q0.5"
- Rango: 0, Color de fondo: 156;48;0, Parpadeo: No
- Rango: 1, Color de fondo: 255;207;0, Parpadeo: No

- Luz verde:

- variable "Q0.4"
- Rango: 0, Color de fondo: 0;48;0, Parpadeo: No
- Rango: 1, Color de fondo: 0;130;0, Parpadeo: No

20. Procedemos a configurar los botones de "marcha" y "paro" dando clic derecho y "Propiedades", navegamos en el menú que aparece a Propiedades > Eventos > Pulsar. Damos clic en "<Agregar función>". En el menú que se nos presenta seleccionamos Funciones > Procesamiento por bits > Activar bit.

21. Hemos agregado la función "Activar bit" en el evento "Pulsar" y asignamos la variable "I0.0" e "I0.1" respectivamente a los botones de "marcha" y "paro"



Figura 4.24 Asignación de variable a botones del HMI.

22. Conectar ambos equipos por el puerto Ethernet X1 antes de correr la práctica.



Figura 4.25 Conexiones en el tablero

El funcionamiento de la práctica #4, El PLC en modo RUN, cargada su respectiva programación detallada en el marco procedimental y se observa la conexión del PLC a las láminas de mando y señalización y HMI.

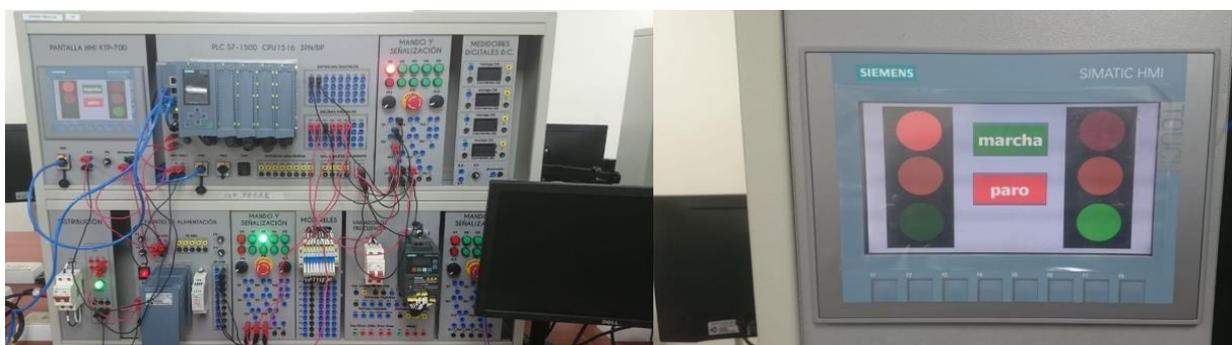


Figura 4.26 Señales mostradas en la pantalla HMI

Al accionar S2 o el botón marcha en HMI inicia el sistema de semaforización y se aprecia como el HMI se sincroniza con la lámina de mando y señalización a tiempo real, así mismo al accionar S1 o el botón paro en el HMI se ejecuta el paro total del sistema de semaforización.

#### **D. RECURSOS UTILIZADOS**

- Una computadora con software TIA Portal V15.1.
- Una lámina con PLC Siemens S7-1500.
- Una lámina de Distribución.
- Una lámina de Fuente de Alimentación.
- Una lámina de Mando y Señalización.
- Una lámina de HMI.



**ANEXO 5**

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA #5**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**DOCENTE**

**ING. CARLOS PÉREZ**

**TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS**

**TEMA: “Control secuencial de un motor a través de un variador de frecuencia”.**

## **A. OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Conocer el funcionamiento de un motor trifásico con operación de un variador de frecuencia siemens mediante un control secuencial.

### **Objetivo Específico:**

Realizar la programación de un control secuencial para un motor con un VDF

## **B. MARCO TEÓRICO**

Los variadores de frecuencia para procesos industriales son dispositivos electrónicos que permiten controlar la velocidad de un motor de corriente alterna (CA). Su función principal es generar un voltaje de CA que puede ajustarse para cumplir con los requisitos del cliente; es decir, controlar la frecuencia y el voltaje de salida del motor, suministrándole la energía al proceso.

El beneficio más trascendental de utilizar estos dispositivos es que se usan para cambiar sin problemas la velocidad de un motor de prácticamente cero a su velocidad nominal requerida, logrando así tener acceso a un rango de velocidad significativamente mayor. El par del motor se mantiene sin cambios. Por lo tanto, los operadores de planta pueden adaptar su tecnología de accionamiento a las condiciones que requieran en cualquier momento. Las industrias ahorran un 70% de energía a través de motores eficientes.

## **C. MARCO PROCEDIMENTAL**

1. Abrir el acceso directo del software TIA PORTAL V.15.1
2. Una vez abierto el software, dentro de la pantalla de inicio dar clic en "Crear Proyecto" aquí se deberá llenar los campos de Nombre de proyecto, ruta donde se desea guardar el proyecto, autor y comentario.

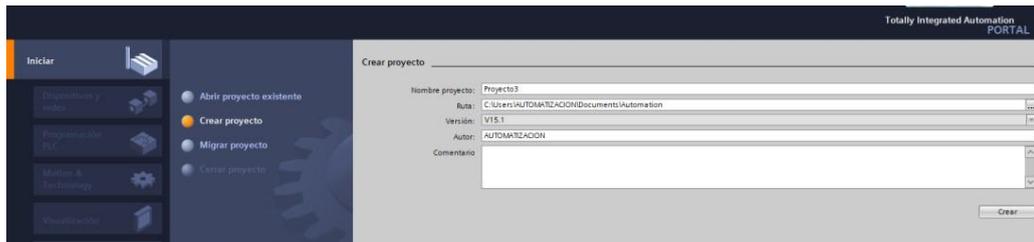


Figura 5.1 Pantalla de Inicio TIA Portal V15.1

3. Dar clic en el botón “Crear”, ubicado en la parte inferior de los campos anteriormente indicados.

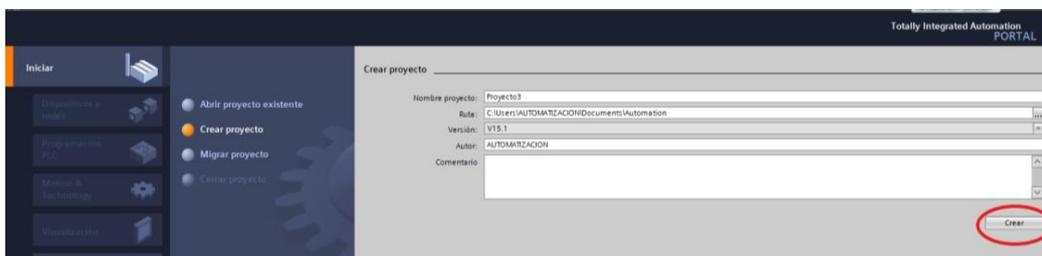


Figura 5.2 Ventana para seleccionar la opción crear proyecto.

4. Luego de dar un clic en la opción “Crear”, aparecerá la Vista Portal, la cual selecciona por defecto Primeros Pasos, dar clic en la pestaña con el nombre “Configurar un dispositivo”.



Figura 5.3 Pantalla de primeros pasos.

5. Mediante la ventana “Agregar dispositivo” es donde seguiremos los pasos:
  - Seleccionar el controlador deseado. En este caso clic en PLC > SIMATIC S7-1500 > CPU > CPU 1516-3PN/DP. Referencia 6ES7 516- 3AN01-0AB0. Dentro de

la opción versión en el lado derecho de la pantalla seleccionar “V2.6”.

- Clic en agregar.
- Una vez agregado un dispositivo aparecerá en la pantalla el nuevo equipo agregado.

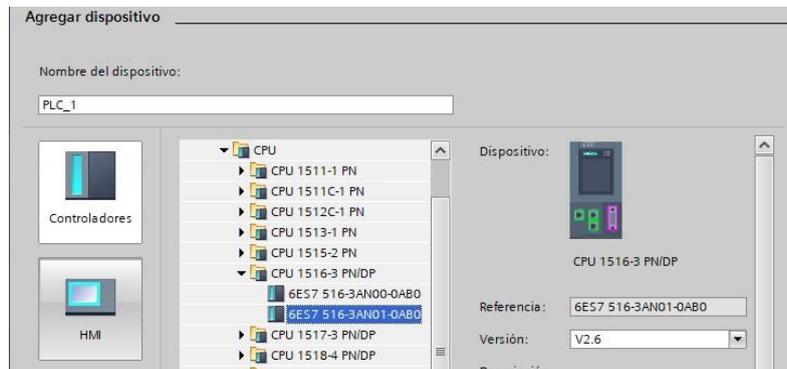


Figura 5.4 Agregar nuevo dispositivo.

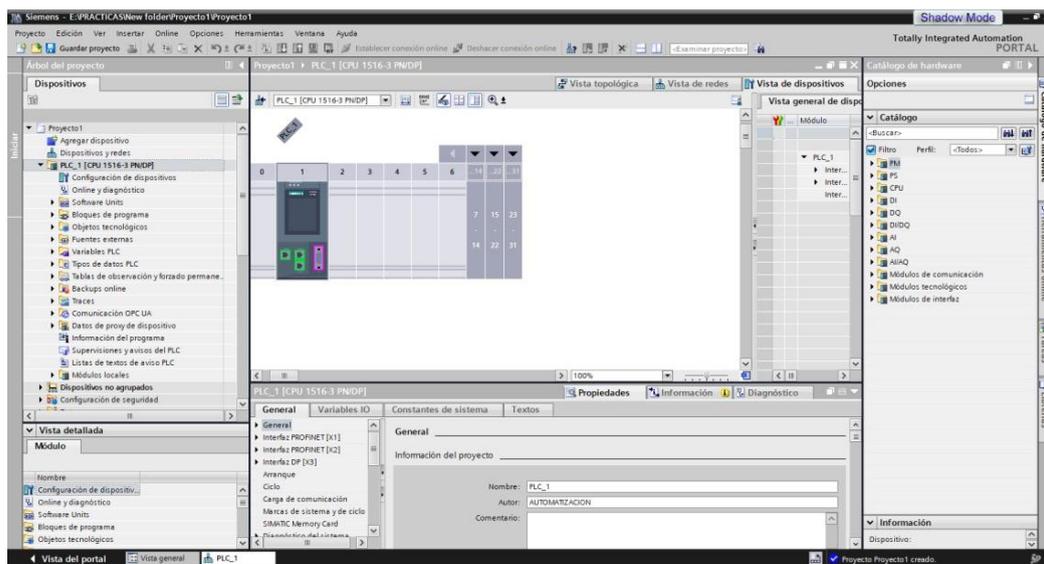


Figura 5.5 Pantalla del proyecto creado.

6. En la parte derecha de la pantalla en “Catálogo de Hardware” se procede a seleccionar los módulos periféricos que se utilizarán con el CPU, que en este caso son los siguientes:

- Entradas Digitales: DI > DI 32x24VDC HF > 6ES7 521-1BL00-0AB0
- Salidas Digitales: DQ > DQ 32x24VDC/0.5A HF > 6ES7 522-1BL01-0AB0

- Entradas Analógicas: AI > AI 8xU/I/RTD/TC ST > 6ES7 531-7KF00- 0AB0
- Salidas Analógicas: AQ > AQ 4xU/I ST > 6ES7 532-5HD00-0AB0

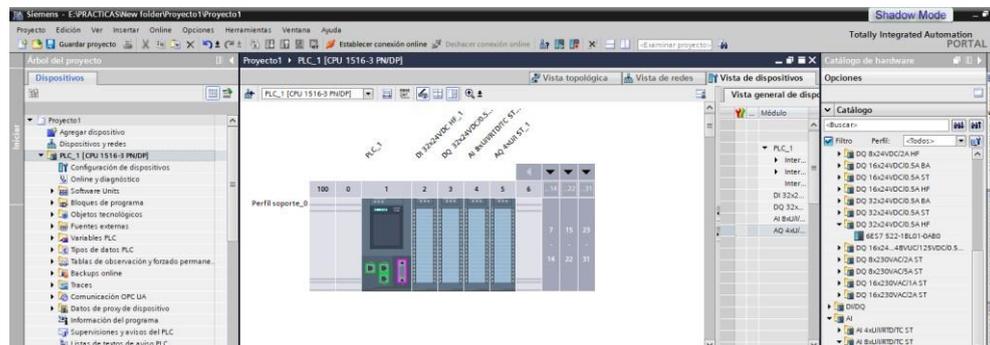


Figura 5.6 CPU con módulos periféricos.

7. Vamos a programar en el Segmento 1, nos dirigimos al árbol del proyecto luego dar clic en la pestaña de "PLC\_1", "Bloques de programa" y doble clic en "Main [OB1]"

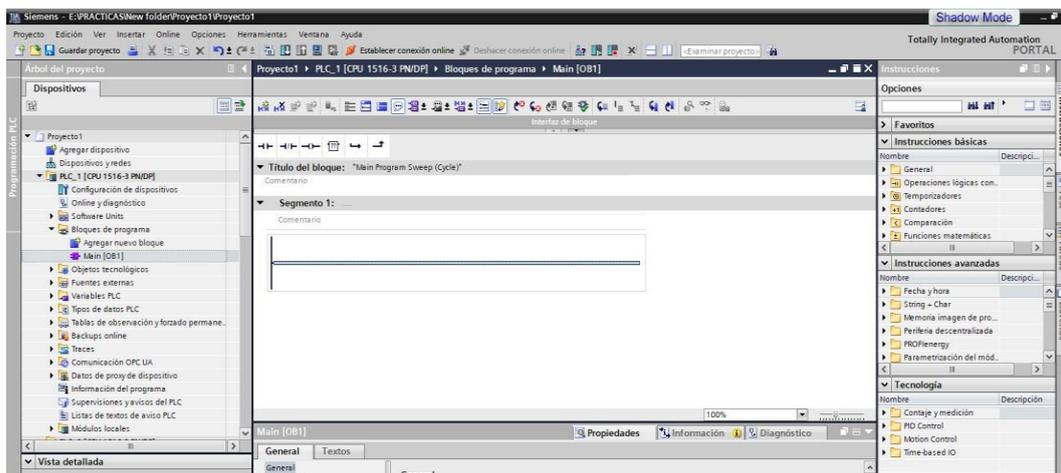


Figura 5.7 Programación PLC\_1.

8. En el Segmento 1 procedemos a agregar un contacto abierto, un contacto cerrado y una bobina. Para agregar estos elementos dirigimos a la tabla de Instrucciones > Instrucciones básicas > Operaciones lógicas con bits.

9. En el Segmento 1 agregamos una rama. En la tabla de Instrucciones > Instrucciones básicas > General. Agregamos un contacto abierto que se encuentre en paralelo con el primer contacto abierto. Seguido del menú General cerramos la rama.

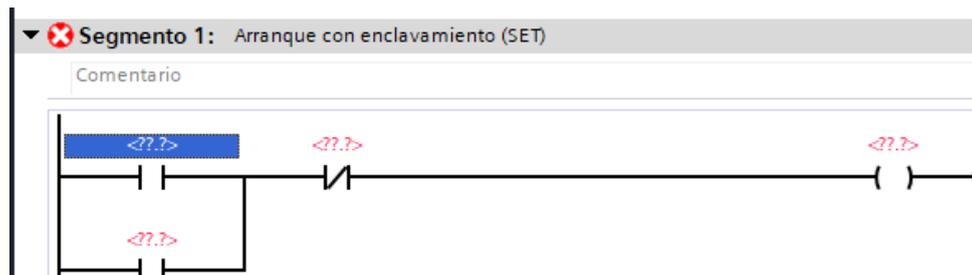


Figura 5.8 Configuración Segmento 1 del PLC.

10. Denominamos a al primer contacto abierto como “I0.0”, al contacto cerrado como “I0.1”, y la bobina y el segundo contacto abierto como “Q0.0”,

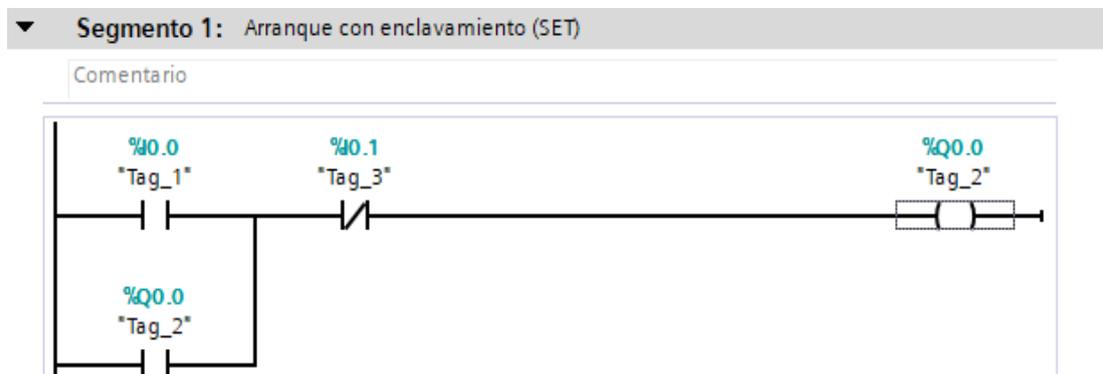


Figura 5.9 Programación de entradas y salidas en el programa del segmento1.

11. En este punto ya está programada la función principal a realizar ahora vamos a asignar nombres propios a cada elemento utilizado. Nos dirigimos a **Árbol de proyecto > PLC\_1 > Variables PLC > Mostrar todas las variables**. En este campo podemos observar todas las variables utilizadas, que tipos de dato son, nombre y dirección.

12. Procedemos a dar nombre propio a cada variable dando doble clic en la variable a cambiar el nombre:

- I0.0: “MARCHA”
- I0.1: “PARO”
- Q0.0: “LUZ\_MARCHA”

Estas variables nos brindan los datos necesarios para el funcionamiento de los bloques del programa.

Variables PLC							
	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...
1	ARRANQUE	Tabla de variabl...	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
2	PARO	Tabla de variables e..	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
3	MOTOR	Tabla de variables e..	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
4	<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Figura 5.10 Variables PLC.

13. Cargamos el programa en el PLC

14. Ahora debemos configurar el variador “Siemens V20” que vamos a utilizar, pero antes debemos entender cómo utilizar el panel BOP del equipo

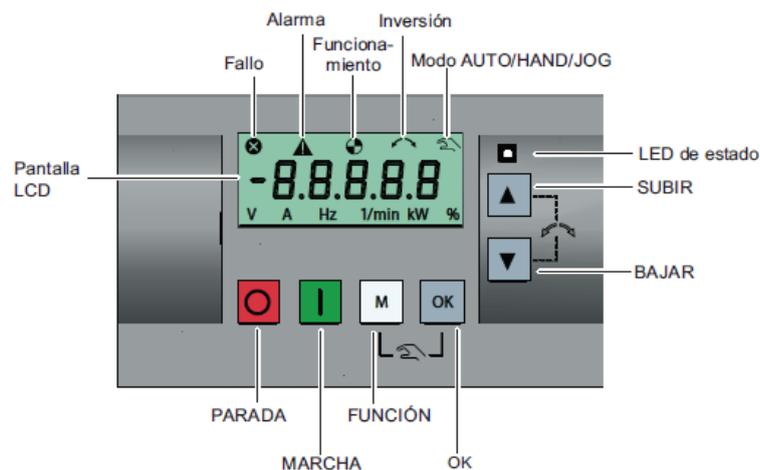


Figura 5.11 Panel BOP del Variador V20. (Siemens, 2013)

La función de los botones del Variador V20:

	<b>Detiene el convertidor</b>	
	Una pulsación	Reacción parada OFF1: El convertidor hace que el motor pase a una parada en el tiempo de deceleración definido en el parámetro P1121. <b>Nota:</b> Si está configurado para que sea una parada OFF1, este botón está inactivo en el modo AUTO.
	Pulsación doble (<2 s) o pulsación larga (>3 s)	Reacción parada OFF2: El convertidor permite que el motor haga una parada natural sin emplear ningún tiempo de deceleración.
	<b>Arranca el convertidor</b> Si el convertidor arranca en modo HAND/JOG, se muestra el icono de convertidor en funcionamiento (  ). <b>Nota:</b> Este botón está inactivo si el convertidor está configurado para el control desde bornes (P0700 = 2, P1000 = 2) y está en modo AUTO.	
	<b>Botón multifunción</b>	
	Pulsación breve (<2 s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Entra en el menú de ajuste de parámetros o pasa a la pantalla siguiente.</li> <li>• Reinicia la edición dígito a dígito del elemento seleccionado.</li> <li>• Si se pulsa dos veces en la edición dígito a dígito, vuelve a la pantalla anterior sin cambiar el elemento que se está editando.</li> </ul>
	Pulsación larga (<2 s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Vuelve a la pantalla de estado.</li> <li>• Entra en el menú de configuración.</li> </ul>
	Pulsación breve (<2 s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cambia entre los valores de estado.</li> <li>• Entra en el modo de edición de valores o cambia al dígito siguiente.</li> <li>• Borra los fallos.</li> </ul>
	Pulsación larga (<2 s)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Edición rápida de valores o números de parámetro.</li> </ul>

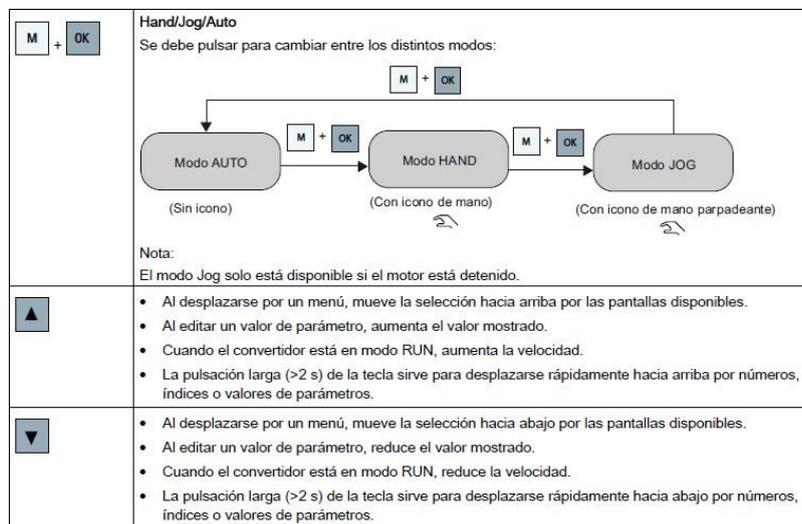


Figura 5.12 Funciones de los botones. (Siemens, 2013)

15. Ahora que entendemos cómo utilizar el BOP del variador necesitamos hacer la configuración inicial del motor dentro del variador ya sea porque es la primera vez de encendido del variador o para confirmar los valores y parámetros ingresados son correspondientes a los datos en la placa del motor.:

Parámetro	Nivel de acceso	Función	Menú de texto (si P8553 = 1)
P0100	1	<b>Selección de 50/60 Hz</b> =0: Europa [kW], 50 Hz (valor predeterminado de fábrica) =1: Norteamérica [hp], 60 Hz =2: Norteamérica [kW], 60 Hz	<b>EU-US</b> (EU - US)
P0304[0] •	1	<b>Tensión nominal del motor [V]</b> Tenga en cuenta que la entrada de los datos de la placa de características tiene que corresponder con el cableado del motor (en estrella/triángulo).	<b>MOT U</b> (MOT V)
P0305[0] •	1	<b>Corriente nominal del motor [A]</b> Tenga en cuenta que la entrada de los datos de la placa de características tiene que corresponder con el cableado del motor (en estrella/triángulo).	<b>MOT A</b> (MOT A)
P0307[0] •	1	<b>Potencia nominal del motor [kW/hp]</b> Si P0100 = 0 o 2, unidad de potencia del motor = [kW] Si P0100 = 1, unidad de potencia del motor = [hp]	P0100 = 0 o 2: <b>MOT P</b> (MOT P)

Figura 5.13 Parametrización Variador V20. (Siemens, 2013)

Parámetro	Nivel de acceso	Función	Menú de texto (si P8553 = 1)
P0308[0] •	1	<b>Factor de potencia nominal del motor (cosφ)</b> Visible solamente cuando P0100 = 0 o 2	<b>M COS</b> (M COS)
P0309[0] •	1	<b>Eficiencia nominal del motor [%]</b> Visible solamente cuando P0100 = 1 El ajuste 0 produce el cálculo interno del valor.	<b>M EFF</b> (M EFF)
P0310[0] •	1	<b>Frecuencia nominal del motor [Hz]</b>	<b>M FREQ</b> (M FREQ)
P0311[0] •	1	<b>Velocidad nominal del motor [RPM]</b>	<b>M RPM</b> (M RPM)
P1900	2	<b>Selección de la identificación de datos del motor</b> = 0: Deshabilitada = 2: Identificación de todos los parámetros en parada	<b>MOT ID</b> (MOT ID)

Figura 5.14 Parametrización Variador V20. (Siemens, 2013)

16. Ajustamos los parámetros de la siguiente manera para el motor que vamos a utilizar:

- P0100 = 1
- P0304 = 230
- P0305 = 1.89
- P0307 = 0.5
- P0309 = 0
- P0310 = 60
- P0311 = 1615

- P1900 = 2 (El equipo debe estar conectado al motor antes de dar ok en este parámetro)

Los datos que se introdujeron pertenecen a la placa del motor del laboratorio si se desea utilizar un motor diferente se requiere cambiar los datos de cada parámetro acorde a los datos de la placa.

17. El siguiente paso es ingresar la macro de conexión dentro del Variador de Frecuencia.

Macro de conexión	Descripción	Pantalla de ejemplo
Cn000	Ajuste predeterminado de fábrica. No hace cambios en los parámetros.	  El signo menos indica que esta macro es la macro seleccionada actualmente.
Cn001	BOP como la única fuente de regulación.	
Cn002	Control desde los bornes (PNP/NPN).	
Cn003	Velocidades fijas.	
Cn004	Modo binario de velocidad fija.	
Cn005	Entrada analógica y frecuencia fija.	
Cn006	Control con pulsador externo.	
Cn007	Pulsador externo con consigna analógica.	
Cn008	Regulación PID con referencia de entrada analógica.	
Cn009	Regulación PID con referencia de valor fija.	
Cn010	Regulación USS.	
Cn011	Regulación MODBUS RTU.	

Figura 5.15 La Macro de conexión utilizada en la práctica es el Cn002. (Siemens, 2013)

18. Macro Conexión Cn002 (PNP/NPN). Estas configuraciones realizan un control externo con potenciómetro bajo consigna. Las configuramos de la siguiente manera:

- Conmutador Hand/Auto entre BOP y los bornes pulsando  + .
- Tanto NPN como PNP se pueden realizar con los mismos parámetros. Puede cambiar la conexión del borne común de entrada digital a 24V o 0V para decidir el modo.

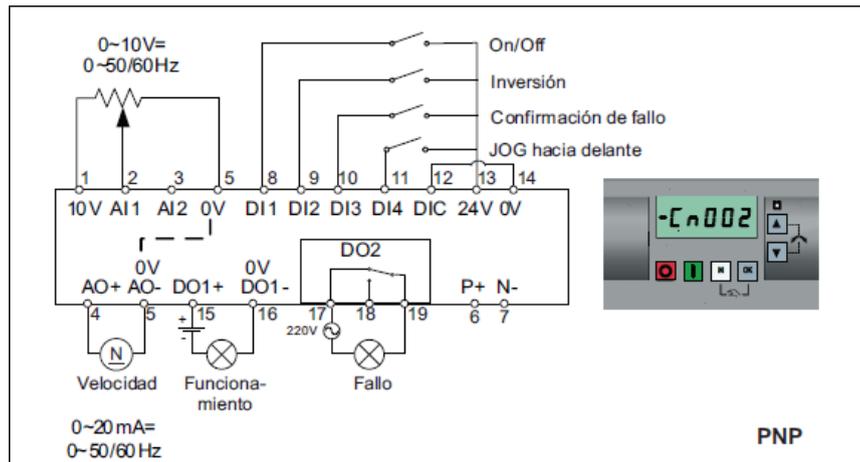


Figura 5.16 Macro conexión Cn002 en negativo común. (Siemens, 2013)

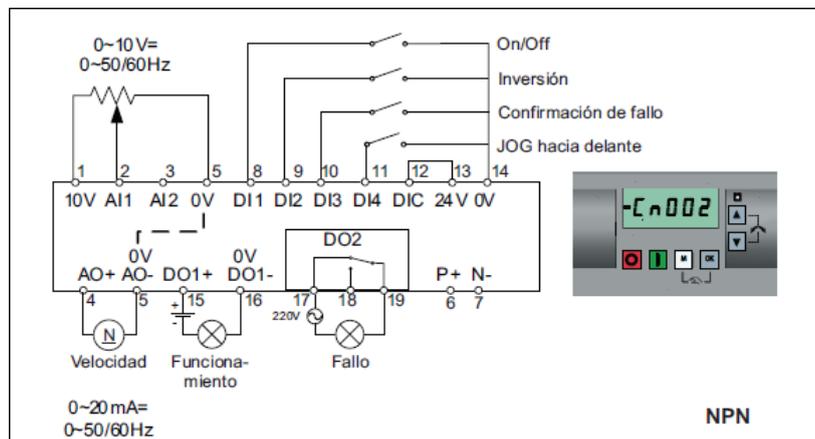


Figura 5.17 Macro conexión Cn002 en positivo común. (Siemens, 2013)

19. En la Tabla 5.1 se muestra los parámetros necesarios y el valor de configuración para la macro conexión Cn002:

Tabla 5.1 Parámetros para la configuración macro Cn002.

Parámetro		Ajustes de fabrica	Ajustes	
	Descripción		Cn002	Observaciones
P0700[0]	Selección de la fuente de señales de mando	1	2	Borne como fuente de señales de mando
P1000[0]	Selección de frecuencia	1	2	Analógica como
				consigna de velocidad
P0701[0]	Función de entrada digital 1	0	1	ON/OFF
P0702[0]	Función de entrada digital 2	0	12	Inversión
P0703[0]	Función de entrada digital 3	9	9	Confirmación de fallo
P0704[0]	Función de entrada digital 4	15	10	JOG hacia adelante
P0771[0]	Cl: Salida analógica	21	21	Frecuencia real
P0731[0]	Bl: Función de salida digital 1	52.3	52.2	Convertidor de funcionamiento
P0732[0]	Bl: Función de salida digital 2	52.7	52.3	Fallo del convertidor activo

20. Una vez configurados todos los parámetros podemos poner en funcionamiento la práctica con las conexiones correspondientes del equipo como está indicado previamente ya sea para NPN o PNP.

El PLC en modo RUN, cargada su respectiva programación detallada en el marco procedimental y se observa la conexión del PLC a las láminas de mando y señalización, relés, variador de frecuencia V20 y Motor Trifásico ABB.

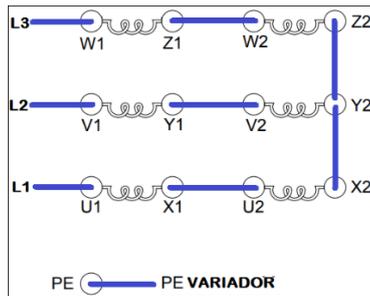


Figura 5.18 Conexión Estrella Serie del motor trifásico.

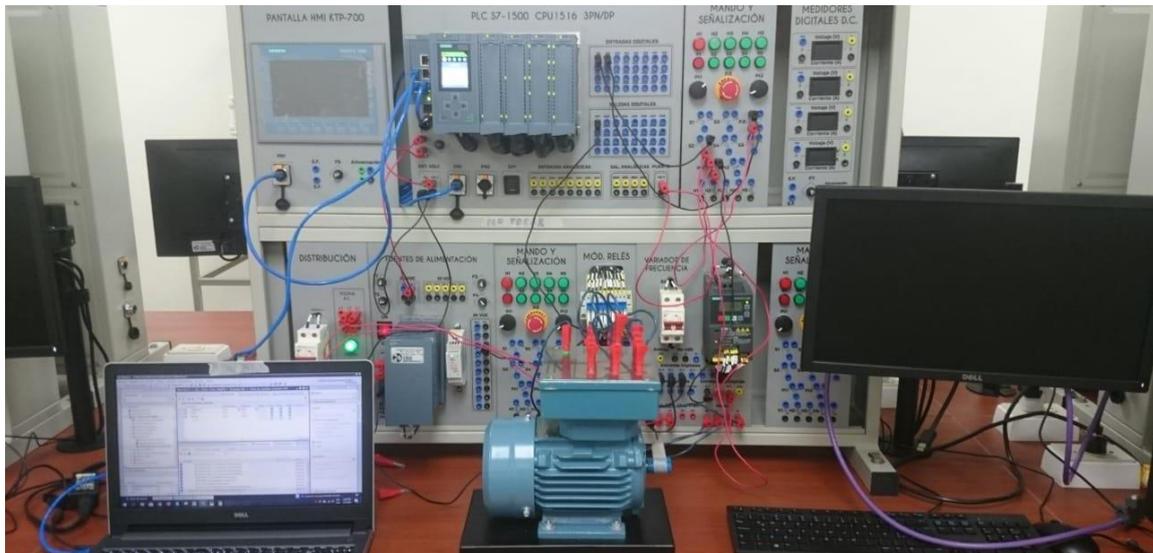


Figura 5.19 Conexiones en el tablero

#### D. RECURSOS UTILIZADOS

- Una computadora con software TIA Portal V15.1.
- Una lámina con PLC Siemens S7-1500.
- Una lámina de Distribución.
- Una lámina de Fuente de Alimentación.
- Una lámina de Mando y Señalización.
- Una lámina de Variador de frecuencia V20.
- Un motor ABB Trifásico M2QA.

# E. DIAGRAMA DE CONEXIONES

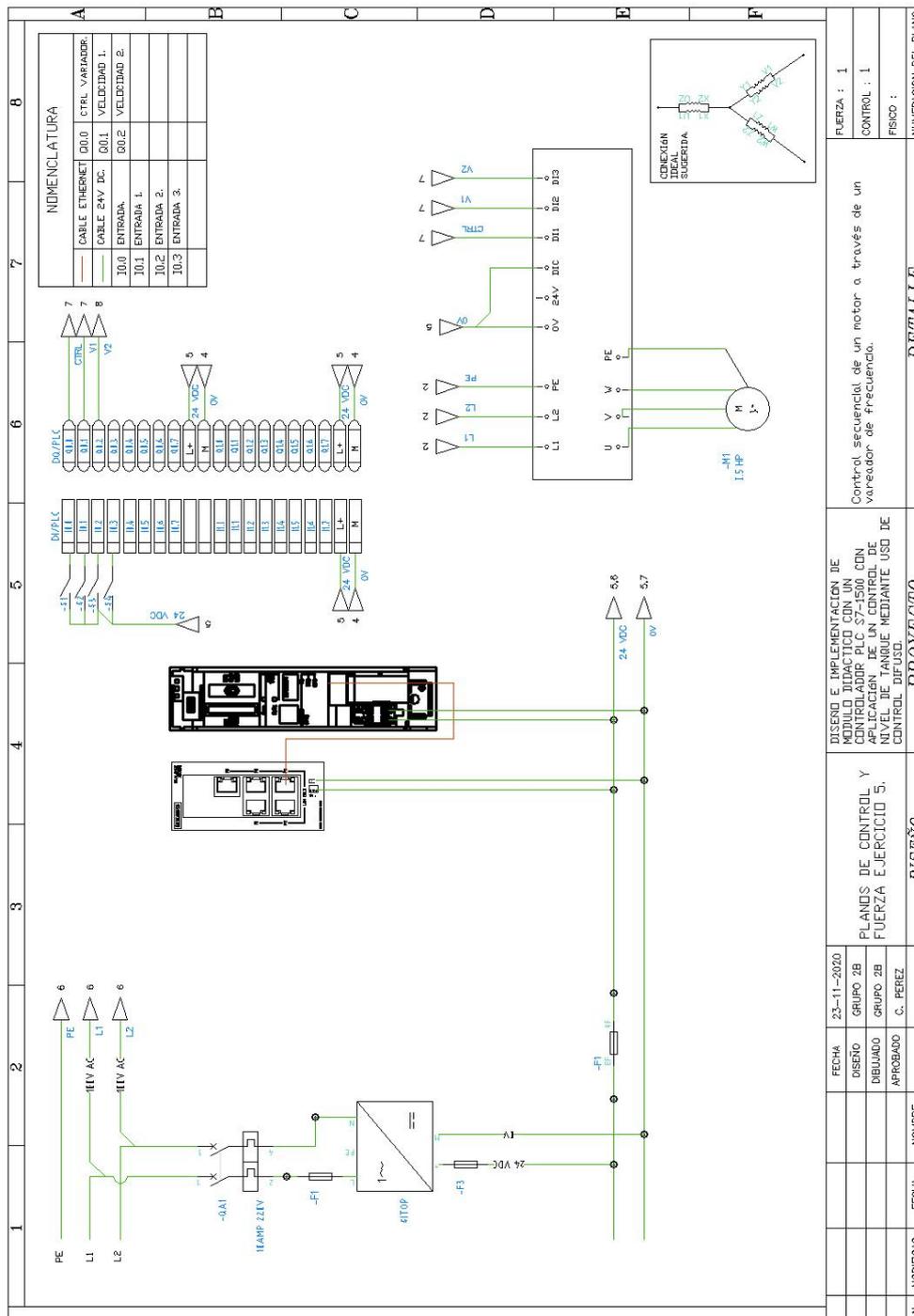


Figura 5.18 Diagrama de fuerza y control Práctica #5

**ANEXO 6**

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA #6**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**DOCENTE**

**ING. CARLOS PÉREZ M.**

**TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS**

**TEMA: “Control de nivel de un tanque por un sistema de bombeo mediante el uso de botoneras”.**

## A. OBJETIVOS

Objetivo General:

Conocer el uso de las diferentes componentes de la planta en especial el uso para aplicaciones de bombeo de un tanque a otro.

Objetivo Específico:

Realizar la programación de un control de llenado de tanque en TIA Portal usando pulsantes como control manual.

## B. MARCO TEÓRICO

Los procesos industriales requieren de máquinas y de equipos que manejen algoritmos generados en controladores lógicos programables (PLC's), que tienen la ventaja de poder ser modificados al existir nuevos requerimientos de los procesos, de forma fácil y rápida. Los algoritmos de control aseguran la confiabilidad del proceso al incluir en su programación todas las posibilidades de riesgo para el operador y la planta.

En la figura 1, es presentado un esquema de red industrial Profinet empleando equipos SIEMENS en diferentes procesos industriales.

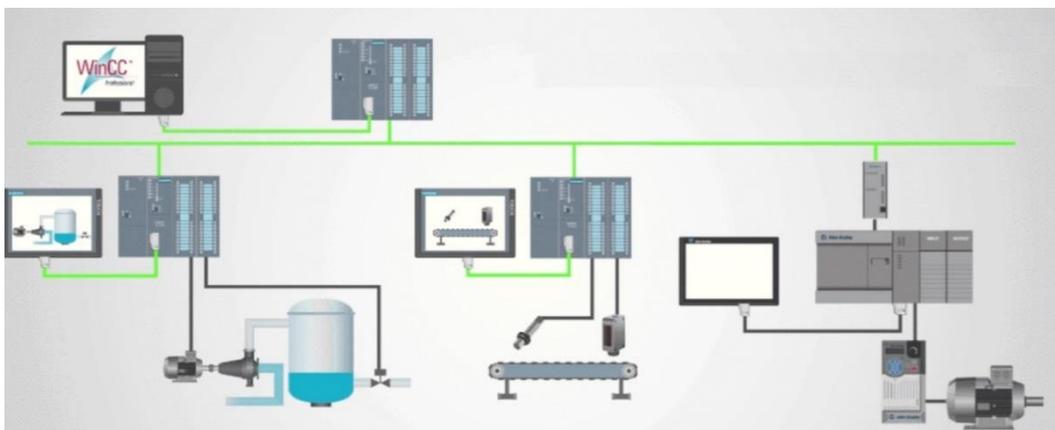


Figura 6.1 Esquema de un sistema SCADA

En la figura 6.2, es realizar control alrededor de un punto específico; por ello, es necesario cambiar los valores de proporcional, integral y derivativo con cada "receta" que se utilice.

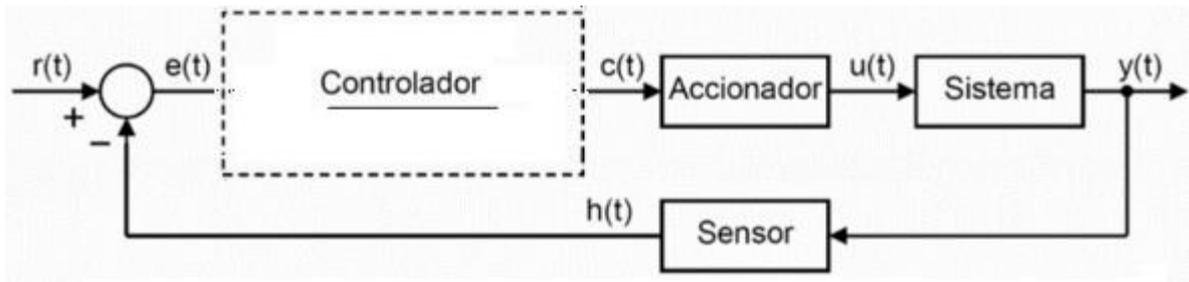


Figura 6.2 Esquema de Control

### C. MARCO PROCEDIMENTAL

A continuación, se detalla de manera secuencial la programación del PLC S 1500

1. Para configuración de la red desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Configuración de dispositivo>General>Interfaz PROFINET [x1] >Configurar la dirección IP 172.18.123.23 con mascara de subred en 255.255.255.0

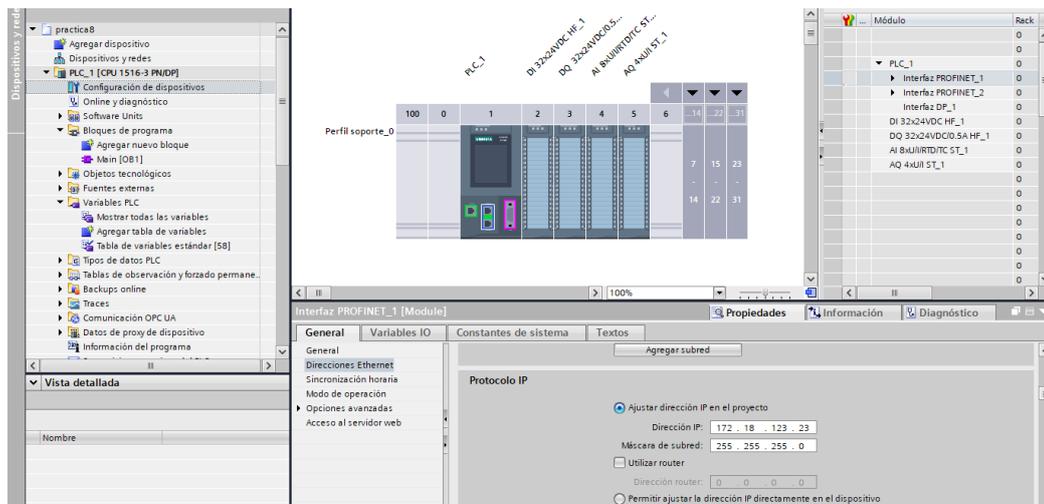


Figura 6.3 Configuración de dirección IP.

2. Para que el OPC pueda operar hay que habilitar lo siguiente: Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Configuración de dispositivo >General >Protección & Seguridad >Mecanismos de conexión activar la opción de Permitir acceso vía comunicación PUT/GET del interlocutor remoto.

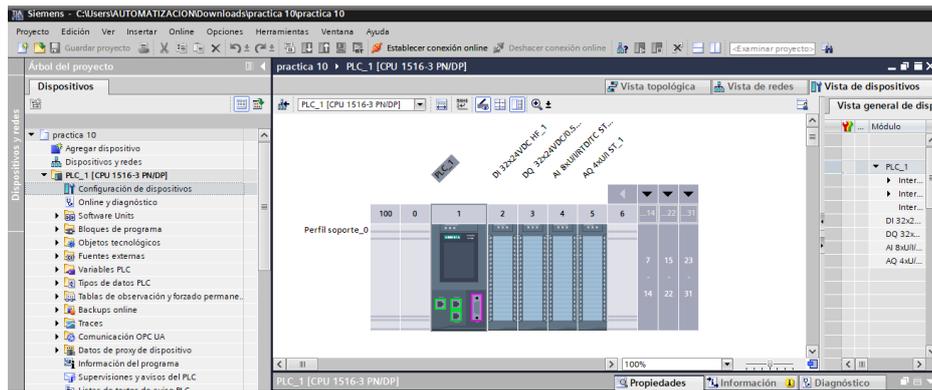


Figura 6.4 Habilitación de protección para permitir comunicación OPC

3. Crear las variables a utilizarse, desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Variables PLC >Mostrar todas las variables >asignar variables.

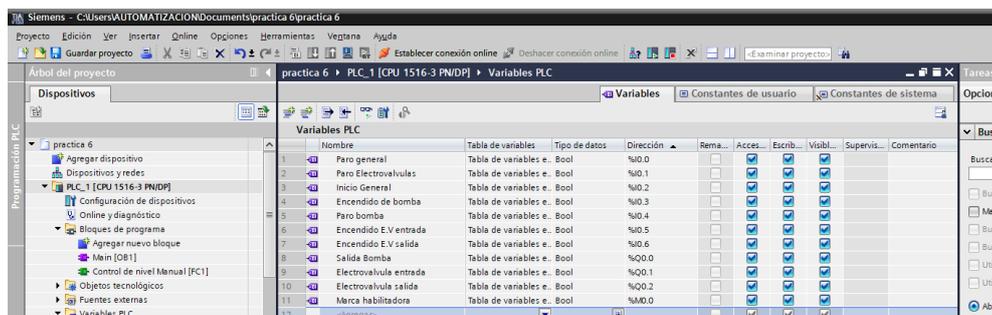


Figura 6.5 Variables del PLC

4. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>Agregar nuevo bloque> Seleccionar FC(Función) >Asignar nombre "Control de nivel Manual".

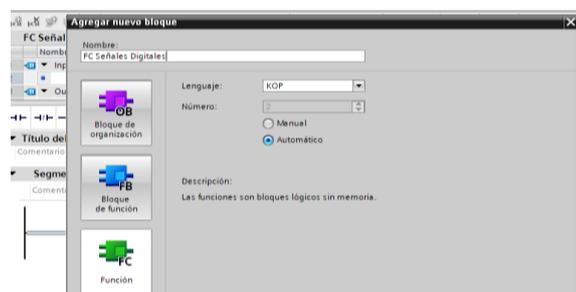


Figura 6.6 Creación de Función para Control de nivel Manual.

5. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>FC Control de nivel Manual >En el segmento 1, crear 1 contacto abierto para crear la variable IO.2 “Inicio General”, la cual habilitará una bobina set M0.0 “Marca Habilitadora”. Continuando con el segmento 2, el contacto abierto IO.0 “Paro general” activará las bobinas reset de: M0.0 “Marca Habilitadora”, Q0.0 “Salida Bomba”, Q0.1 “Electroválvula entrada, Q0.2 “Electroválvula salida.

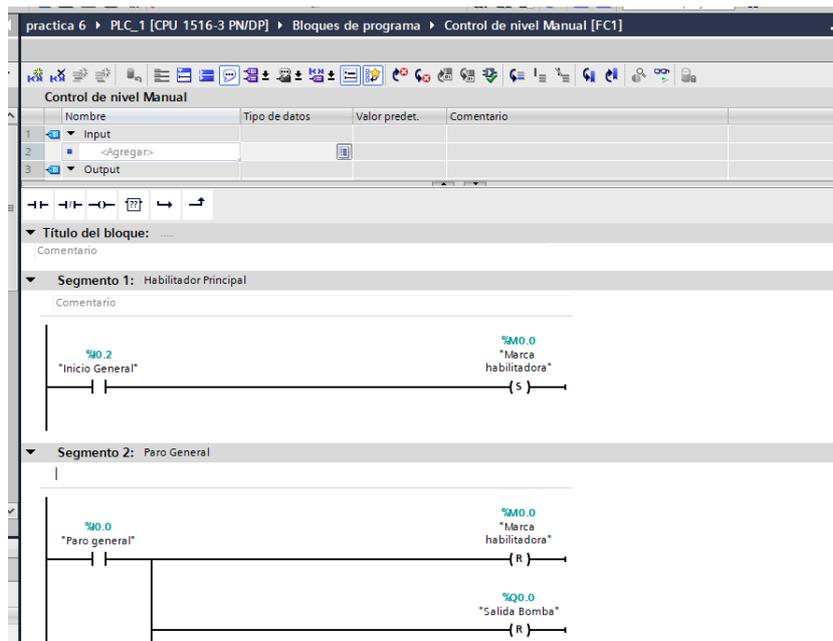


Figura 6.7 Programación de segmentos 1 y 2.

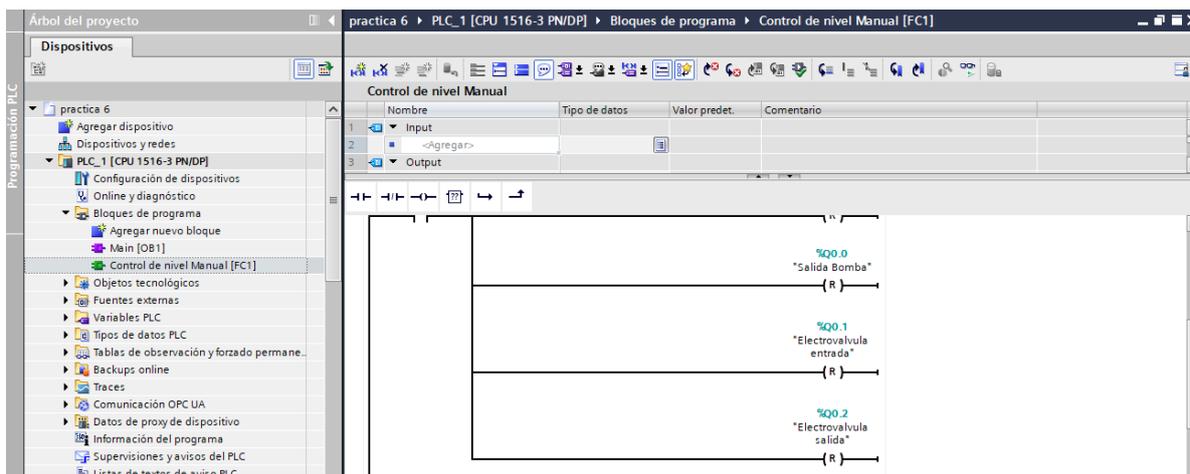


Figura 6.8 Programación de segmento 2.

6. Para el segmento 3, se debe crear una línea de programación con dos contactos abiertos en serie con una bobina. La bobina Q0.0 “Salida Bomba” es activada

mediante M0.0 “Marca habilitadora” y I0.3 “Encendido de bomba”. El interruptor I0.4 “Paro bomba” desactiva la bomba a través de Q0.0 “Salida Bomba”.

7. En el segmento 4, es controlado el nivel del tanque mediante las Q0.1 “electroválvulas entrada” y Q0.2 “electroválvulas salida” mediante las entradas digitales I0.5 “Encendido E. V. entrada” y I0.6 “Encendido E. V. salida”.

8. Para detener el funcionamiento de las Electroválvulas de entrada y salida Q0.1 y Q0.2 sin necesidad de detener todo el sistema, se implementa un interruptor abierto de I0.1 “Paro Electroválvulas”.

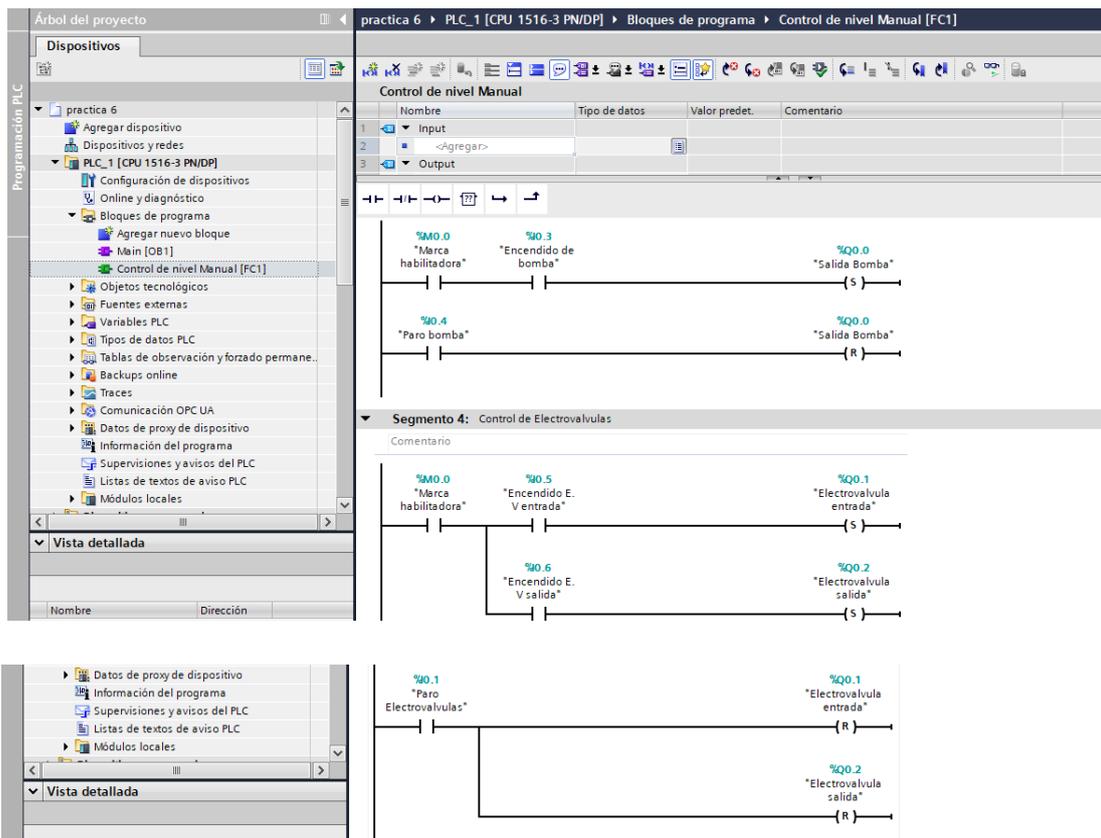


Figura 6.9 Programación de segmentos 3 y 4.

9. Ingresar al programa principal MAIN OB1 y colocar la función “Control de nivel Manual”.

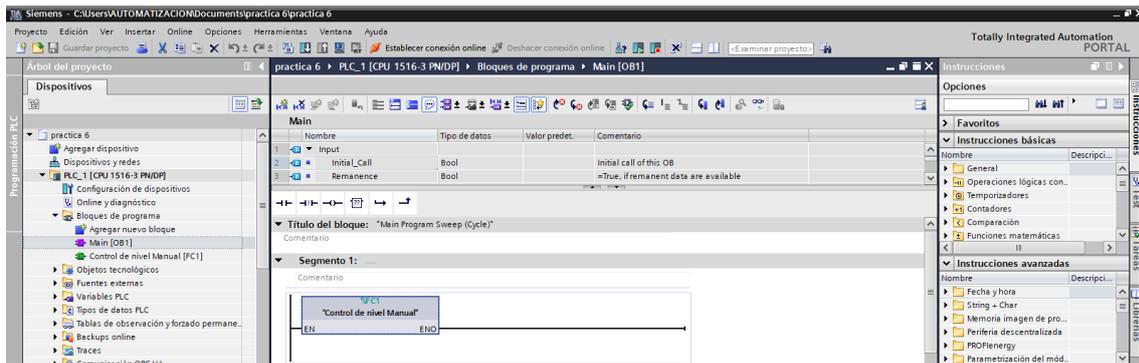


Figura 6.10 Programación bloque Main.

El PLC en modo RUN, cargada su respectiva programación detallada en el marco procedimental y se observa la conexión del PLC a las láminas de mando y señalización, relés.

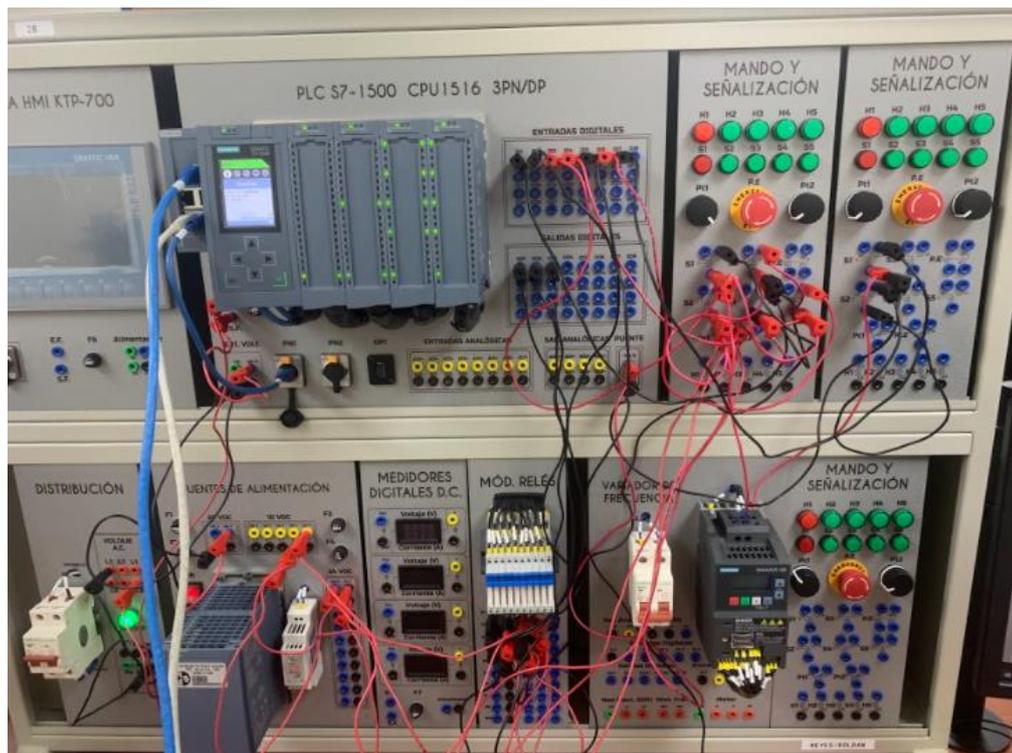


Figura 6.11 Conexiones en el tablero



Figura 6.12 Conexiones en la planta didáctica

#### **D. RECURSOS UTILIZADOS**

- a. Una computadora con software TIA Portal V15.1.
- b. Una lámina con PLC Siemens S7-1500.
- c. Una lámina de Distribución.
- d. Una lámina de Fuente de Alimentación.
- e. Una lámina de Mando y Señalización.
- f. Una lámina de Relés.
- g. Módulo de tanques de nivel

# E. DIAGRAMA DE CONEXIONES

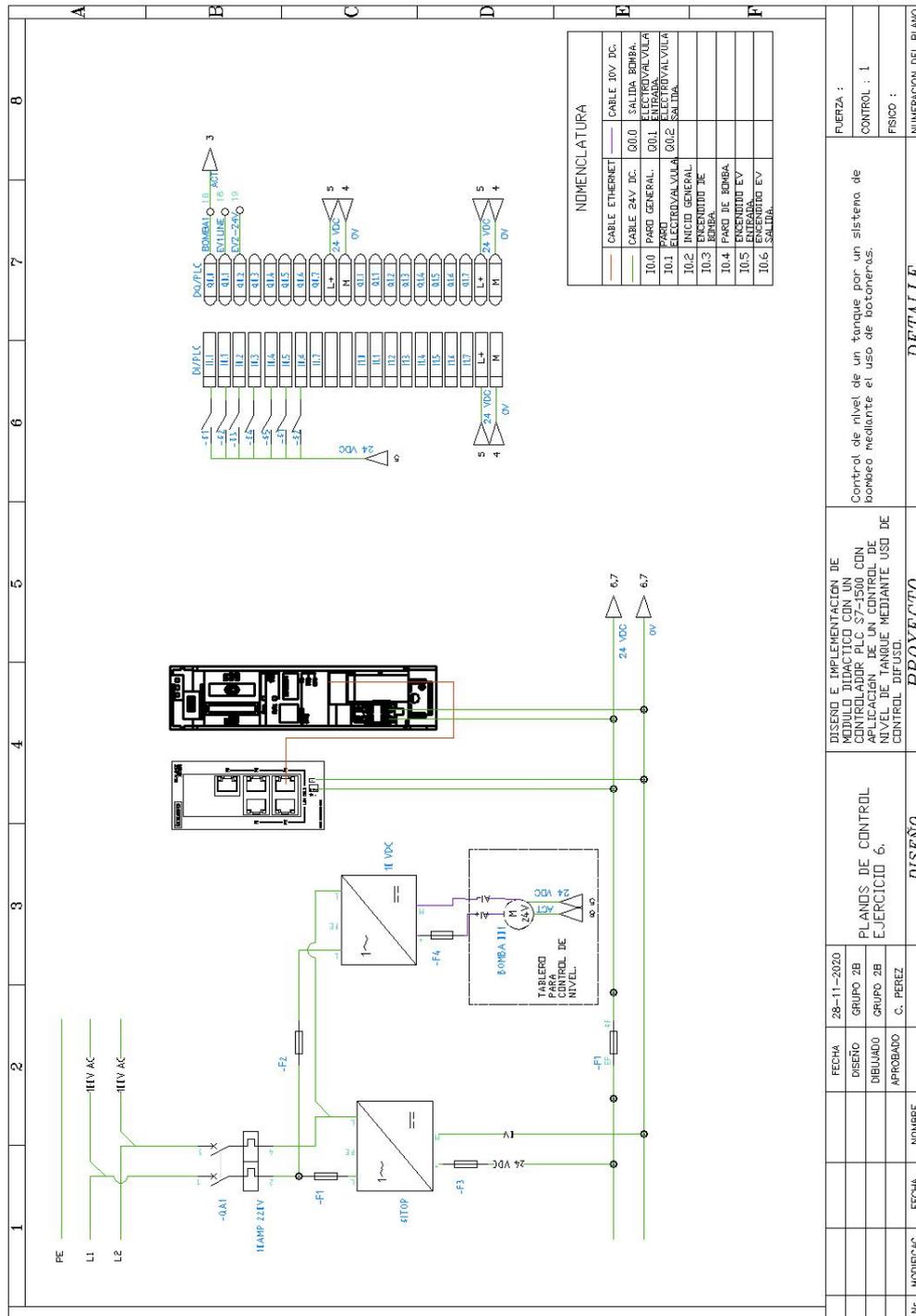


Figura 6.13 Diagrama de fuerza y control Práctica #6

**ANEXO 7**

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA #7**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**DOCENTE**

**ING. CARLOS PÉREZ M.**

**TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS**

**TEMA: “Control de nivel de un tanque por un sistema de bombeo mediante el uso de boya (digital) y sensor de nivel (analógica) con opción de elegir el control”.**

## A. OBJETIVOS

### Objetivo General:

Conocer el uso de las diferentes componentes de la planta en especial el uso para aplicaciones de bombeo de un tanque a otro.

### Objetivo Específico:

Realizar la programación de un control de llenado de tanque en TIA Portal usando los diferentes sensores que se encuentran en la planta.

## B. MARCO TEÓRICO

Los procesos industriales requieren de máquinas y de equipos que manejan algoritmos generados en controladores lógicos programables (PLC's), que tienen la ventaja de poder ser modificados al existir nuevos requerimientos de los procesos, de forma fácil y rápida. Los algoritmos de control aseguran la confiabilidad del proceso al incluir en su programación todas las posibilidades de riesgo para el operador y la planta.

En la figura 7.1, es presentado un esquema de red industrial Profinet empleando equipos SIEMENS en diferentes procesos industriales.

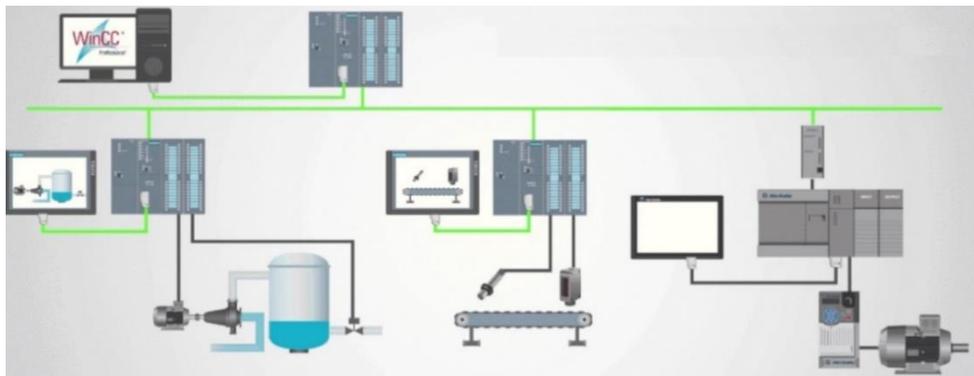


Figura 7.1 Esquema de un sistema SCADA

En la figura 7.2, es realizar control alrededor de un punto específico; por ello, es necesario cambiar los valores de proporcional, integral y derivativo con cada "receta" que se utilice.

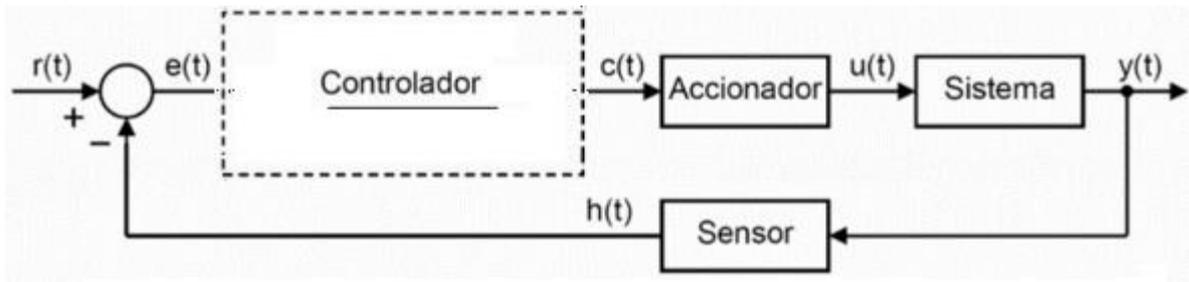


Figura 7.2 Esquema de Control

### C. MARCO PROCEDIMENTAL

A continuación, se detalla de manera secuencial la programación del PLC S 1500

1. Para configuración de la red desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Configuración de dispositivo>General>Interfaz PROFINET [x1] >Configurar la dirección IP 172.18.123.23 con mascara de subred en 255.255.255.0

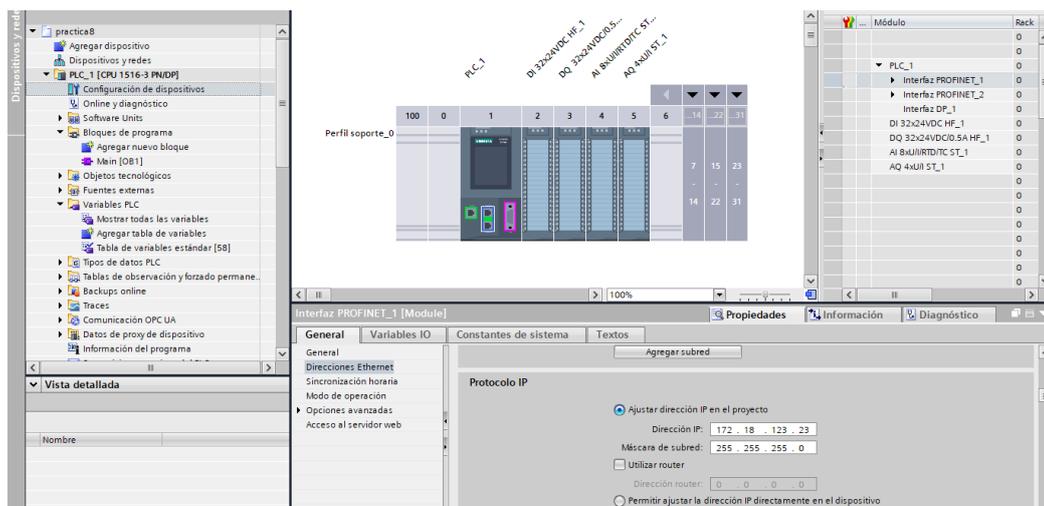


Figura 7.3 Configuración de dirección IP.

2. Para que el OPC pueda operar hay que habilitar lo siguiente:

Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Configuración de dispositivo >General >Protección & Seguridad >Mecanismos de conexión activar la opción de Permitir acceso vía comunicación PUT/GET del interlocutor remoto.

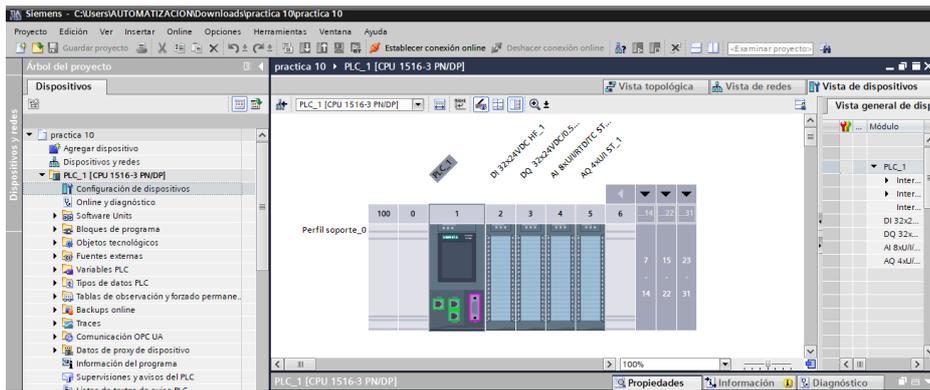


Figura 7.4 Habilitación de protección para permitir comunicación OPC

3. Crear las variables a utilizarse, desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Variables PLC >Mostrar todas las variables >asignar variables

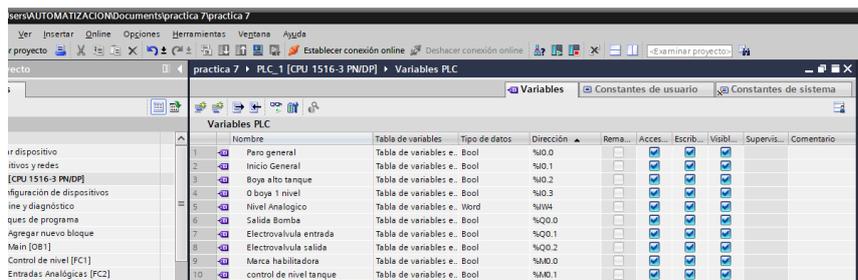


Figura 7.5 Variables del PLC

4. Crear Función para procesamiento de señales analógicas, desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa> Agregar nuevo bloque>Seleccionar FC(Función) >Asignar nombre FC Señales Analógicas.



Figura 7.6 Creación de Función para señales analógicas

5. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>Agregar nuevo bloque> Seleccionar FC(Función) >Asignar nombre FC Control de Nivel.
6. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>Agregar nuevo bloque> Seleccionar DB (Bloque de datos) >Asignar nombre BD\_1.

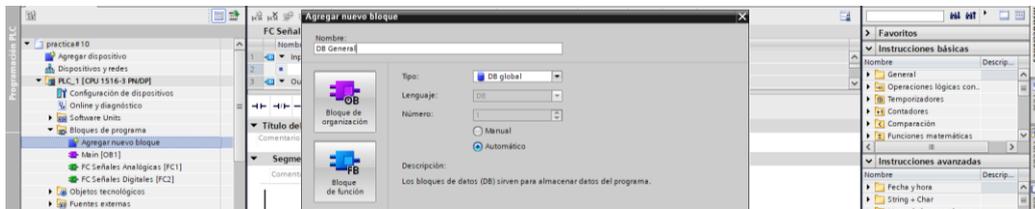


Figura 7.7 Creación de bloque de datos general

7. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>DB General>Asignar las variables que se muestra en la Figura.

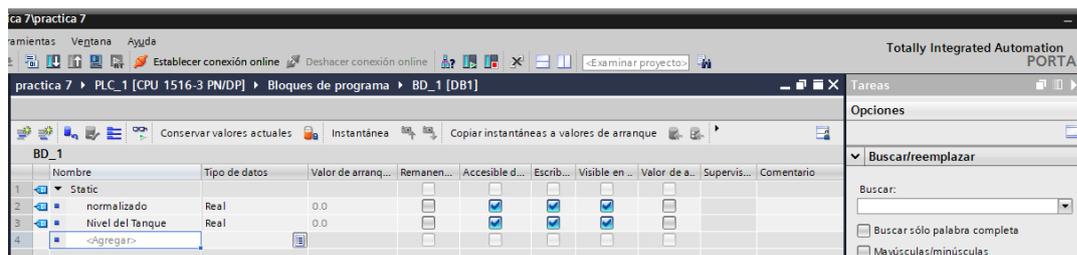


Figura 7.8 Variables de bloque de datos

8. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>FC Señales Analógicas> En el segmento 1 crear 2 bloques, NORM\_X y SCALE\_X.

Para NORM\_X configurar el tipo de dato como entrada "Int" y salida "real" es decir "Int to Real". En VALUE usar IW4 "Nivel Analógico", Como valor mínimo (MIN) colocar 0 y como valor máximo (MAX) colocar el valor de 27585. Para el valor de la salida (OUT) usar la variable de presión del bloque de datos creado, es decir en OUT usar la siguiente variable "BD\_1" "Normalizado".

Para SCALE\_X configurar el tipo de dato como entrada “real” y salida “real” es decir “Real to Real”. En VALUE usar “BD\_1” “Normalizado”, como valor mínimo (MIN) colocar 0.0 y como valor máximo (MAX) colocar el valor de 285. Para el valor de la salida (OUT) usar la variable “BD\_1” “Nivel del Tanque” del bloque de funciones analógicas.

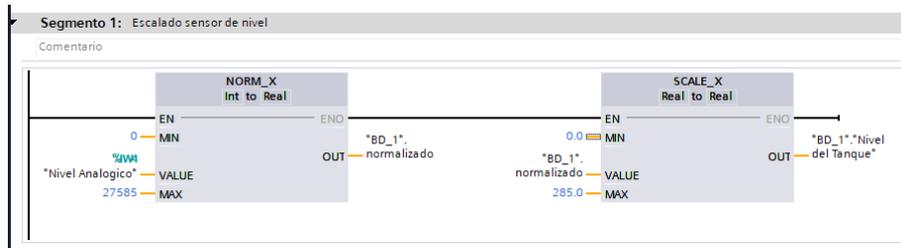


Figura 7.9 Programación lectura nivel del tanque.

9. Para el segmento 2, se crean un bloque comparador “Mayor Igual” en el cual le asignamos como variable de entrada “BD\_1” “Nivel del Tanque, y colocamos el valor de consigna “280” y seguido de esto creamos una bobina de salida “Reset” con la variable “M0.1”. Agregamos otra rama en la cual ahora usaremos el comparador “Menor Igual” con valor de consigna “200”, y la salida a una bobina “Set” de la variable “M0.1”.

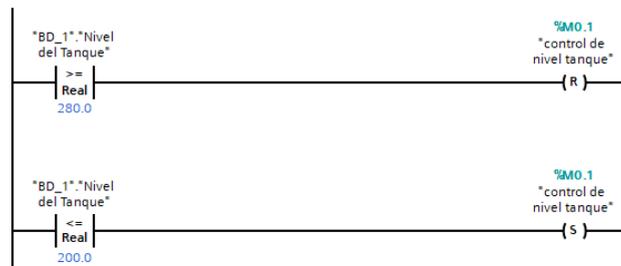


Figura 7.10 Programación Segmento 2.

10. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>FC Control de Nivel. En el segmento 1 crear 1 contacto abierto para crear la variable I0.1 “Inicio General”, para la salida usar una bobina “Set” con la variable M0.0 “Marca Habilitadora”.

Continuando con el segmento 2 para crear la bobina con la variable I0.0 "Paro General", para la bobina de salida usar la misma variable "M0.0"

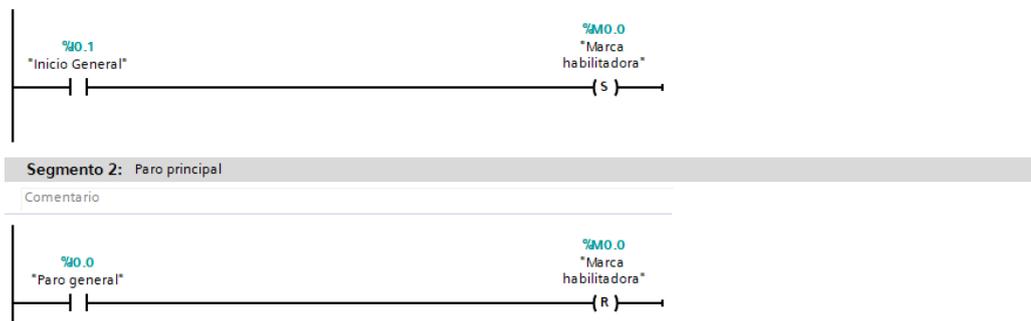


Figura 7.11 Programación de inicios y habilitaciones

11. Para el segmento 3, crear una línea de programación con un contacto abierto el cual habilita dos bobinas de salida en paralelo.

Para el contacto abierto se usara la variable M0.0 y para las salidas en paralelo se usaran las variables Q0.1 y Q0.2 las cuales pertenecen a las electroválvulas de entrada y salida de la planta.

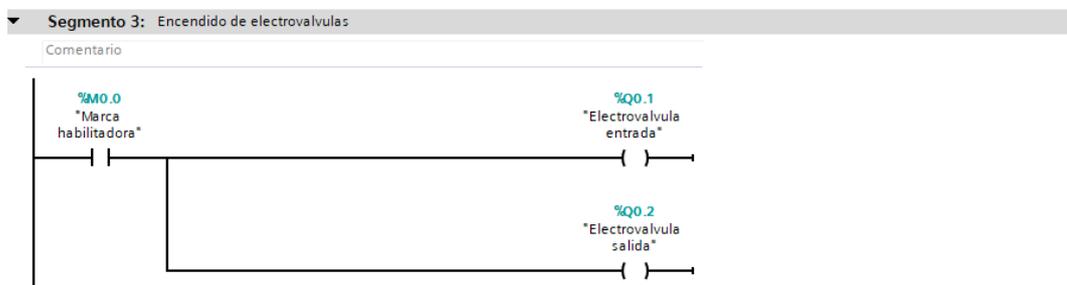


Figura 7.12 Programación de segmento 3 de señales digitales.

12. En el segmento 4, se plantea la secuencia de contactos para el control de la bomba. El contacto M0.0 habilita todo el segmento; así la bomba funciona con 2 condiciones:

- Si la boya 1 y la boya de nivel alto no están detectando producto.

- Si la boya 1 y la boya de nivel alto están detectando producto; y también si el nivel alcanza un valor de 200 indicado por la bobina M0.1.

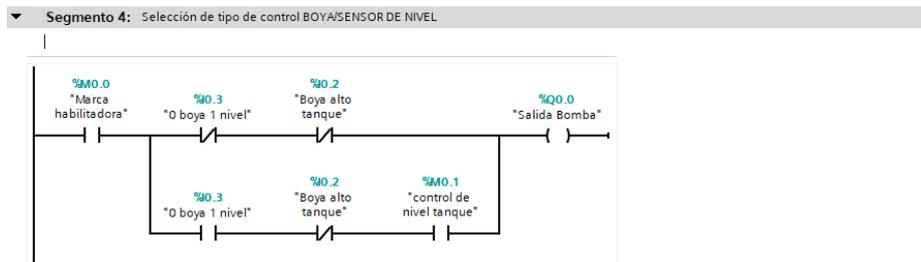


Figura 7.13 Programación de segmento 4.

13. Con las funciones creadas, regresar al programa principal MAIN PRINCIPAL y colocar las 2 funciones creadas anteriormente.

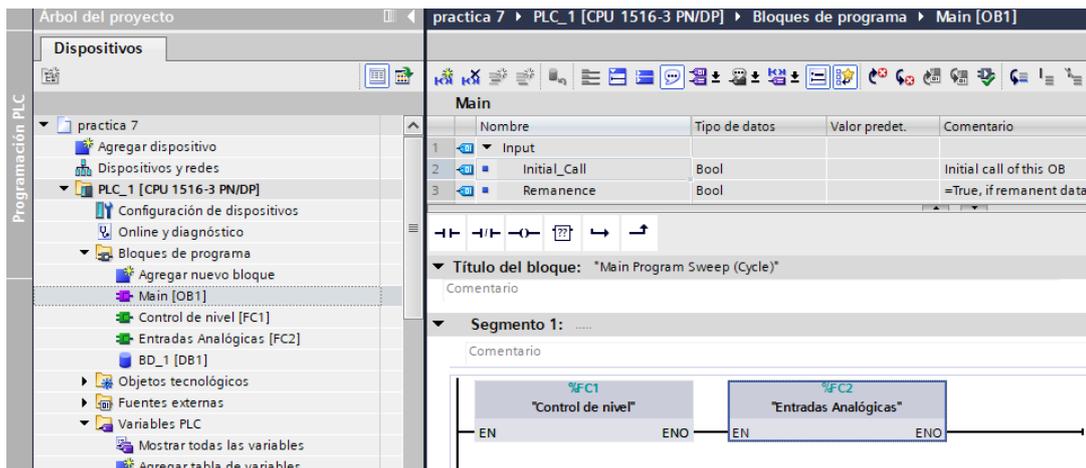


Figura 7.14 Programación de bloque Main.

14. Mediante el modo supervisión en el programa TIA Portal, es posible observar cómo se producen las secuencias indicadas anteriormente.

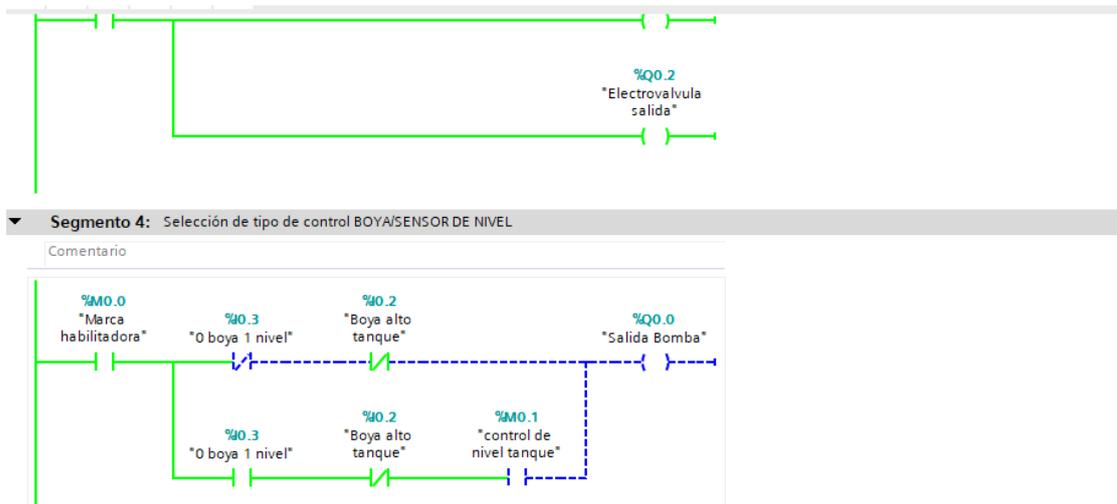


Figura 7.15 Secuencias de control de la bomba

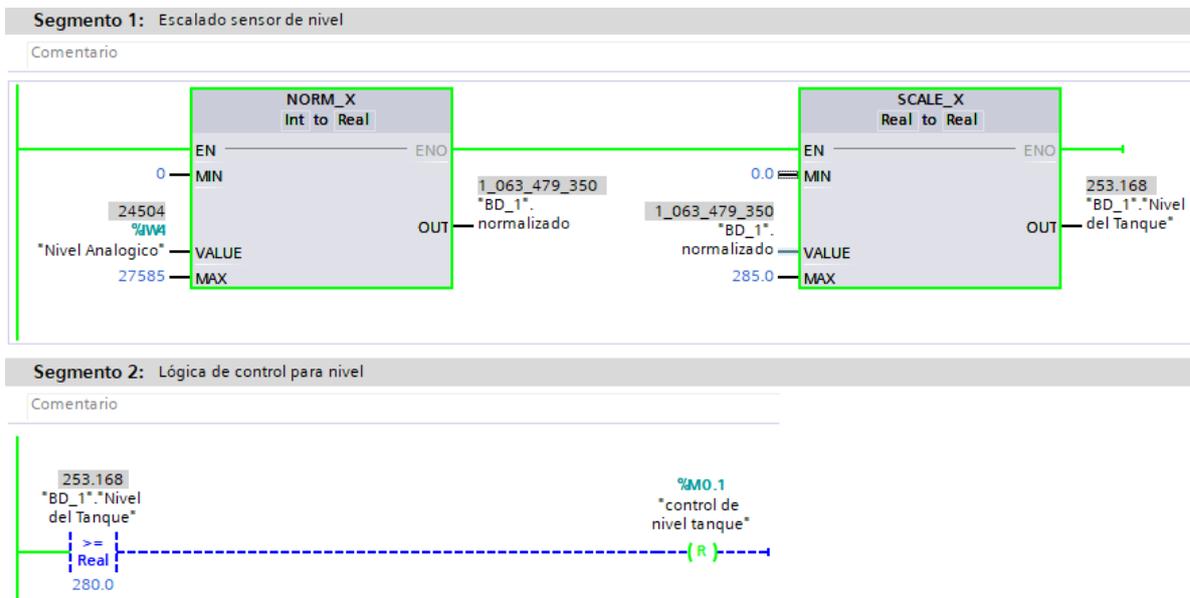


Figura 7.16 Observación del sistema de conversión de señales analógicas

El PLC en modo RUN, cargada su respectiva programación detallada en el marco procedimental y se observa la conexión del PLC con el módulo de nivel.



Figura 7.17 Conexiones en el tablero

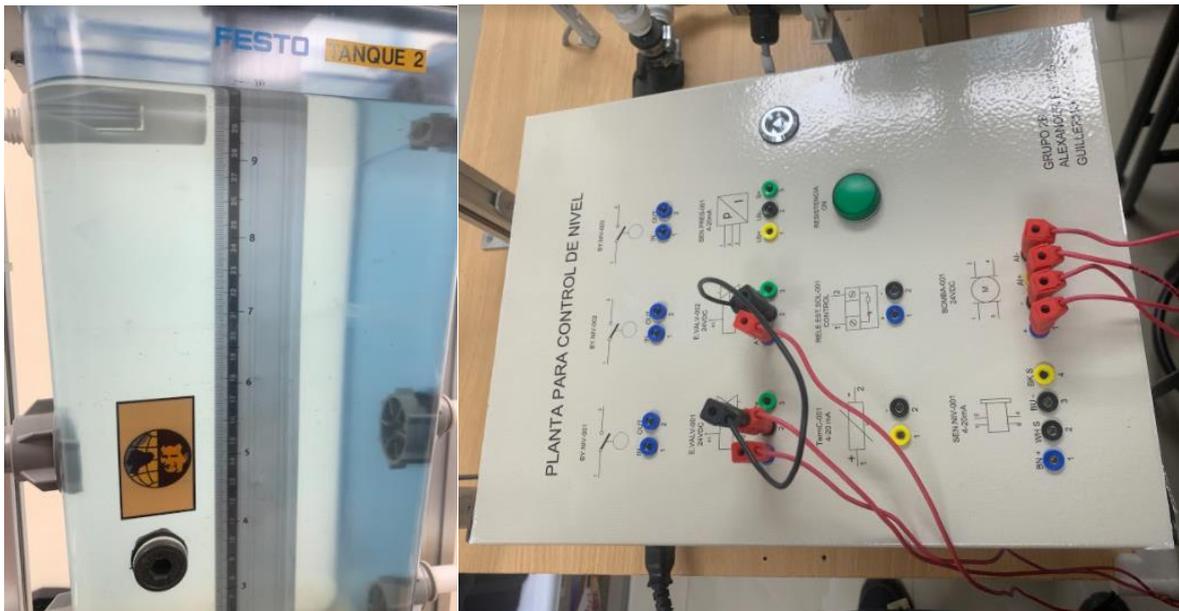


Figura 7.18 Conexiones de los elementos de la planta

#### **D. RECURSOS UTILIZADOS**

- Una computadora con software TIA Portal V15.1.
- Una lámina con PLC Siemens S7-1500.
- Una lámina de Distribución.
- Una lámina de Fuente de Alimentación.
- Una lámina de Mando y Señalización.
- Una lámina de Relés.
- Módulo de tanques de nivel

# E. DIAGRAMA DE CONEXIONES

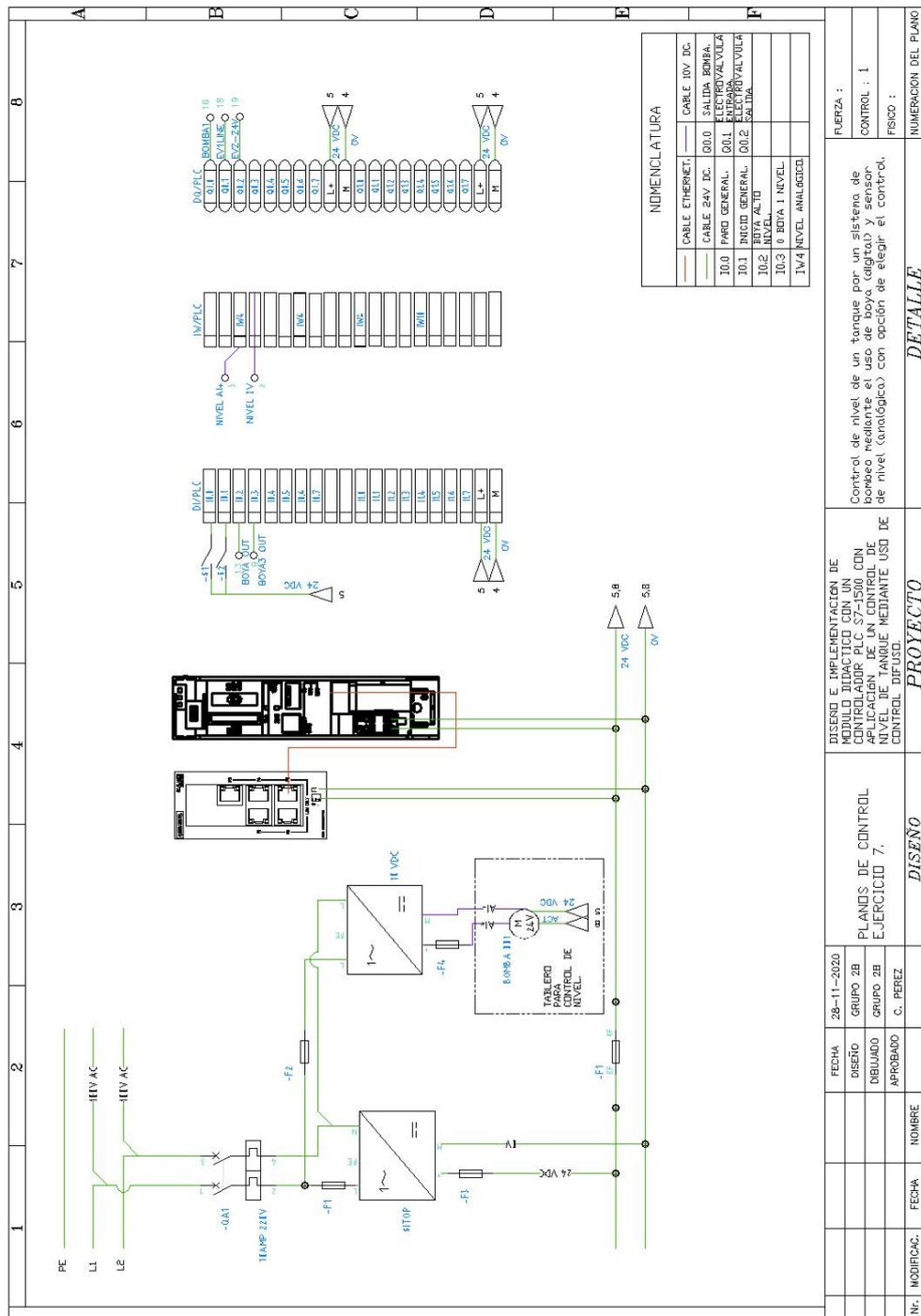


Figura 7.19 Diagrama de fuerza y control Práctica #7

FECHA	28-11-2020	DISEÑO E IMPLEMENTACION DE	CONTROL DE NIVEL DE UN TANQUE MEDIANTE UNO DE LOS NIVELADORES DE NIVEL (ANALOGICO) CON OPCION DE ALEGIR EL CONTROL FISICO :	NUMERACION DEL PLANO
DISEÑO	GRUPO 2B	MODULO DIDACTICO CON UN	CONTROL : I	
DIBUJADO	GRUPO 2B	CONTROLADOR PLC S7-1500 CON	FISICO :	
APROBADO	C. PEREZ	CABLE ETHERNET		
		NIVEL DE TANQUE MEDIANTE UNO DE		
		CONTROL DIFUSO.		
Nº MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE		
			<i>DISEÑO</i>	<i>PROYECTO</i>
				<i>DETALLE</i>

**ANEXO 8**

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA #8**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**DOCENTE**

**ING. CARLOS PÉREZ M.**

**TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS**

**TEMA: “Mediante OPC comunicar todas las variables creadas de la práctica 2 a la PC usando LabVIEW, mostrándola en indicadores numéricos y booleanos”.**

## A. OBJETIVOS

### Objetivo General:

Aprender a crear la comunicación del controlador con OPC para LabVIEW, usando ya practicas existentes visualizar dichas variables por comunicación.

### Objetivo Específico:

Utilizar la practica 2 para realizar comunicación OPC con LabVIEW.

## B. MARCO TEÓRICO

Los procesos industriales requieren de máquinas y de equipos que manejan algoritmos generados en controladores lógicos programables (PLC's), que tienen la ventaja de poder ser modificados al existir nuevos requerimientos de los procesos, de forma fácil y rápida. Los algoritmos de control aseguran la confiabilidad del proceso al incluir en su programación todas las posibilidades de riesgo para el operador y la planta.

Para lograr un control completo del proceso, también es necesaria interfaz entre el hombre y la máquina (HMI) que permita una supervisión en tiempo real de todas las variables que intervienen en el proceso. El uso de pantallas permite al operador el ingreso de parámetros, revisión de alarmas, uso de colores que permita al operador la toma oportuna de decisiones.

La interacción entre HMI – PLC forman parte de un Control de supervisión y adquisición de datos (SCADA), que completo permite la operación, comunicación de instrumentos y actuadores; y el envío de toda la información a la gerencia para toma de decisiones. En la figura 8.1, es presentado un esquema de SCADA y red industrial Profinet empleando equipos SIEMENS.

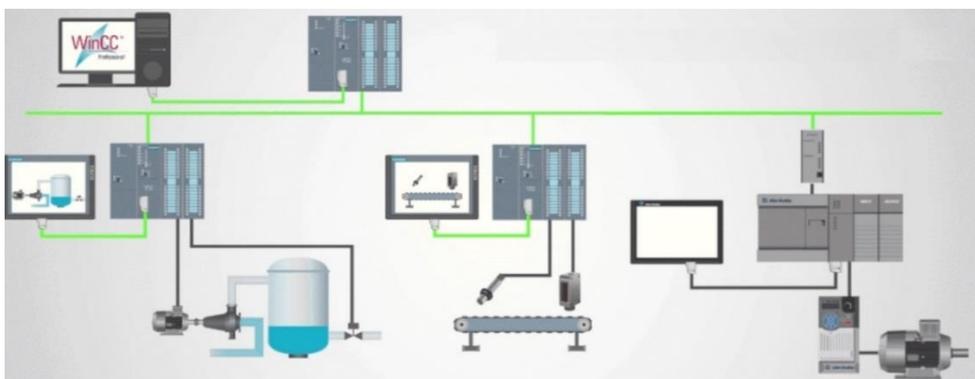


Figura 8.1 Esquema de un sistema SCADA

En la figura 8.2, es realizar control alrededor de un punto específico; por ello, es necesario cambiar los valores de proporcional, integral y derivativo con cada “receta” que se utilice.

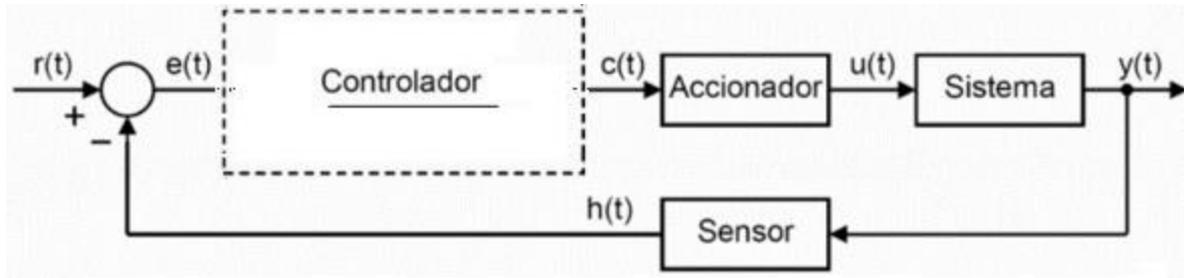


Figura 8.20 Esquema de Control

## A. MARCO PROCEDIMENTAL

A continuación, se detalla de manera secuencial la programación del PLC S7-1500

1. Para configuración de la red desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Configuración de dispositivo>General>Interfaz PROFINET [x1] >Configurar la dirección IP 172.18.123.23 con mascara de subred en 255.255.255.0

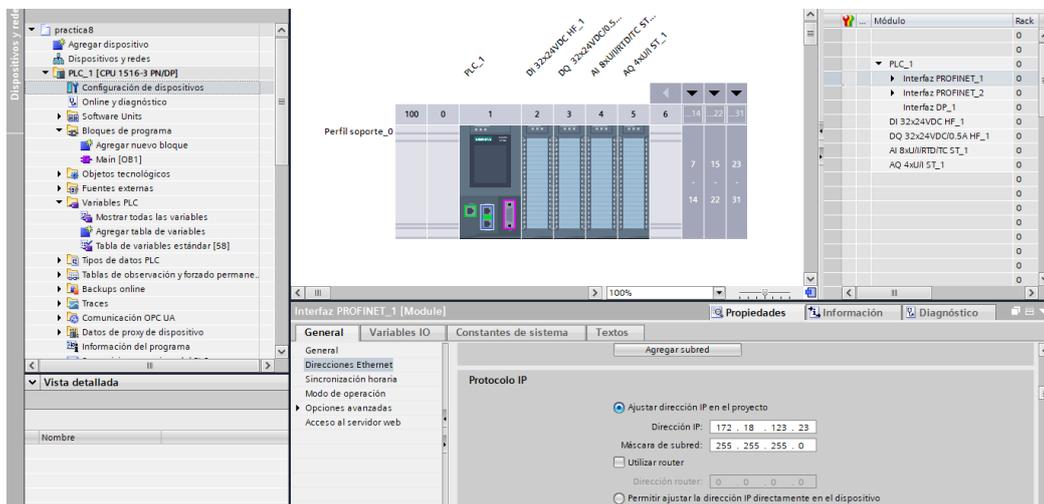


Figura 8.2 Configuración de dirección IP.

2. Para que el OPC pueda operar hay que habilitar lo siguiente:

Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Configuración de dispositivo >General >Protección & Seguridad >Mecanismos de conexión activar la opción de Permitir acceso vía comunicación PUT/GET del interlocutor remoto.

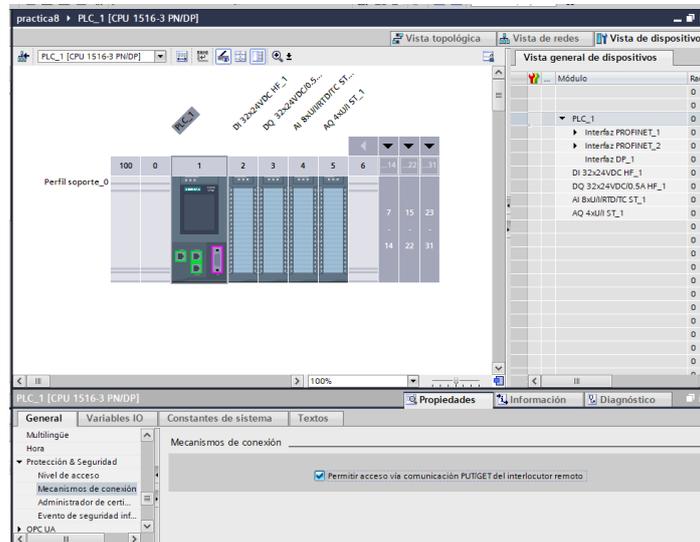


Figura 8.3 Habilitación de protección para permitir comunicación PUT/GET.

3. Crear las variables a utilizarse, desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Variables PLC >Mostrar todas las variables >asignar variables.

Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibi...	Supervis...	Comentario
Entrada 1	Tabla de variables e...	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Entrada 2	Tabla de variables e...	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Entrada Analógica	Tabla de variables e...	Word	%W4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Salida digital 1	Tabla de variabl...	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Salida Normalizar	Tabla de variables e...	Real	%MD40	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
Salida Escalar	Tabla de variables e...	Real	%MD44	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
<Agregar>				<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		

Figura 8.4 Variables del PLC

4. Creamos los siguientes segmentos.

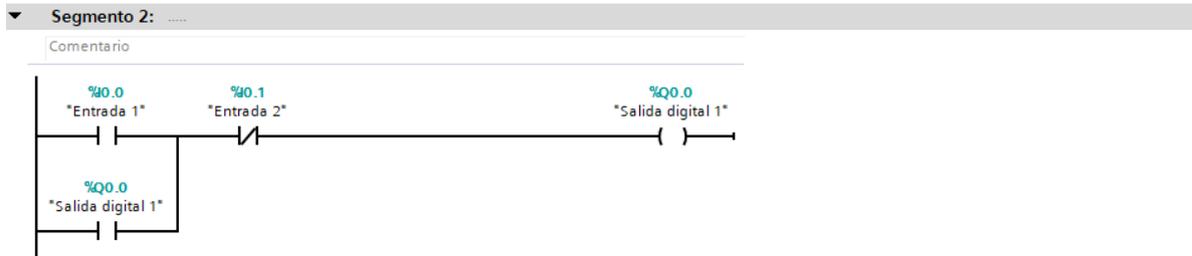


Figura 8.5 Programación PLC, segmentos 1 y 2.

5. Visualizamos elementos en línea.

The screenshot shows the SIMATIC Manager interface. On the left is the project tree for "practica8" and "PLC\_1 [CPU 1516-3 PN/DP]". The main window displays the ladder logic from Figure 8.5. The function blocks are highlighted with green boxes. Real-time values are shown: the **NORM\_X** block has a **VALUE** of 16#3050 and an **OUT** of 0.4472409; the **SCALE\_X** block has a **VALUE** of 0.4472409 and an **OUT** of 4.472409. The digital input "%I0.0 'Entrada 1'" is shown as active (blue bar), and "%Q0.0 'Salida digital 1'" is also active (blue bar).

Figura 8.6 Variables PLC en línea.

6. Abrir el acceso directo del software OPC Servers Administration

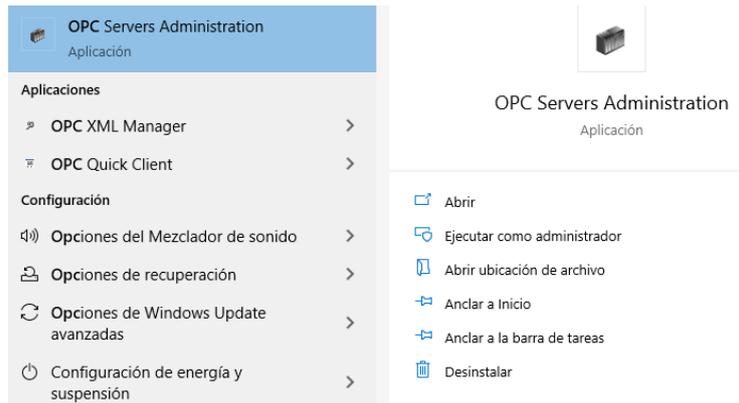


Figura 8.7 Acceso software OPC Servers Administration.

7. Aceptamos los permisos para la aplicación. En la barra de tareas desplegamos otras opciones. Damos clic derecho sobre el icono del OPC Server.

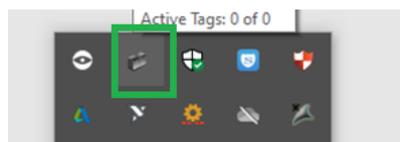


Figura 8.8 Icono de acceso OPC server.

8. Dar clic en el botón “configuration”

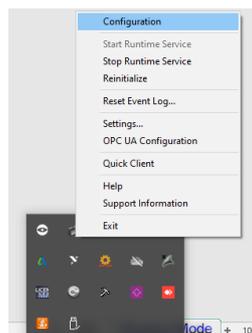


Figura 8.9 Accedemos a “configuration” para poder editar el OPC

9. Una vez dentro del software, hacemos clic en File> New. Nos aparece una ventana emergente y damos clic en “Yes, Update”. Aparecerá la vista principal.



Figura 8.10 Ventana nueva de OPC Server.

10. Hacemos clic en la opción “Clic to add a channel”. Nos aparece una ventana emergente en la cual, asignamos el nombre al canal del OPC Server: “New Channel” donde podemos ver el “Channel name”.

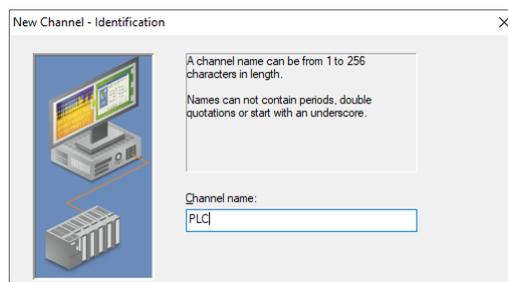


Figura 8.11 Ventana para configurar “Channel name”.

11. En la siguiente ventana procedemos a seleccionar “Siemens TCP/IP Ethernet” de la lista de drivers.



Figura 8.12 Configuración de “Device driver”.

12. En la siguiente ventana tenemos “Network Adapter” y seleccionamos el que nos corresponde al momento.

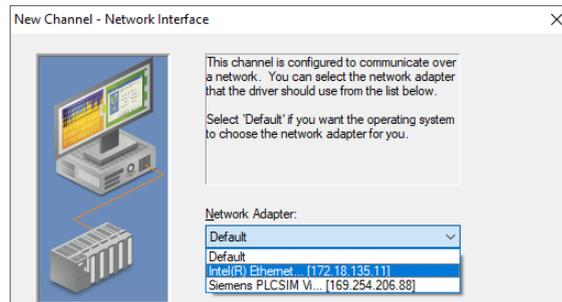


Figura 8.13 Ventana de “Network Adapter”.

13. En la ventana siguiente dejamos las selecciones por default.

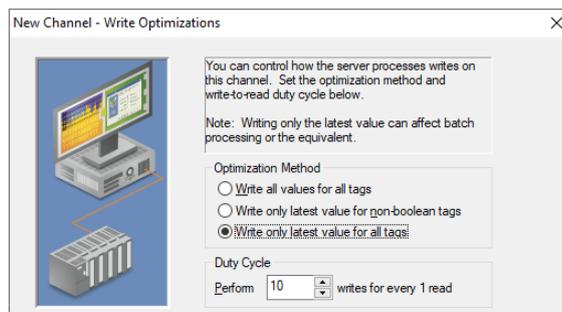


Figura 8.14 Ventana de “Write Optimizations”

14. En la siguiente ventana dejamos los valores por default como se muestra a continuación.

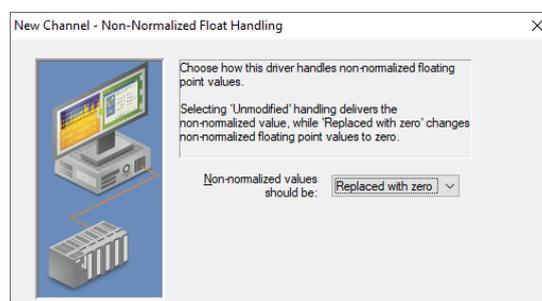


Figura 8.15 Ventana de “Non-Normalized Float Handling”.

15. En la siguiente ventana revisamos que este todo correcto y damos “Finalizar”.

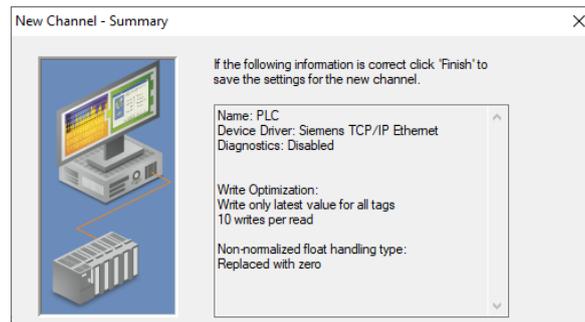


Figura 8.16 Ventana de “Summary”.

16. Una vez finalizado ese proceso, procedemos a dar clic en “Clic to add a new device” y nos aparecerá una ventana como la mostrada a continuación.

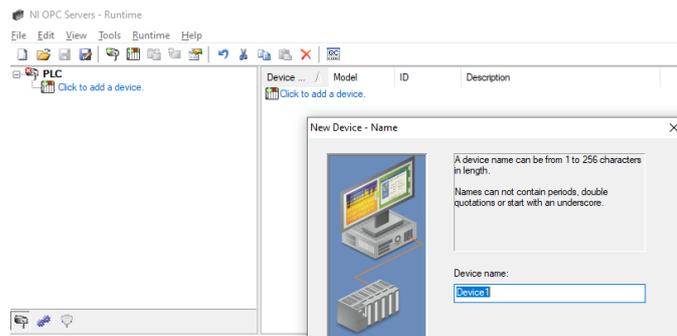


Figura 8.17 Ventana de “Device name”.

17. Le cambiamos el nombre al equipo y escribimos lo siguiente:

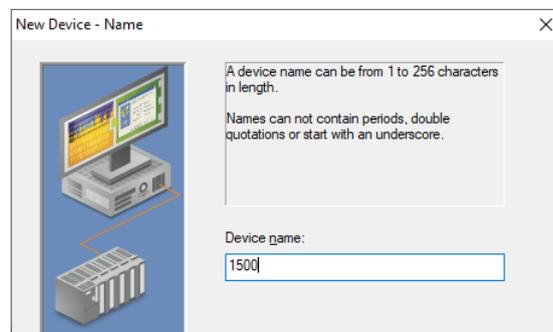


Figura 8.18 Ventana “Device Name”.

18. Al dar siguiente, nos aparece la ventana “Model” y seleccionamos el equipo correspondiente.

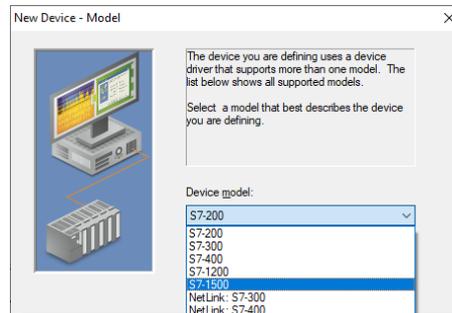


Figura 8.19 Ventana “Device Model”.

19. En la siguiente ventana cambiamos la dirección IP de nuestro PLC-1500

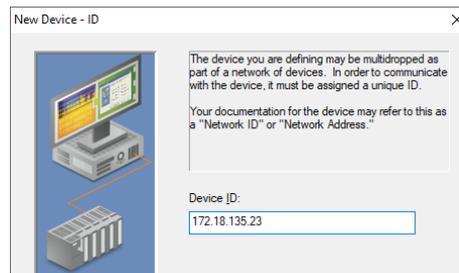


Figura 8.20 Ventana “Device ID”.

20. En la siguiente ventana damos clic en continuar.

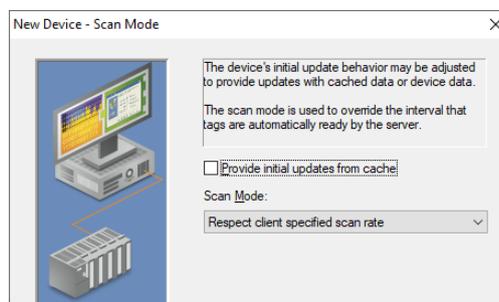


Figura 8.21 Ventana “Scan Mode”.

21. En la ventana siguiente dejamos los valores por default.

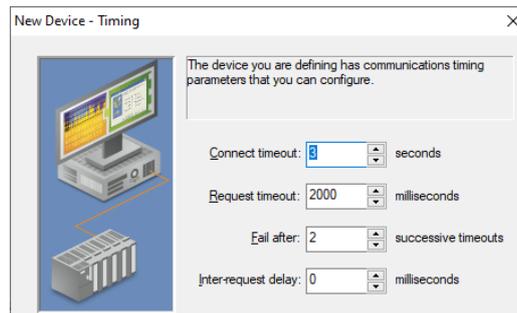


Figura 8.22 Ventana "Timing".

22. En la figura mostrada a continuación, damos clic en siguiente.

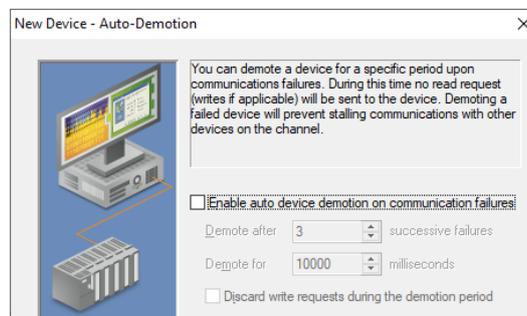


Figura 8.23 Ventana "Auto Demotion".

23. En la figura mostrada a continuación, damos clic en siguiente.

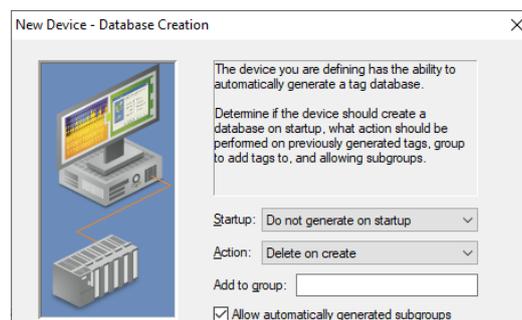


Figura 8.24 Ventana "Database Creation".

24. En la figura mostrada a continuación, se da clic en siguiente.

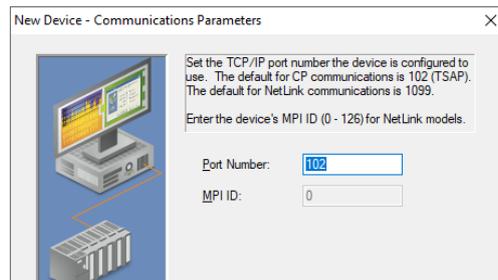


Figura 8.25 Ventana “Communications Parameters”.

25. En la figura mostrada a continuación, se da clic en siguiente.

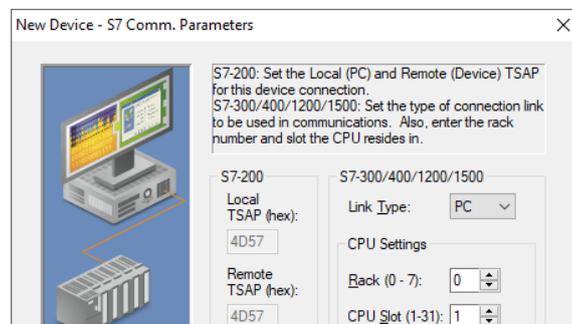


Figura 8.26 Ventana “S7 Com. Parameters”.

26. En la figura mostrada a continuación, damos clic en siguiente.

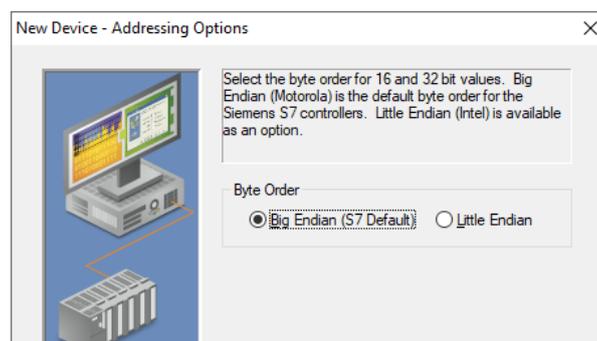


Figura 8.27 Ventana “Addressing Options”.

27. En la figura mostrada a continuación damos clic en “finalizar”.

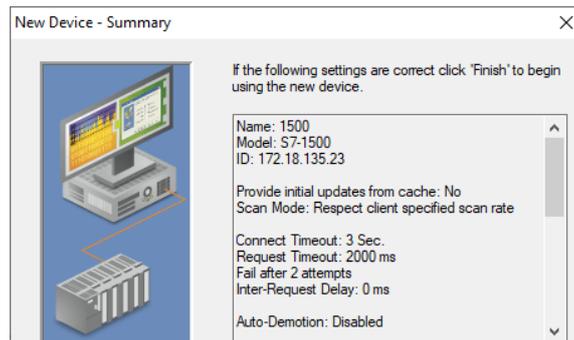


Figura 8.28 Ventana “Summary”.

28. Una vez finalizado debe salir la ventana como la siguiente.

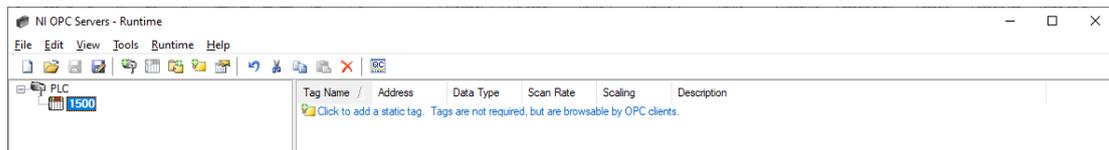


Figura 8.29 Ventana OPC Servers

29. A continuación, procedemos a guardar nuestro archivo dentro de la misma carpeta donde tenemos el programa en Tía Portal. Una vez guardado, damos clic derecho y seleccionamos “New Tag”. Nos va a aparecer una ventana emergente; en la cual, declaramos las variables a utilizar.

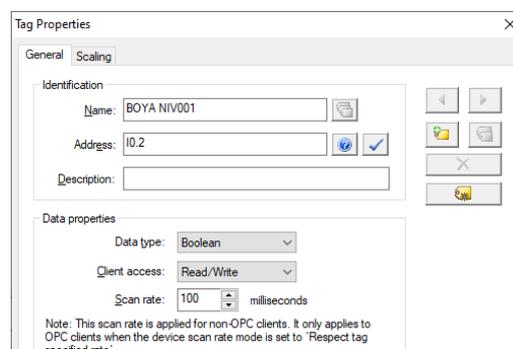


Figura 8.30 Declaración primera variable “BOYA NIV001”.

30. Una vez declarada la variable tendremos la ventana como la siguiente.

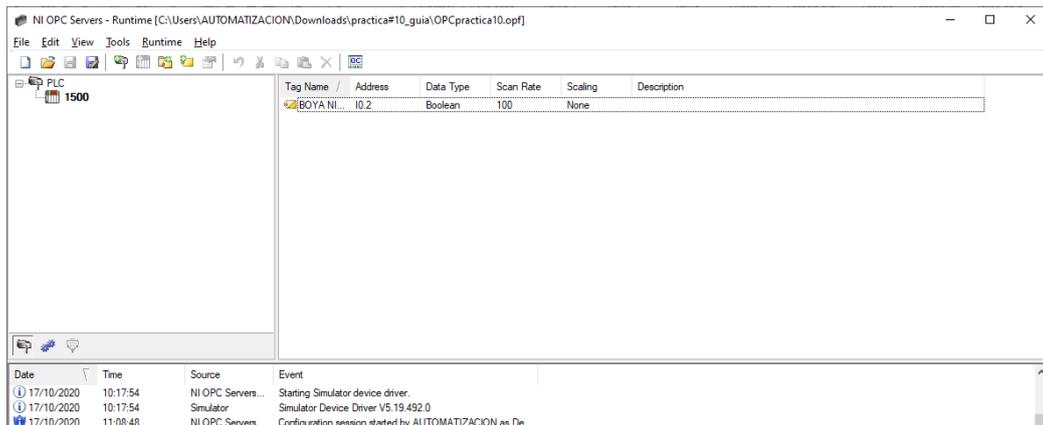


Figura 8.31 OPC Servers con una variable ya declarada

31. Una vez creado el tag, procedemos a crear otro "New Tag" en el cual vamos a declarar otra variable a utilizar.

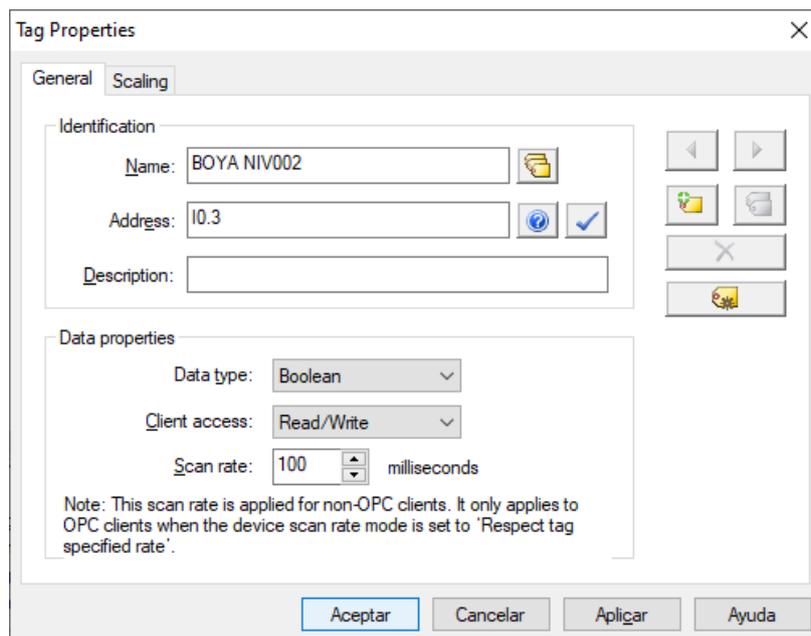


Figura 8.32 Declaración de variable "BOYA NIV002"

32. Continuamos creando otro “New Tag” para la siguiente variable.

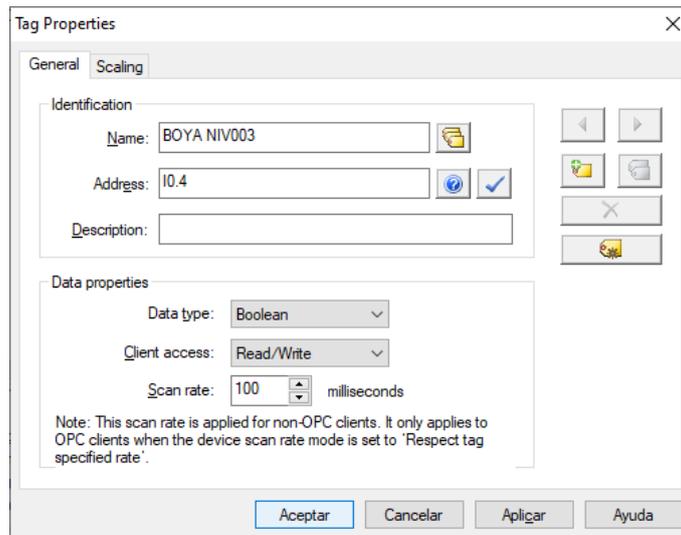


Figura 8.33 Declaración de variable “BOYA NIV003”

33. Repetimos los últimos pasos para declarar variables hasta completar todas las variables a utilizar.

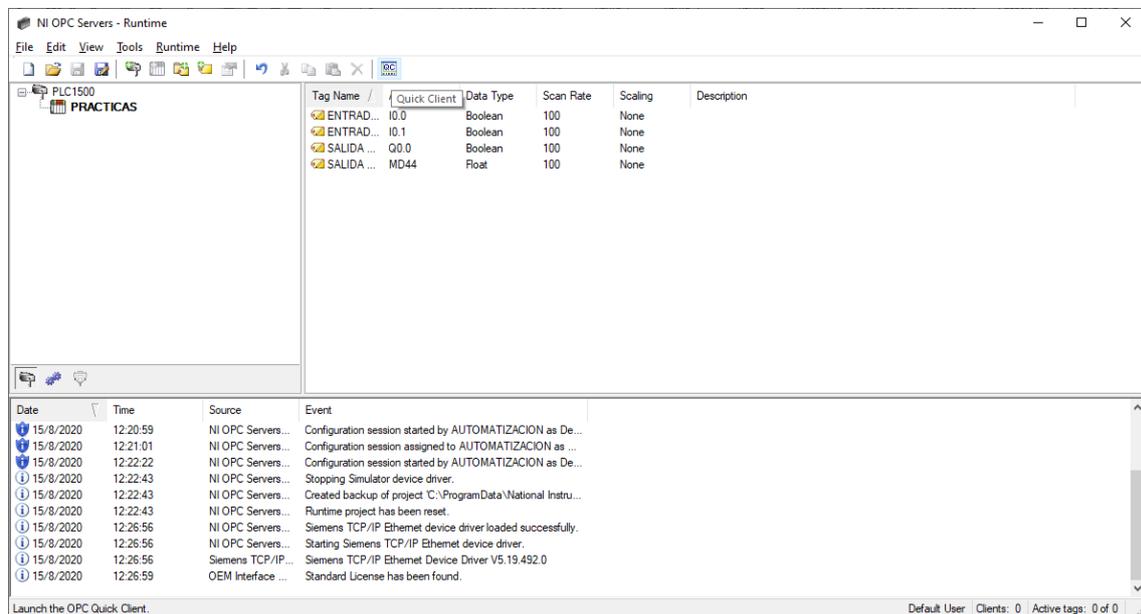


Figura 8.34 Software OPC Servers con todas las variables declaradas

34. Para comprobar si tenemos comunicación, hacemos clic sobre el icono de “Quick Client” mostrado a continuación

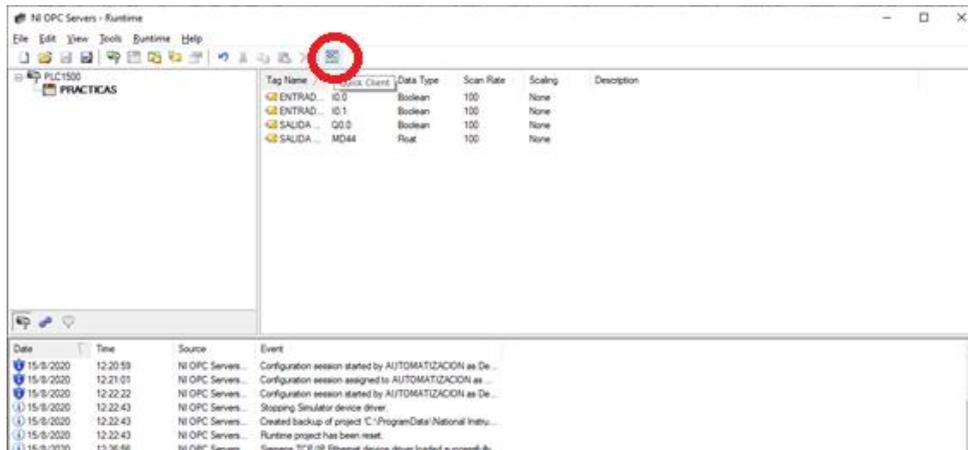


Figura 8.35 Acceso a “Quick Client”

35. Una vez dentro, nos dirigimos a la pestaña “PLC1500.PRACTICAS”. Ahí se puede visualizar que en la columna “Value” existen valores los cuales están siendo leídos.

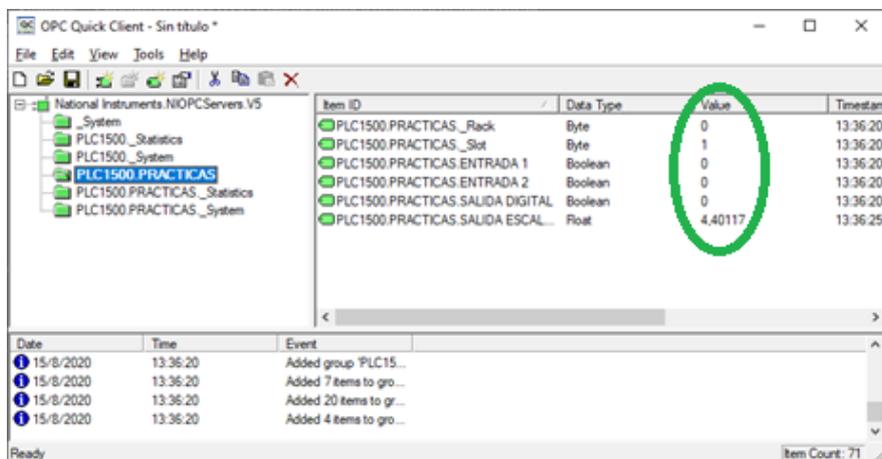


Figura 8.36 Quick Client comunicado con PLC.

36. Una vez finalizada la comunicación del OPC Servers, procedemos a iniciar la programación de control en el software LabVIEW. Primero ejecutamos LabVIEW(64bits), una vez dentro damos clic en File, New VI. Nos debe aparecer dos ventanas. Una ventana es la “Front Panel” y la otra es “Block Diagram”.

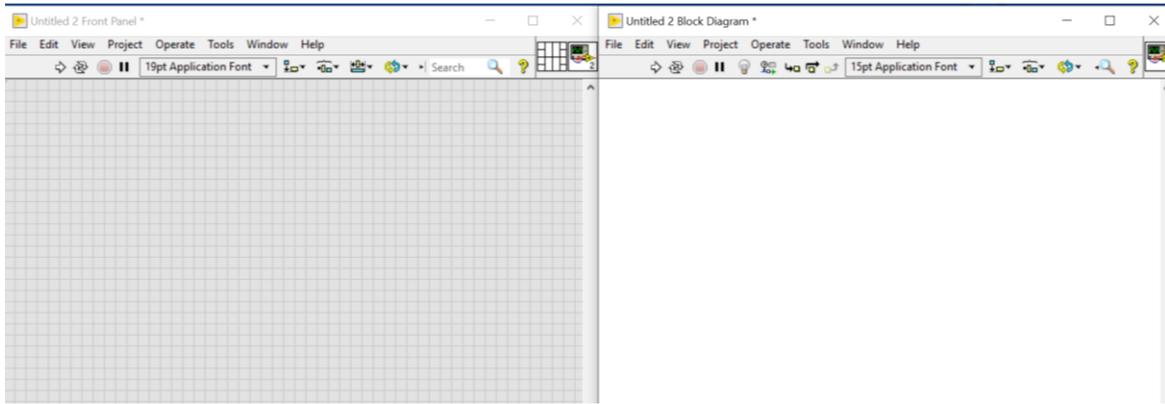


Figura 8.37 Ventanas del software LabVIEW al inicio.

37. Ahora seguimos los siguientes pasos sobre la ventana “Block Diagram”: Clic derecho> Structures> While Loop. En la siguiente figura se muestra la ruta especificada.

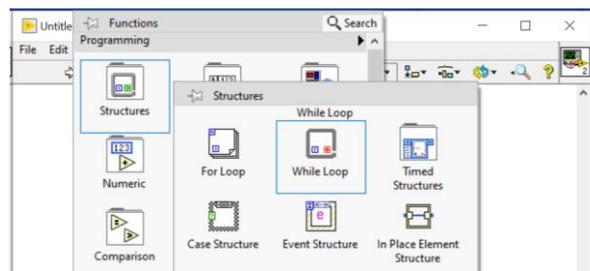


Figura 8.38 Ruta para crear un “While Loop”.

38. Una vez creado, lo asentamos sobre la ventana. Podremos notar que de su lado inferior derecho existe un icono que representa un “Stop” para la estructura. Colocamos el cursor sobre el icono, damos clic derecho y seleccionamos “Create Control”.

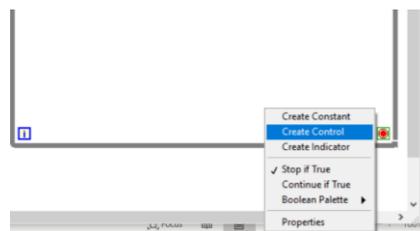


Figura 8.39 Ruta “Create Control”.

39. Una vez creado, nos debe aparecer de la siguiente manera.

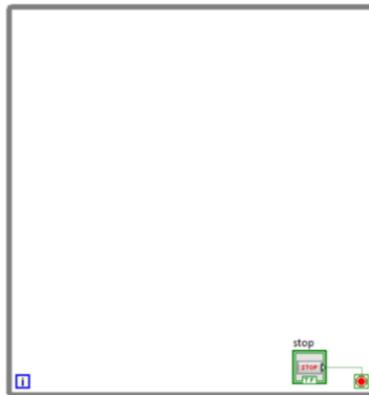


Figura 8.40 “While Loop” en el diagrama de bloques.

40. Para continuar nos dirigimos a la ventana de “Front Panel”. Para agregar un indicador booleano seguimos la ruta: Clic derecho> Boolean> Round LED.

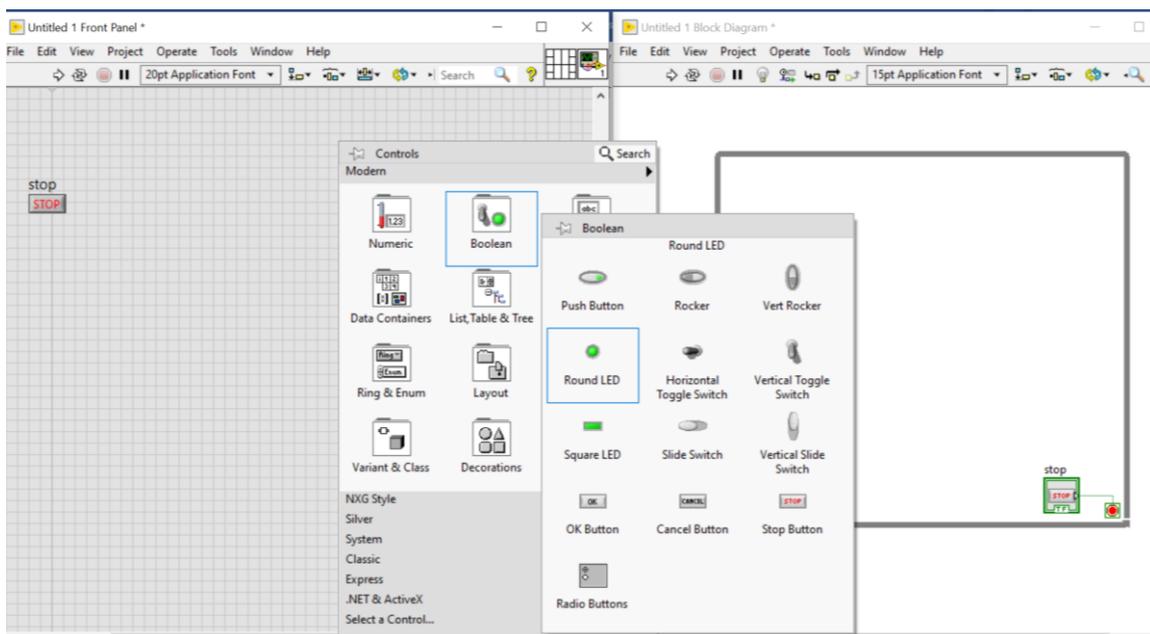


Figura 8.41 Ruta para acceder a un “Round LED”.

41. Una vez agregado el led nos debe aparecer de la siguiente manera dentro de la ventana “Front Panel”.

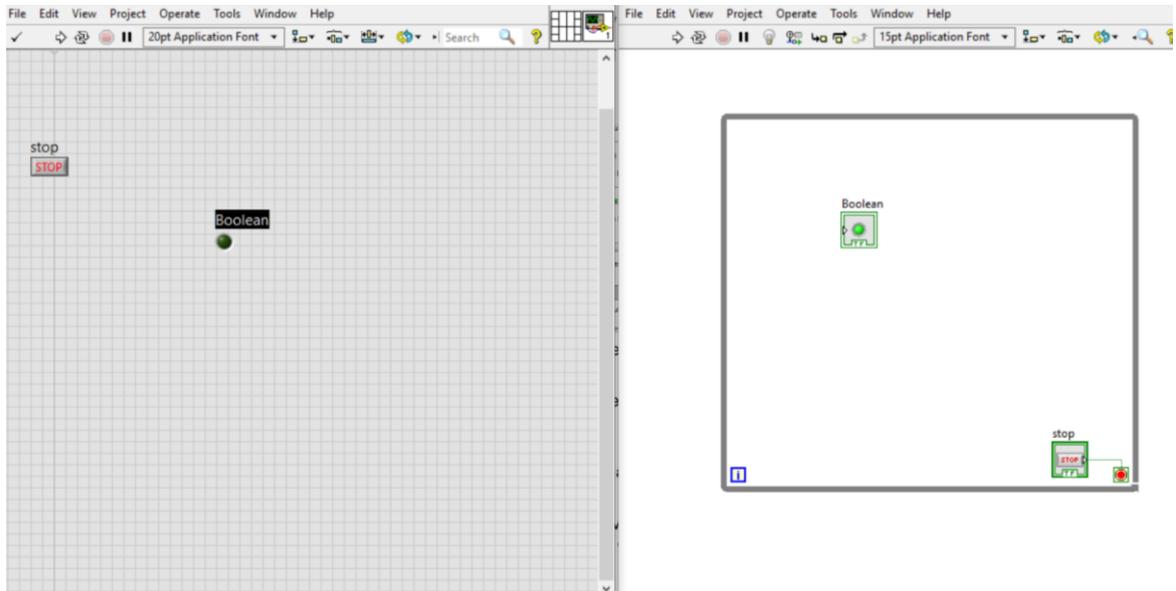


Figura 8.42 Un booleano agregado.

42. Repetimos el paso anterior y agregamos otro indicador igual.

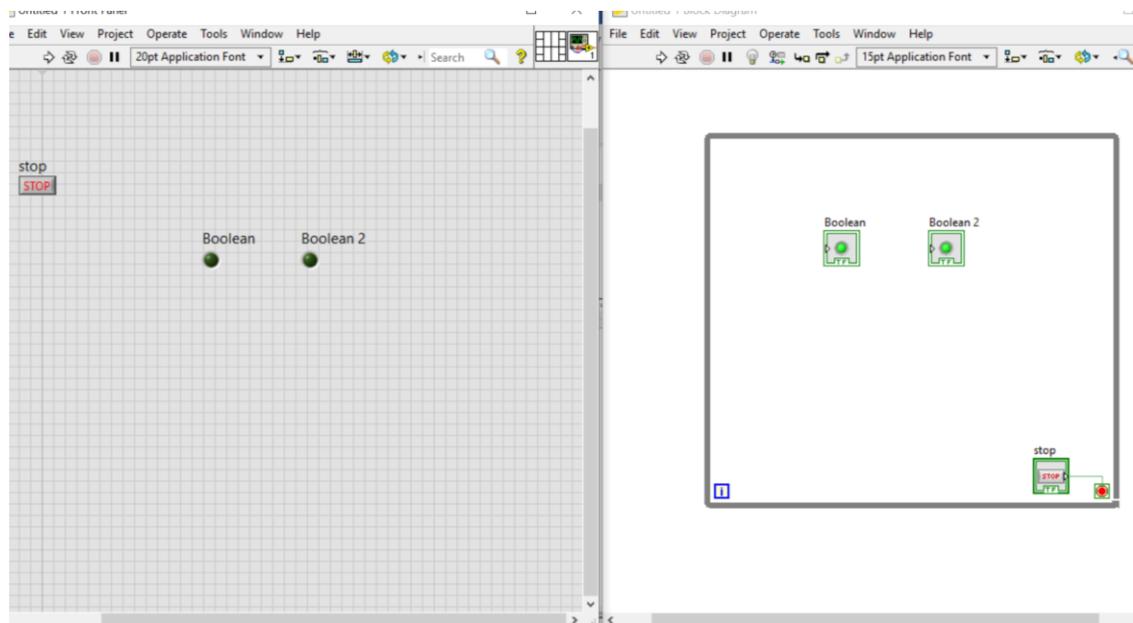


Figura 8.43 Dos booleanos agregados.

43. Ahora repetimos el paso anterior, pero en vez de seleccionar “Round LED”, seleccionamos “Square LED”. Véase la figura 8.45.

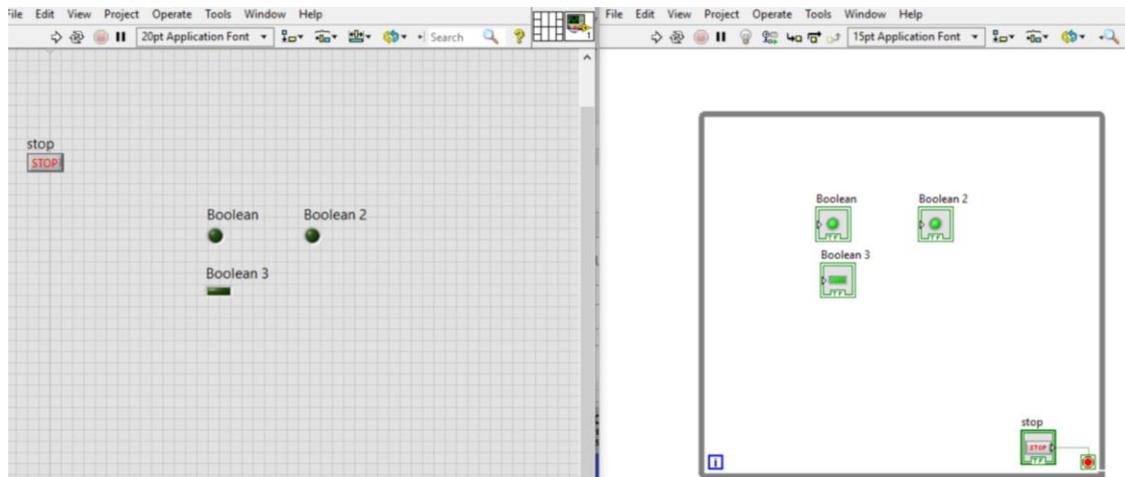


Figura 8.44 Tres booleanos agregados.

44. Seguido de esto damos Clic derecho> Numeric> Meter y lo insertamos. Nos debe aparecer de la siguiente manera.

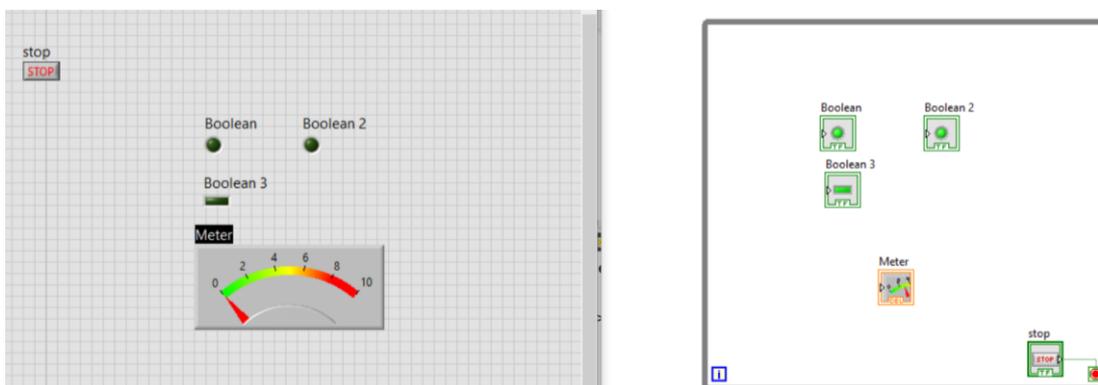


Figura 8.45 Se agrega un indicador numérico “Meter”.

45. Ahora procedemos a hacer clic sobre cada uno de los nombres de los indicadores para editarlos. Los cambiamos a los nombres que se muestran a continuación.

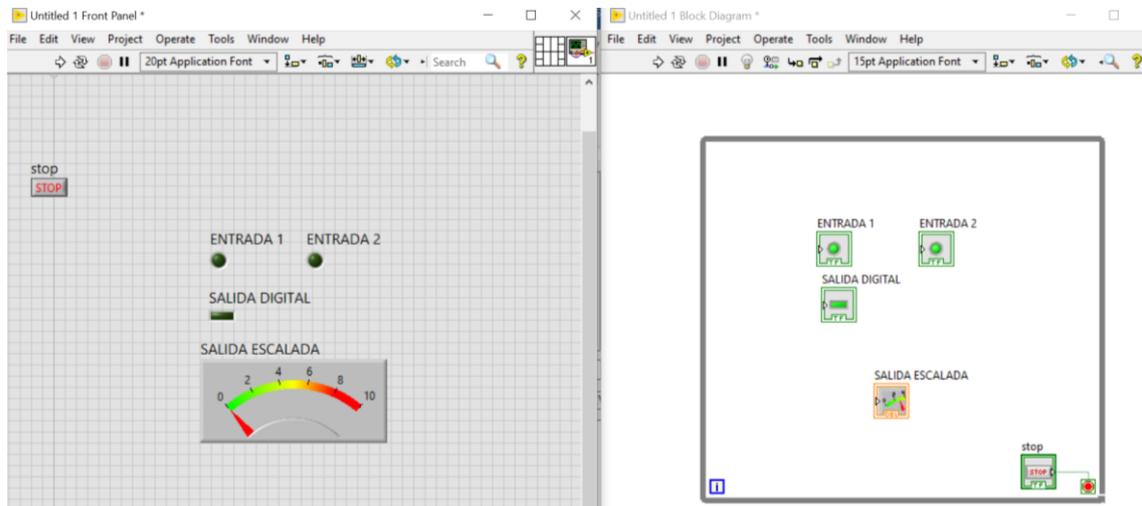


Figura 8.46 Ventana "Front Panel".

46. Para continuar, editamos el tamaño de los indicadores. Colocamos nuestro cursor sobre los indicadores hasta que nos aparezcan unos puntos para poder modificarlos. Le aumentamos su tamaño para que se puedan visualizar mejor.

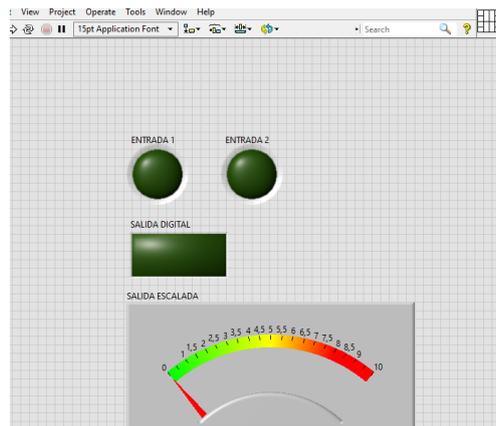


Figura 8.47 Vista "Front Panel".

47. Ahora vamos a comunicar las variables del LabVIEW con el OPC Servers. Sobre uno de los indicadores damos clic derecho y seleccionamos “Propiedades”. Nos aparece una ventana emergente como la mostrada a continuación.

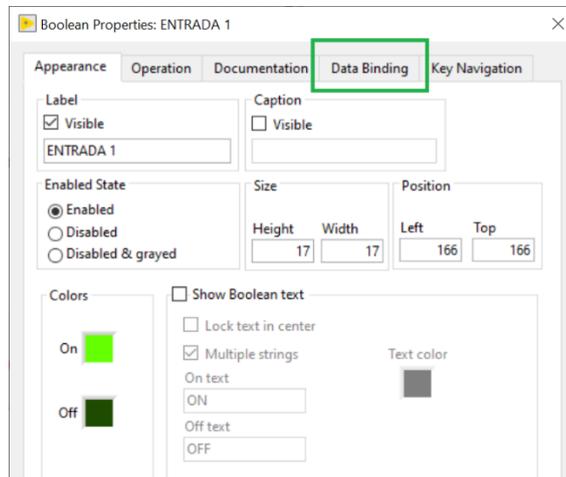


Figura 8.48 Ventana “Propiedades”.

48. Seleccionamos la pestaña “Data Binding” y dentro de “Data Binding Selection” hacemos clic sobre la flecha para desplegar más opciones en la cual seleccionamos “DataSocket” tal como se muestra en la figura 8.50.

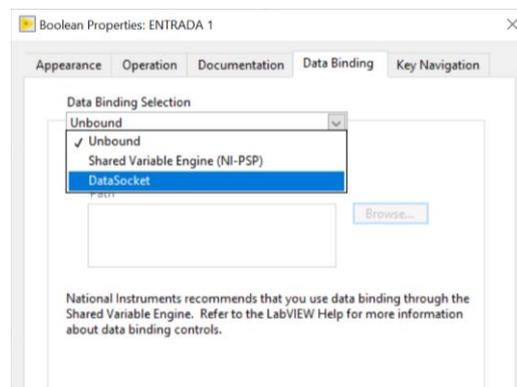


Figura 8.49 Selección “DataSocket”.

49. Una vez seleccionado, en la parte de “Access Type”, dejamos la opción de “Read Only” ya que en este caso solo vamos a leer el dato mediante OPC Servers. En la parte de “Path” desplegamos más opciones y seleccionamos “DSTP Server...” tal como se muestra en la figura a continuación.

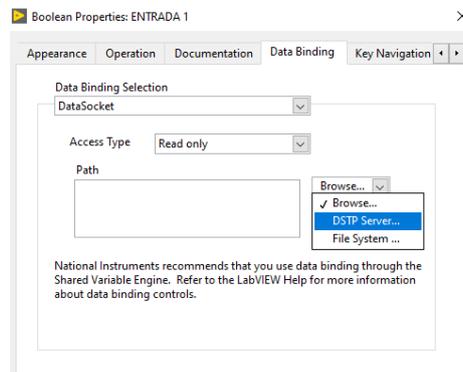


Figura 8.50 Selección de “DSTP Server”.

50. A continuación nos aparece una ventana emergente en la cual debemos seleccionar el tag correspondiente a la variable a ser leída. Seguimos la ruta indicada a continuación para seleccionar el channel name del OPC Servers.

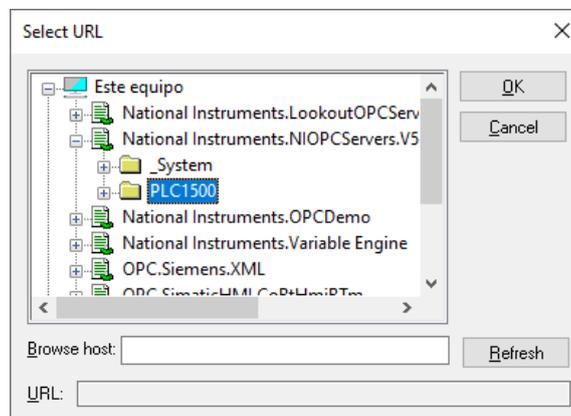


Figura 8.51 Selección de channel name “PLC1500”.

51. Una vez dentro de “PLC1500”, seleccionamos el device name “PRACTICAS” y nos deben aparecer todos los tags creados dentro del OPC Servers, en el cual seleccionaremos el tag correspondiente al indicador de LabVIEW.

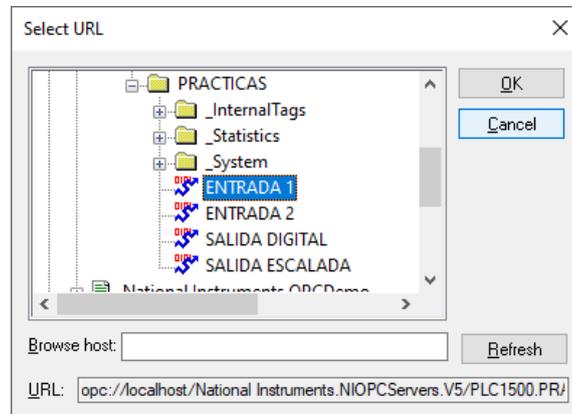


Figura 8.52 Selección de tag de OPC Servers para ser leída en LabVIEW.

52. Damos clic en “OK” y nos debe aparecer la ventana de la siguiente manera.

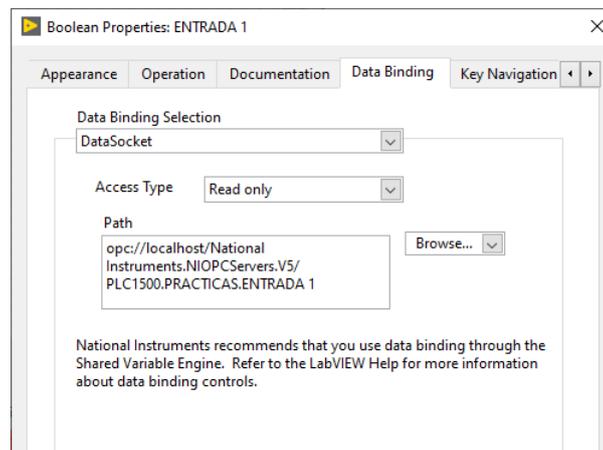


Figura 8.53 Modificaciones en “Data Binding” para la variable “ENTRADA 1”.

53. Hacemos clic en ok y nos debe aparecer el indicador LED de la siguiente manera.



Figura 8.54 Variable de LabVIEW con data binding agregado.

54. Ahora repetimos los pasos anteriores y seleccionaremos a la siguiente variable que sería “ENTRADA 2”

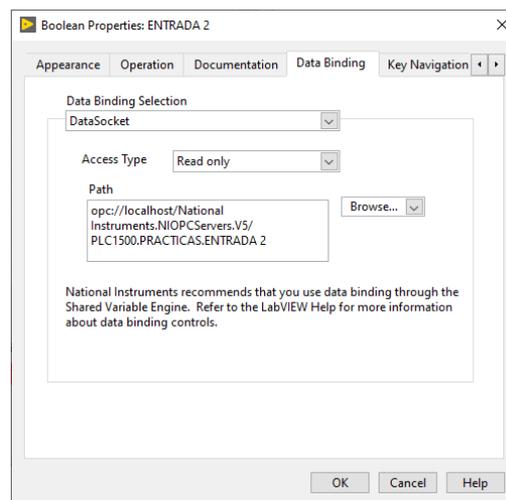


Figura 8.55 Modificaciones en “Data Binding” para la variable “ENTRADA 2”.

55. Continuamos con las demás variables. A continuación, se muestran las propiedades de las demás variables a ser leídas por OPC Servers.

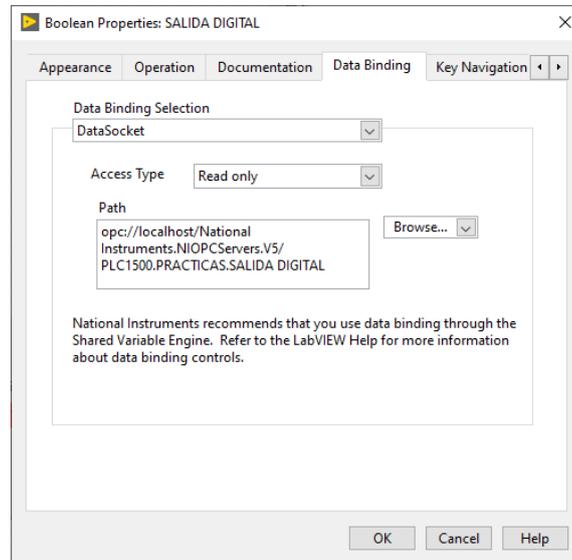


Figura 8.56 Modificaciones en “Data Binding” para la variable “SALIDA DIGITAL”.

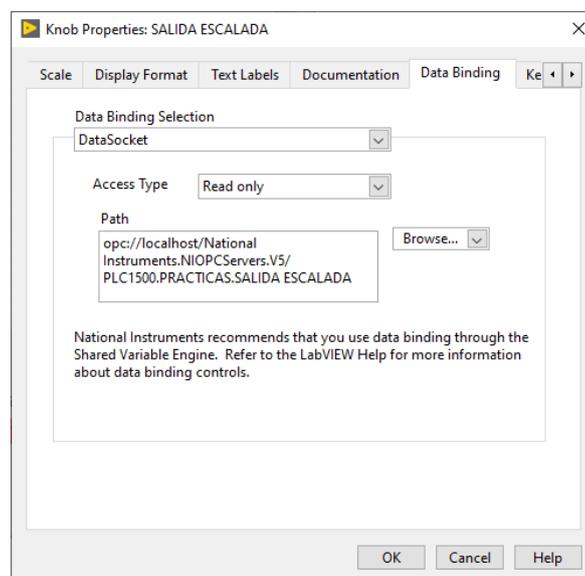


Figura 8.57 Modificaciones en “Data Binding” para la variable “SALIDA ESCALADA”.

56. Una vez culminado todo, nos deben aparecer los indicadores de la siguiente manera.

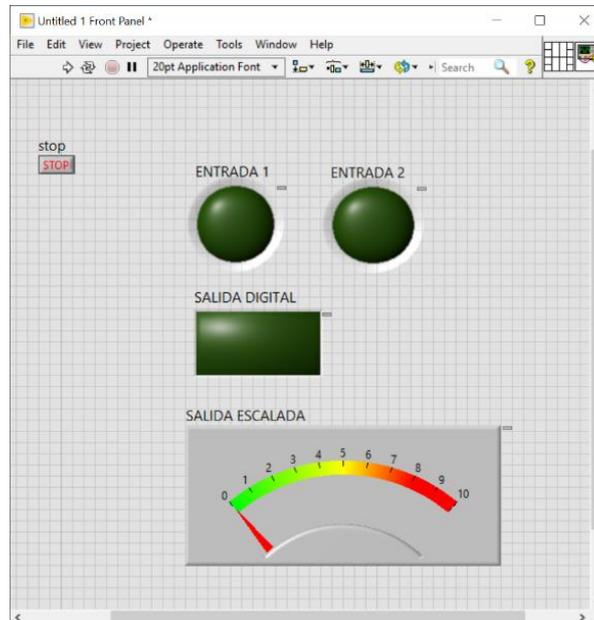


Figura 8.58 Todos los indicadores con comunicación agregada.

57. Ahora en la ventana de "Block Diagram" dejamos ordenados todos los elementos.

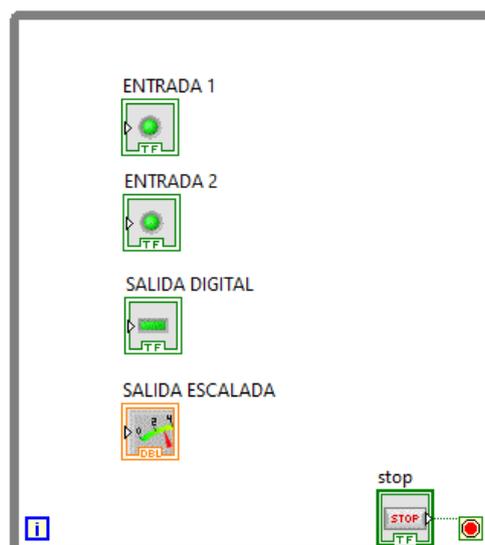


Figura 8.59 Vista de ventana "Block Diagram"

58. Ahora iniciamos el LabVIEW con “Run Continuously”.

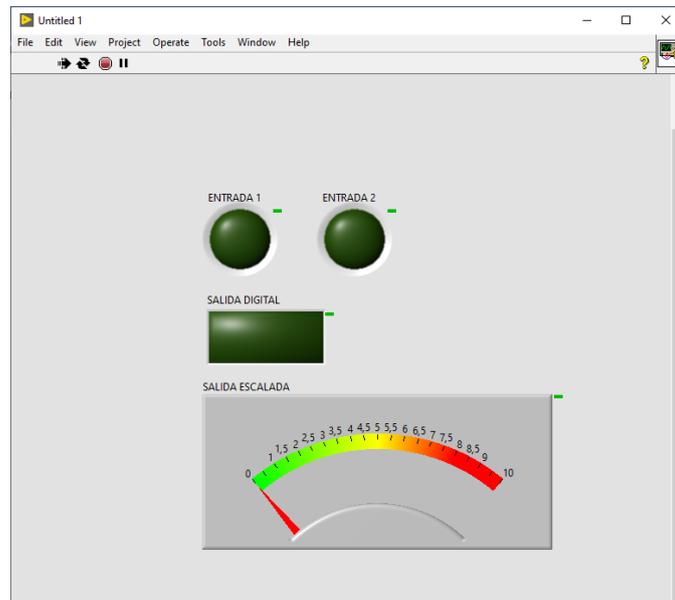


Figura 8.60 LabVIEW ejecutándose.

59. Ahora hacemos cambios en las variables del PLC-1500 y las visualizamos en LabVIEW.

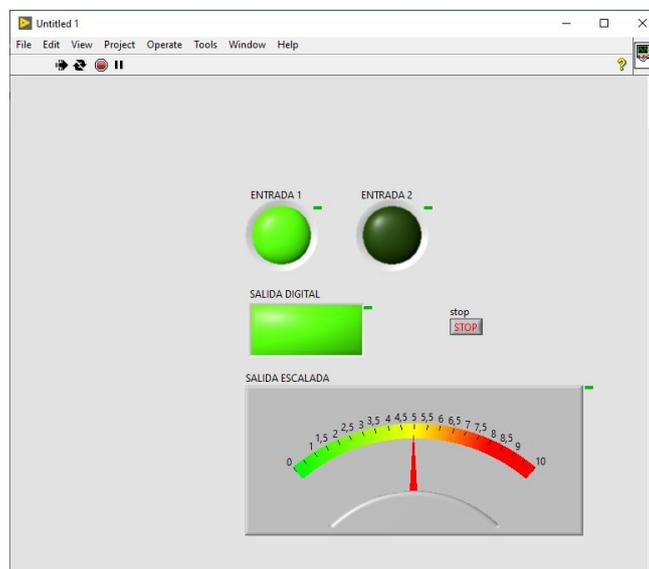


Figura 8.61 Ventana “Front Panel” ejecutándose.

El PLC en modo RUN, cargada su respectiva programación detallada en el marco procedimental y se observa la conexión del PLC con el módulo de nivel.

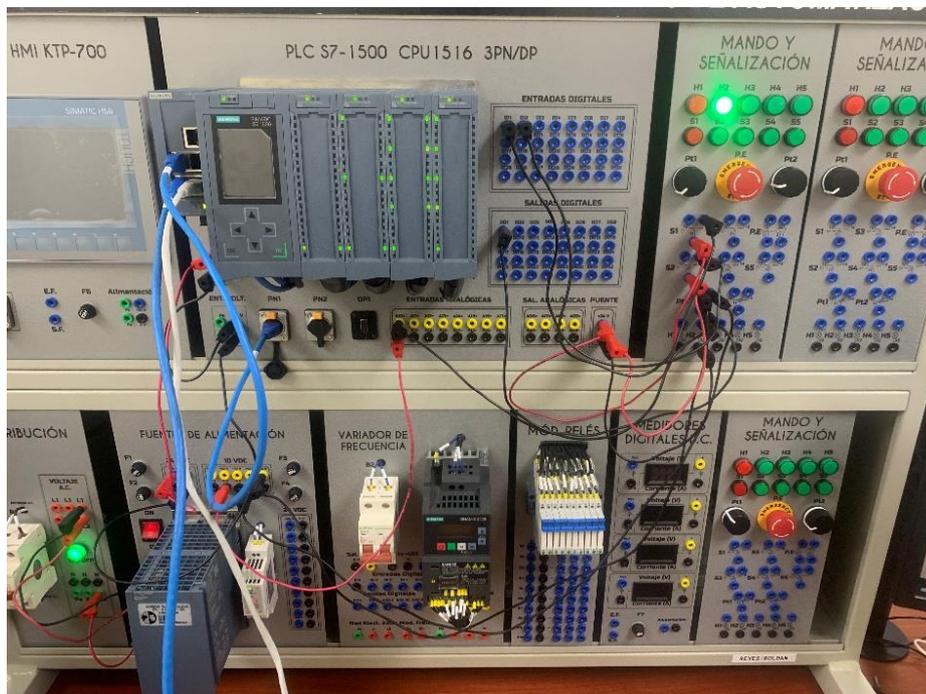


Figura 8.62 Conexiones en el tablero

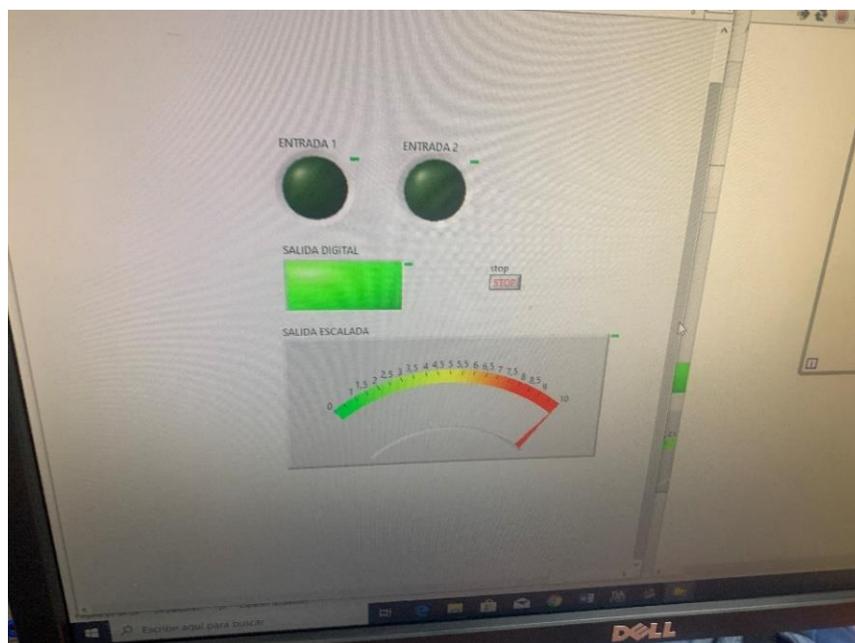
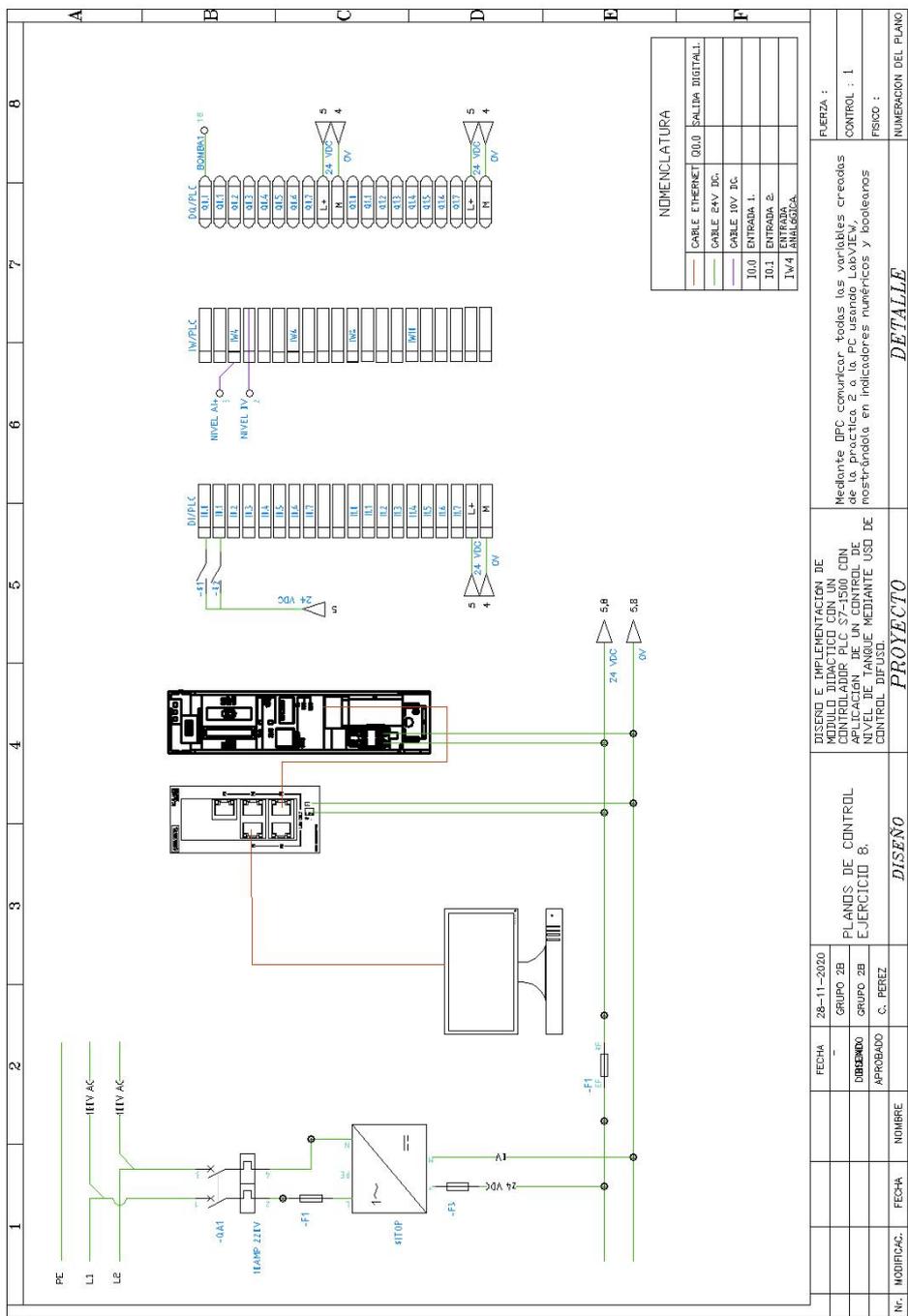


Figura 8.63 Presentación del sistema SCADA

## **D. RECURSOS UTILIZADOS**

- Una computadora con software TIA Portal V15.1.
- Una lámina con PLC Siemens S7-1500.
- Una lámina de Distribución.
- Una lámina de Fuente de Alimentación.
- Una lámina de Mando y Señalización.

# E. DIAGRAMA DE CONEXIONES



FECHA	28-11-2020	DESARROLLO E IMPLEMENTACION DE MODULO DIDACTICO CON UN CONTROLADOR PLC S7-1500 CON APLICACION DE UN CONTROL DE NIVEL DE ANGELE MEDIANTE USO DE CONTROL DE
DISEÑO	GRUPO 2B	Mediante OPC comunicar todos las variables creadas de la practica 2 o la PC usando LabVIEW, mostradas en indicadores numericos y booleanos
APROBADO	GRUPO 2B	CONTROL DE
FECHA	C. PEREZ	PROYECTO
MODIFICACION		DETALLE
NOMBRE		NUMERACION DEL PLANO

Figura 8.64 Diagrama de fuerza y control Práctica #8

**ANEXO 9**

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA #9**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**DOCENTE**

**ING. CARLOS PÉREZ M.**

**TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS**

**TEMA: “Control de nivel de un tanque de una estación de bombeo mediante lógica difusa”.**

## **A. OBJETIVOS**

### **Objetivo General:**

Aprender a crear un control difuso para un proceso con el software LabVIEW mediante la obtención de variables de la planta a través del controlador comunicado por OPC

### **Objetivo Específico:**

Realizar programación para control difuso y comunicación OPC

## **B. MARCO TEÓRICO**

Los procesos industriales requieren de máquinas y de equipos que manejen algoritmos generados en controladores lógicos programables (PLC's), que tienen la ventaja de poder ser modificados al existir nuevos requerimientos de los procesos, de forma fácil y rápida. Los algoritmos de control aseguran la confiabilidad del proceso al incluir en su programación todas las posibilidades de riesgo para el operador y la planta.

Para lograr un control completo del proceso, también es necesaria interfaz entre el hombre y la máquina (HMI) que permita una supervisión en tiempo real de todas las variables que intervienen en el proceso. El uso de pantallas permite al operador el ingreso de parámetros, revisión de alarmas, uso de colores que permita al operador la toma oportuna de decisiones.

La interacción entre HMI – PLC forman parte de Supervisión, Control y adquisición de datos (SCADA), que completo permite la operación, comunicación de instrumentos y actuadores; y el envío de toda la información a la gerencia para toma de decisiones. En la figura 9.1, es presentado un esquema de SCADA y red industrial Profinet empleando equipos SIEMENS.

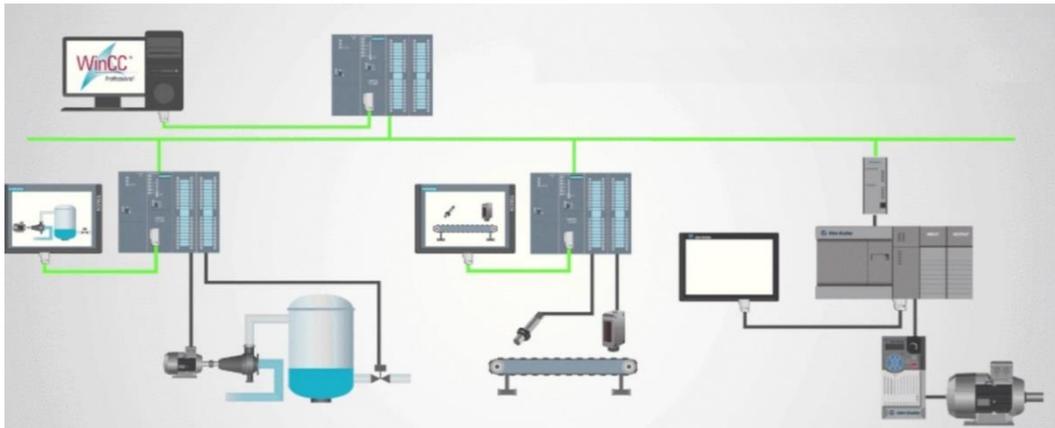


Figura 9.1 Esquema de un sistema SCADA.

En la figura 9.2, es realizar control alrededor de un punto específico; por ello, es necesario cambiar los valores de proporcional, integral y derivativo con cada “receta” que se utilice.

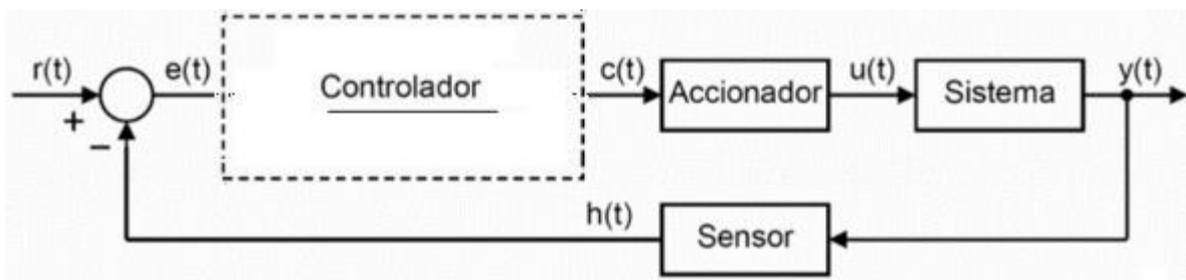


Figura 9.21 Esquema de Control

Un controlador que está siendo altamente utilizado en la actualidad, es el controlador de Lógica difusa (FLC); su funcionamiento se basa en el uso de reglas sobre el comportamiento de la planta. Estas reglas la mayoría de las veces, son basadas en la experiencia del operador. Mediante la figura 9.3, es posible ver las partes que conforman a un FLC de los cuales detallamos:

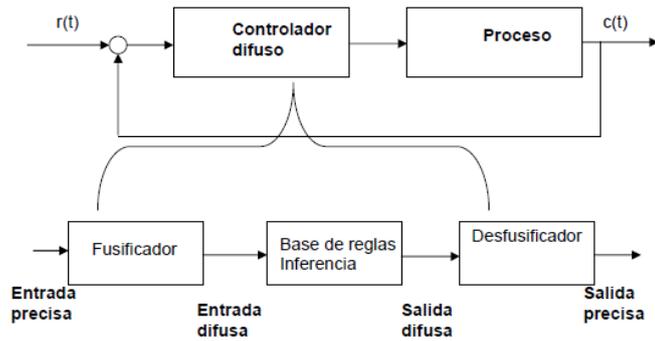


Figura 9.2 Esquema de control por lógica difusa.

- a) Fusificador. Es una interfaz entre el mundo real, señales de los sensores y el espacio de conjuntos difusos.
- b) Reglas de inferencia: Las relaciones entre variables de un sistema difuso basado en reglas son representadas por procedimientos del tipo IF – THEN.
- c) Desfusificador. Lleva la respuesta del controlador a variables como voltaje y corriente para ser aplicadas en los actuadores

La herramienta Fuzzy Designer de LabVIEW (Figura 4) permite una interfaz de fácil acceso para la programación de lógica difusa en los sistemas SCADA.

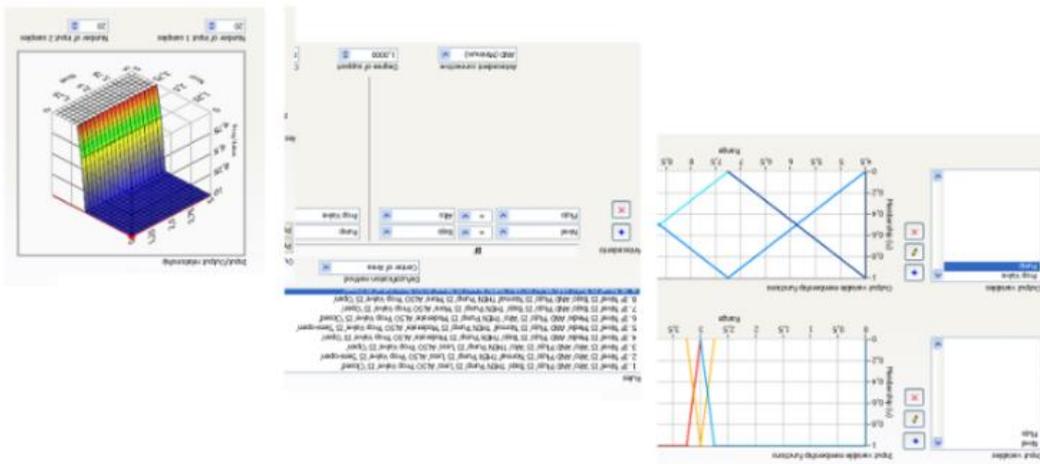


Figura 9.3 Fuzzy Designer de LabVIEW.

## C. MARCO PROCEDIMENTAL

A continuación, se detalla de manera secuencial la programación del PLC S7-1500, el programa en LabVIEW y la herramienta Fuzzy Designer.

### PROGRAMACIÓN DEL PLC S7 1500.

1. Abrir el acceso directo del software TIA PORTAL V.15.1
2. Al inicio del software, dentro de la pantalla de inicio dar clic en Crear Proyecto, aquí se deberá llenar los campos de Nombre, ruta donde se desea guardar el proyecto, autor y se puede incluir un comentario.

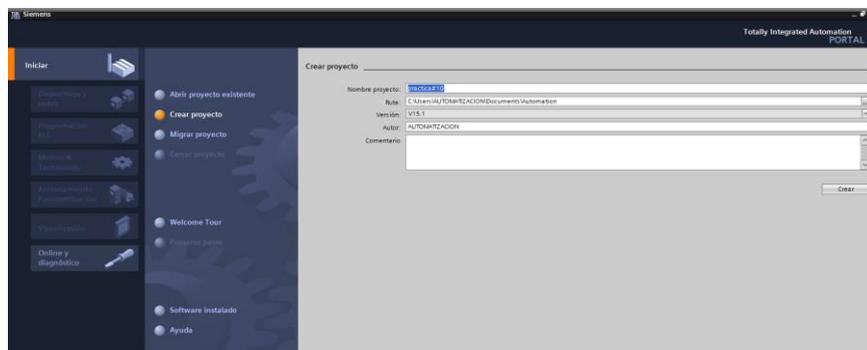


Figura 9.4 Pantalla de Inicio TIA Portal V15.1

3. Dar clic en el botón “Crear”, ubicado en la parte inferior de los campos anteriormente indicados y aparecerá la Vista Principal, en donde se crearán los dispositivos, por lo que se debe dar clic en configurar un dispositivo.

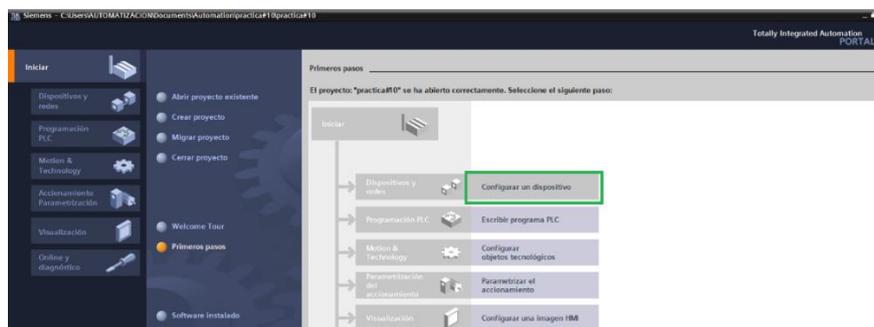


Figura 9.5 Pantalla de Primeros pasos.

4. En la ventana “Agregar dispositivo” donde seguimos los siguientes pasos:

- Seleccionar el controlador deseado. En este caso clic en PLC > SIMATIC S7-1500 > CPU > CPU 1516-3PN/DP. Referencia 6ES7 516- 3AN01-0AB0. Dentro de la opción versión en el lado derecho de la pantalla seleccionar “V2.6”.
- Clic en agregar.
- Una vez agregado un dispositivo aparecerá en la pantalla el nuevo equipo agregado.

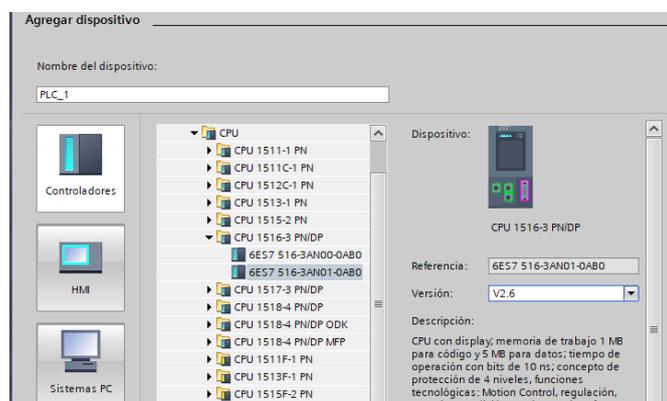


Figura 9.6 Agregar nuevo dispositivo.

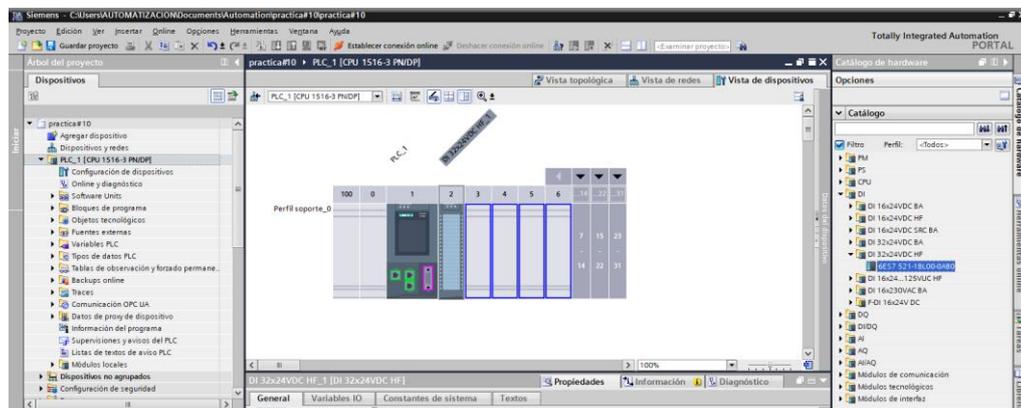


Figura 9.7 Pantalla del proyecto creado.

5. En la parte derecha de la pantalla en “Catálogo de Hardware” se procede a seleccionar los módulos periféricos que se utilizarán con el CPU, que en este caso son los siguientes:

- Entradas Digitales: DI > DI 32x24VDC HF > 6ES7 521-1BL00-0AB0
- Salidas Digitales: DQ > DQ 32x24VDC/0.5A HF > 6ES7 522-1BL01-0AB0
- Entradas Analógicas: AI > AI 8xU/I/RTD/TC ST > 6ES7 531-7KF00-0AB0
- Salidas Analógicas: AQ > AQ 4xU/I ST > 6ES7 532-5HD00-0AB0.

Se observa con más detalle los módulos agregados en la figura 9.

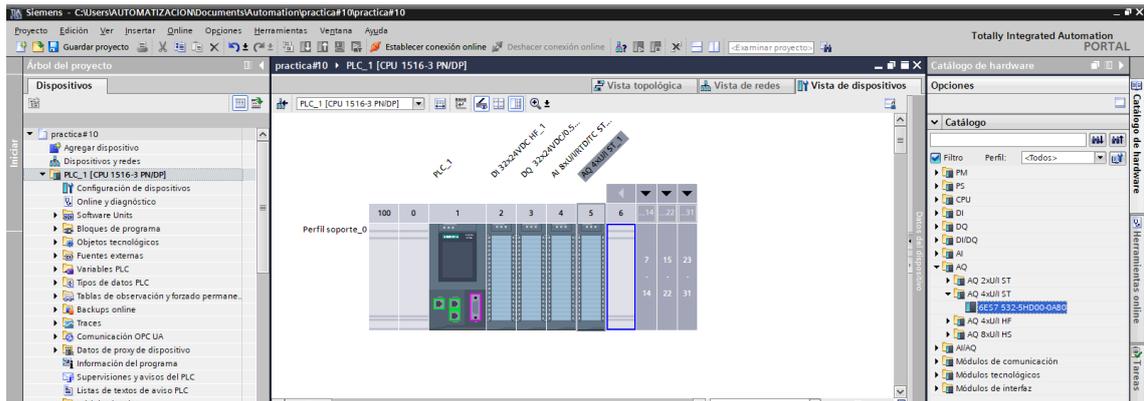


Figura 9.8 CPU con módulos periféricos.

6. Se procederá a dar doble clic sobre el módulo de entradas analógicas (AI 8xU/I/RTD/TC ST).

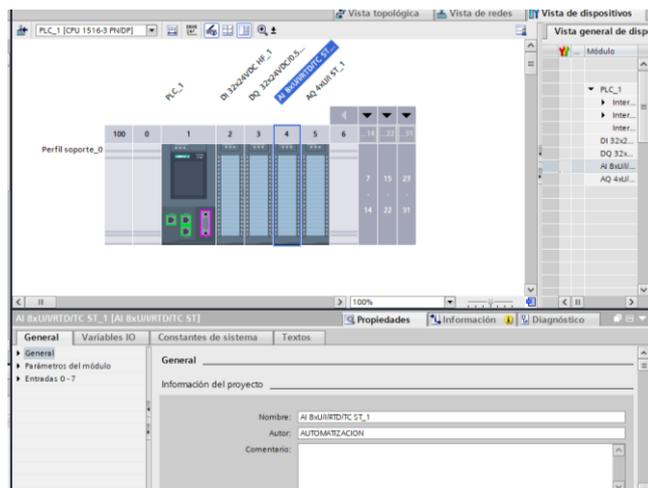


Figura 9.9 Configuración del módulo de entradas analógicas.

7. En la parte de general ir a Entradas 0-7> Vista general de configuración> seleccionar en la parte derecha el canal 7> por defecto esta “Plantilla”, cambiar a “Manual”. Cambiar el canal 6 de la misma manera.

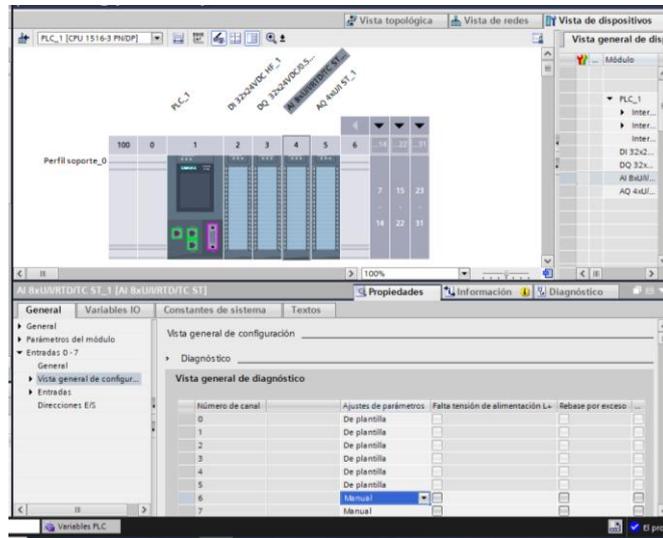


Figura 9.10 Configuración de cambio en canales analógicos.

8. Ingresar a entradas, desplegar las entradas existentes, seleccionar el canal número 7>Tipo de Medición seleccionar Intensidad (transductor de medida a 4 hilos) >Rango de medición seleccionar 4 a 20mA.

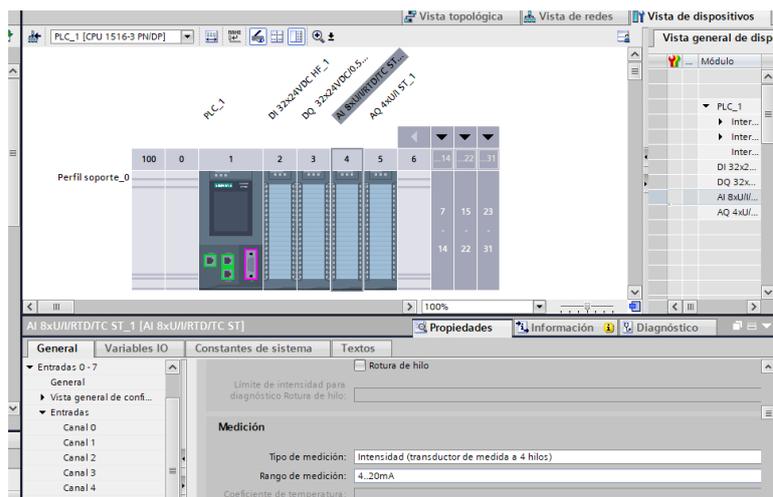


Figura 9.11 Configuración de entrada analógica 7.

9. Seleccionar canal 6 >Tipo de Medición seleccionar Intensidad (transductor de medida a 2 hilos) >Rango de medición seleccionar 4-20mA.

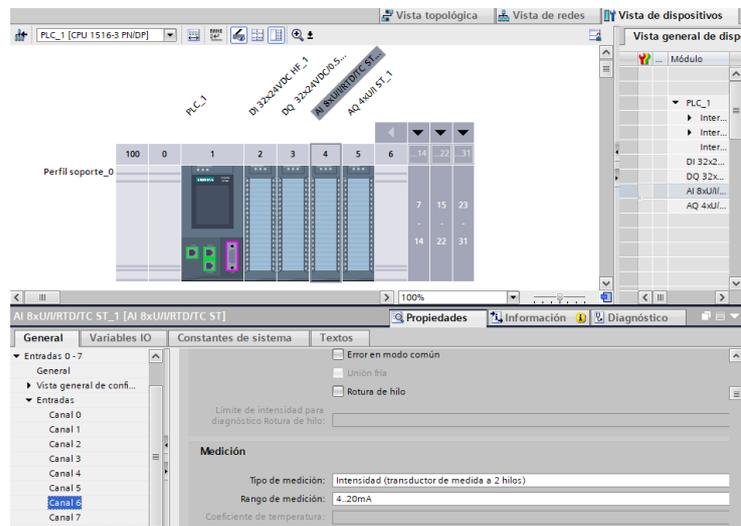


Figura 9.12 Configuración de entrada analógica 6.

10. Para configuración de la red desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Configuración de dispositivo>General>Interfaz PROFINET [x1] >Configurar la dirección IP 172.18.135.23 con mascara de subred en 255.255.255.0

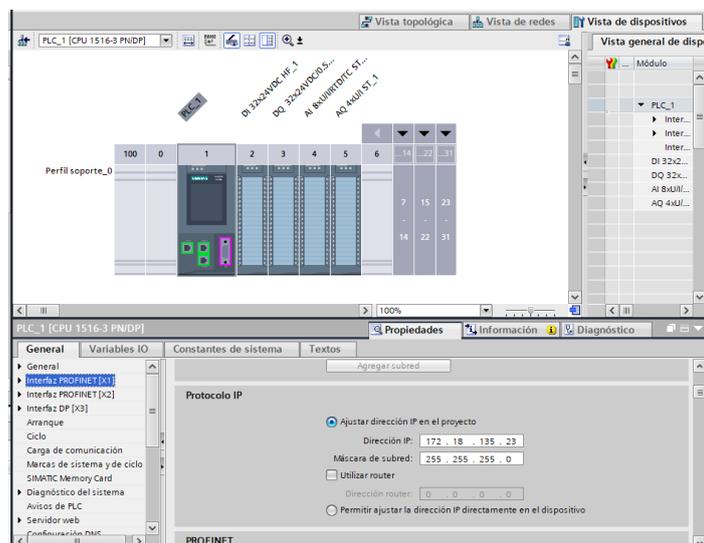


Figura 9.13 Asignación de dirección IP.

11. Para que el OPC pueda operar hay que habilitar lo siguiente:

Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Configuración de dispositivo >General >Protección & Seguridad >Mecanismos de conexión, activar la opción de Permitir acceso vía comunicación PUT/GET del interlocutor remoto.

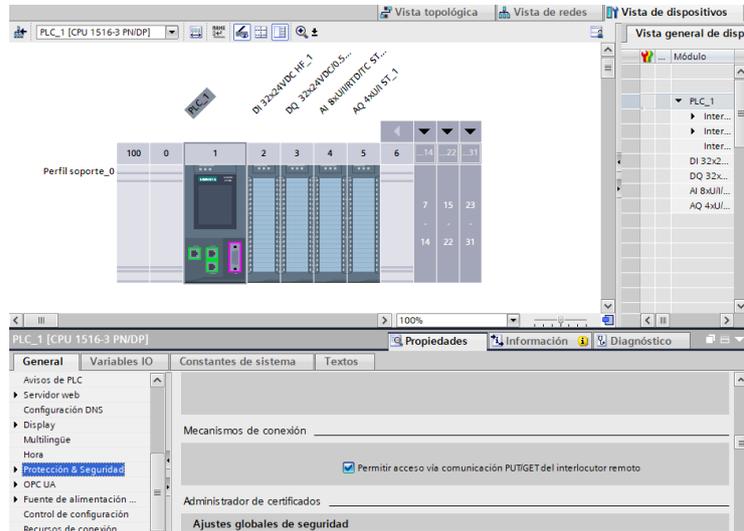


Figura 9.14 Habilitación de protección para permitir comunicación PUT/GET.

12. Crear las variables a utilizarse, desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Variables PLC >Mostrar todas las variables >asignar variables.

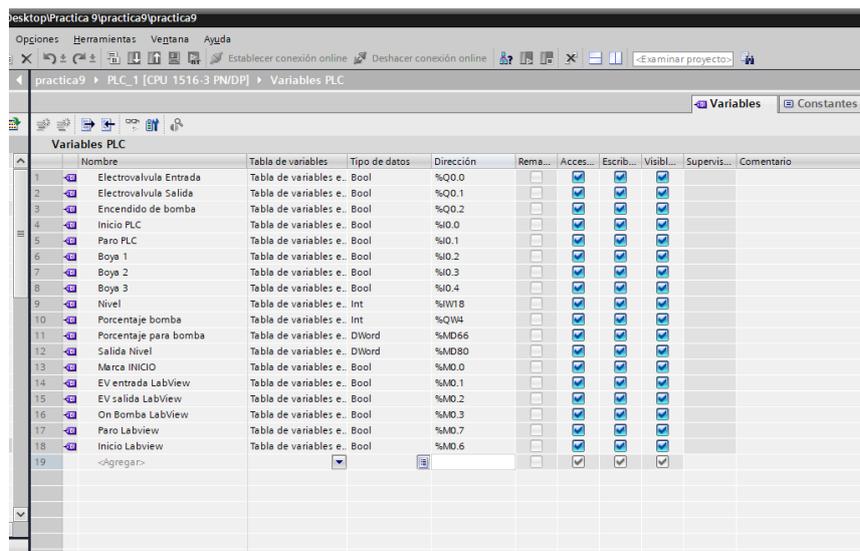


Figura 9.15 Variables del PLC.

13. Crear Función para procesamiento de señales analógicas, desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa> Agregar nuevo bloque>Seleccionar FC(Función) >Asignar nombre FC Señales Analógicas.

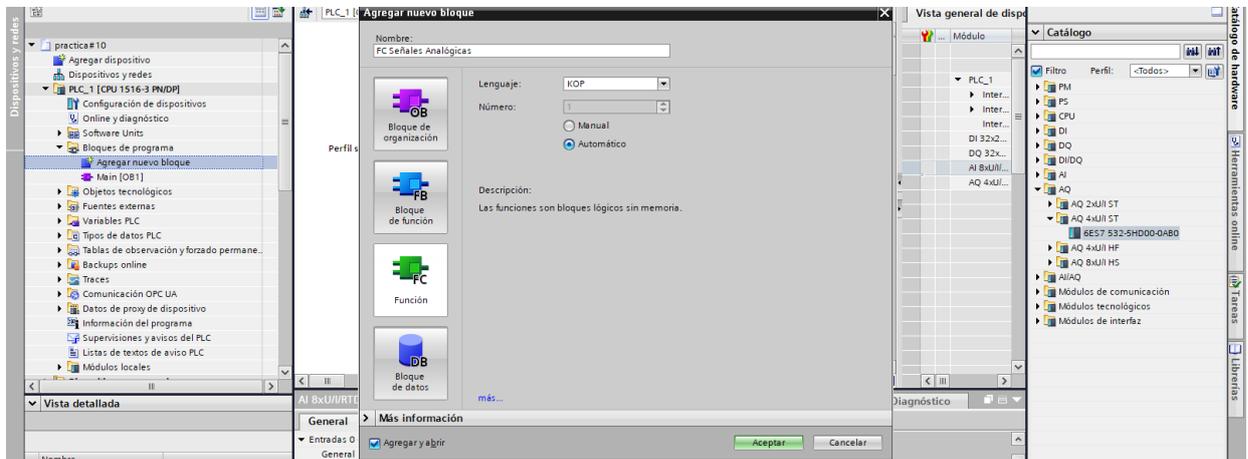


Figura 9.16 Creación de Función para señales analógicas.

14. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>Agregar nuevo bloque> Seleccionar FC(Función) >Asignar nombre FC Señales Digitales.

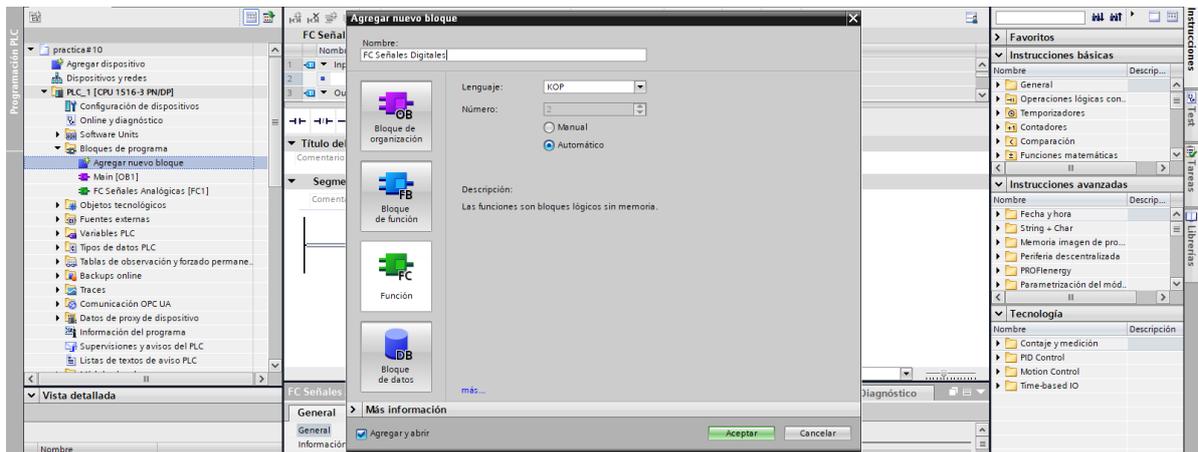


Figura 9.17 Creación de Función para señales digitales.

15. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>Agregar nuevo bloque> Seleccionar DB (Bloque de datos) >Asignar nombre DB General.

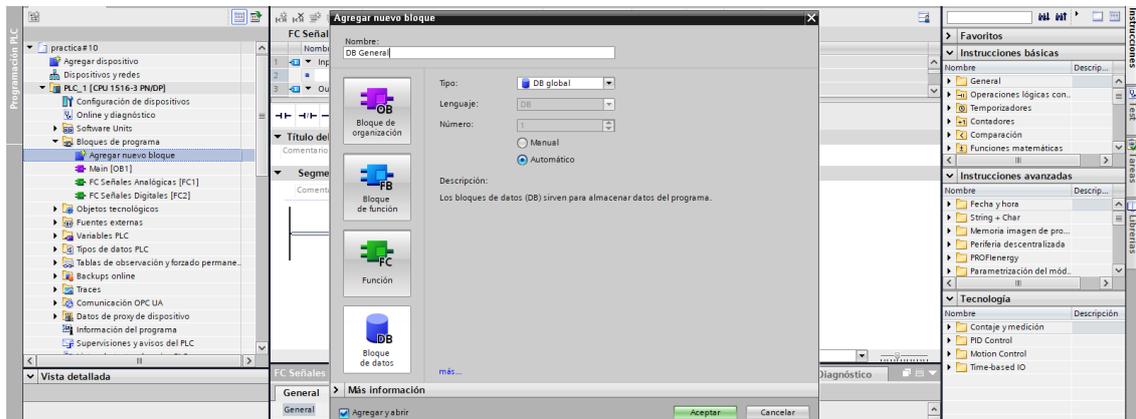


Figura 9.18 Creación de bloque de datos general.

16. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>DB General>Asignar las variables que se muestra en la Figura.

Nombre	Tipo de datos	Valor de arranq...	Remanen...	Accesible d...	Escrib...	Visible en ..	Valor de a...	Supervis...	Comentario
1 -> Static									
2 -> salida normalizada nivel	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>			
3 -> salida normalizada bomba	Real	0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>				

Figura 9.19 Variables de bloque de datos.

17. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>FC Señales Analógicas>En el segmento 3 crear 2 bloques, NORM\_X y SCALE\_X .

Para NORMAL\_X configurar el tipo de dato como entrada "Int" y salida "real" es decir "Int to Real". En VALUE usar IW18 "Nivel", Como valor mínimo (MIN) colocar 0 y como valor máximo (MAX) colocar el valor de 27585. Para el valor de la salida (OUT) usar la variable de presión del bloque de datos creado, es decir en OUT usar la siguiente variable "DB General" "Salida Normalizada nivel".

Para SCALE\_X configurar el tipo de dato como entrada "real" y salida "real" es decir "Real to Real". En VALUE usar "DB General" "Salida Normalizada nivel", Como valor mínimo (MIN) colocar 0.0 y como valor máximo (MAX) colocar el valor de 28.5. Para

el valor de la salida (OUT) usar la variable MD80 “Salida Nivel” creada en Variables del PLC, es decir en OUT usar la siguiente variable MD80 “Salida Nivel”.

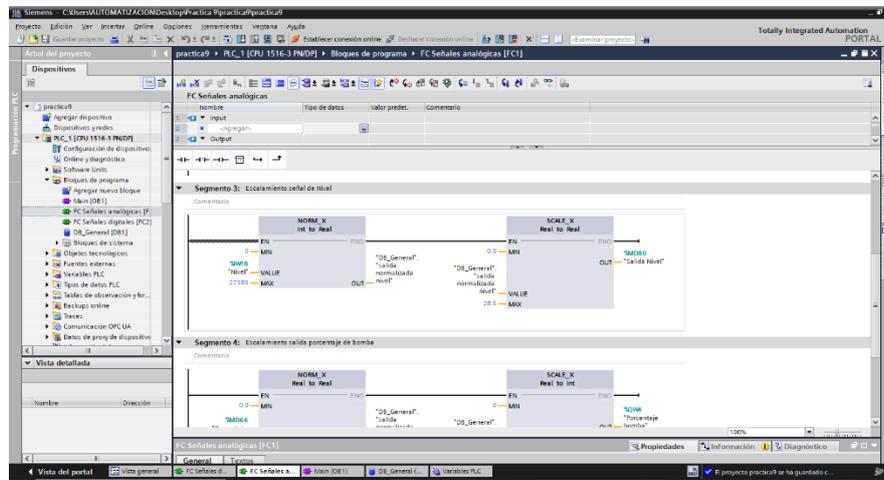


Figura 9.20 Tratamiento de la señal de nivel.

18. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>FC Señales Analógicas>En el segmento 4 crear 2 bloques, NORM\_X y SCALE\_X.

Para NORM\_X configurar el tipo de dato como entrada “Real” y salida “real” es decir “Real to Real”. En VALUE usar MD66 “Porcentaje para Bomba”, Como valor mínimo (MIN) colocar 0 y como valor máximo (MAX) colocar el valor de 10. Para el valor de la salida (OUT) usar la variable de “Salida normalizada bomba” del bloque de datos creado, es decir en OUT usar la siguiente variable “DB General” “Salida normalizada bomba”.

Para SCALE\_X configurar el tipo de dato como entrada “Real” y salida “Int” es decir “Real to Int”. En VALUE usar “DB General” “Salida normalizada bomba”, Como valor mínimo (MIN) colocar 0.0 y como valor máximo (MAX) colocar el valor de 27648 Para el valor de la salida (OUT) usar la variable “Porcentaje bomba” creada en las Variables de PLC, es decir en OUT usar la siguiente variable QW4 “Porcentaje Bomba”.

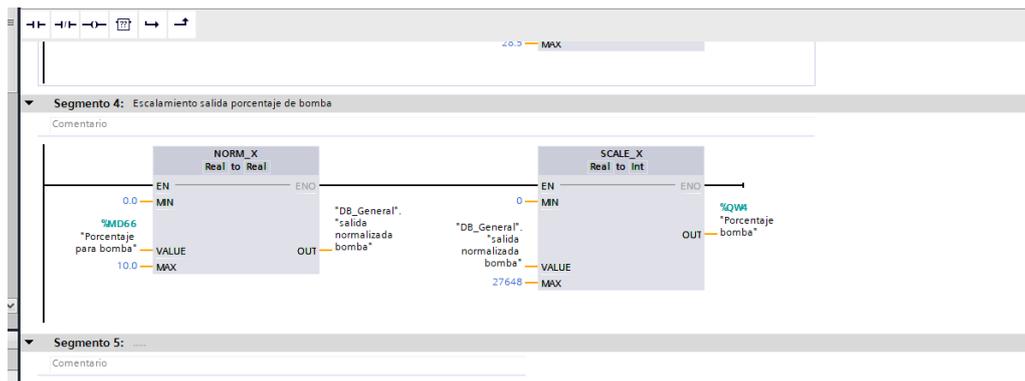


Figura 9.21 Tratamiento señal de salida de Voltaje de Bomba.

19. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>FC Señales Digitales>En el segmento 1 crear 2 contactos abiertos en paralelo >para los 2 contactos en paralelo crear con las siguientes variables I0.0 “Inicio PLC”, M0.6 “Inicio LabVIEW” ,para la bobina usar M0.0 “Marca Inicio” configurarla como SET. Continuando con el segmento 1 crear 2 contactos más, abiertos en paralelo y en serie una bobina>para los 2 contactos en paralelo crear una bobina de salida con la siguiente variable M0.0 “Marca Inicio” Configurarla como RESET.

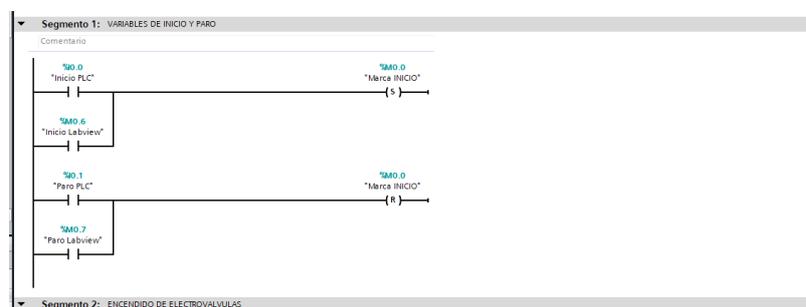


Figura 9.22 Programación de inicios y habilitaciones.

20. Para el segmento 2, crear una línea de programación con dos contactos abiertos en serie con una bobina, para esta línea se debe usar las variables M0.0 en serie con M0.1 y para finalizar la bobina con variable Q0.0.

Continuando con el segmento 2 se debe colocar dos contactos abiertos en paralelo luego en serie un contacto abierto y para finalizar la línea en serie una bobina.

Para los contactos usar la variable M0.2 en serie el contacto abierto con variable M0.0 y finalizando en la bobina con Q0.1.

En el segmento 2 continuar con una tercera línea de programación usar dos contactos

abiertos en serie con una bobina, para esta línea se debe usar las variables M0.3 en serie con M0.0 y para finalizar la bobina con variable Q0.2.

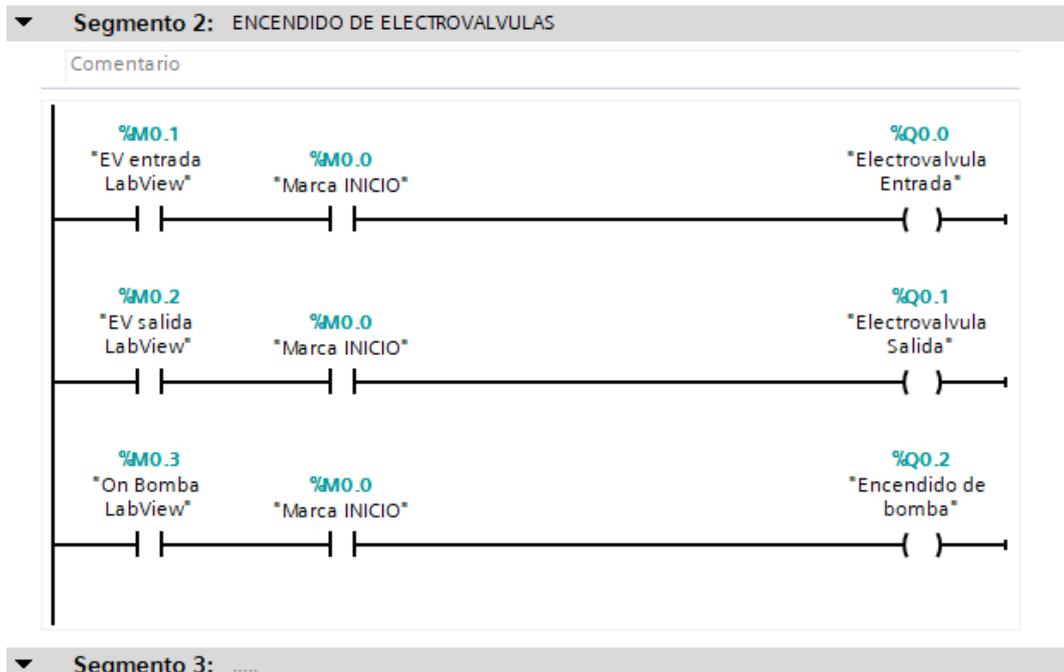


Figura 9.23 Programación de salidas.

21. Con las funciones creadas, regresar al programa principal MAIN PRINCIPAL y colocar las 2 funciones creadas anteriormente.

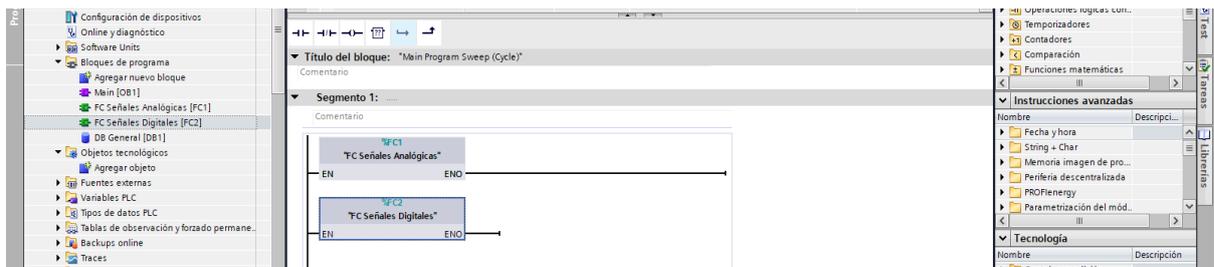


Figura 9.24 Ingreso de funciones en el MAIN PRINCIPAL.

22. Abrir el acceso directo del software OPC Servers Administration.

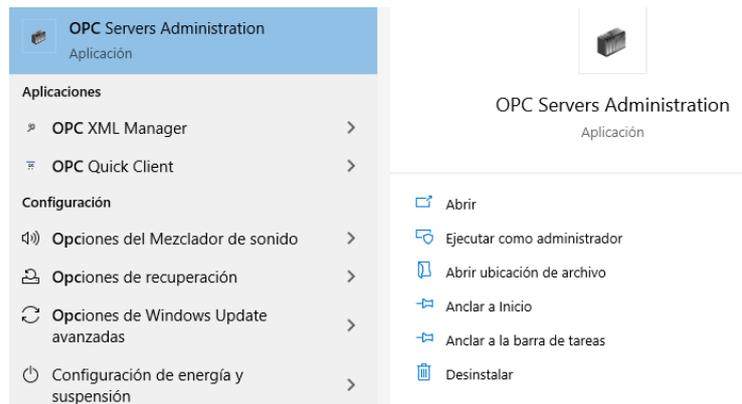


Figura 9.25 Acceso software OPC Servers Administration.

23. Aceptamos los permisos para la aplicación. En la barra de tareas desplegamos otras opciones. Damos clic derecho sobre el icono del OPC Server.

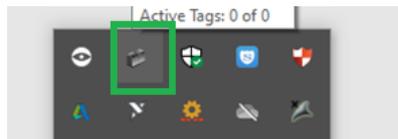


Figura 9.26 Icono de acceso OPC server.

24. Dar clic en el botón "Configuration".

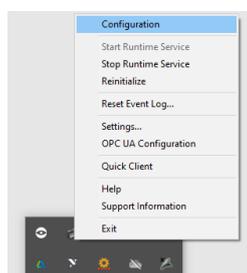


Figura 9.27 Accedemos a "Configuration" para poder editar el OPC.

25. Una vez dentro del software, hacemos clic en File> New. Nos aparece una ventana emergente y damos clic en "Yes, Update". Aparecerá la vista principal, en

donde se crearán los dispositivos tal como se muestra en la figura 29.

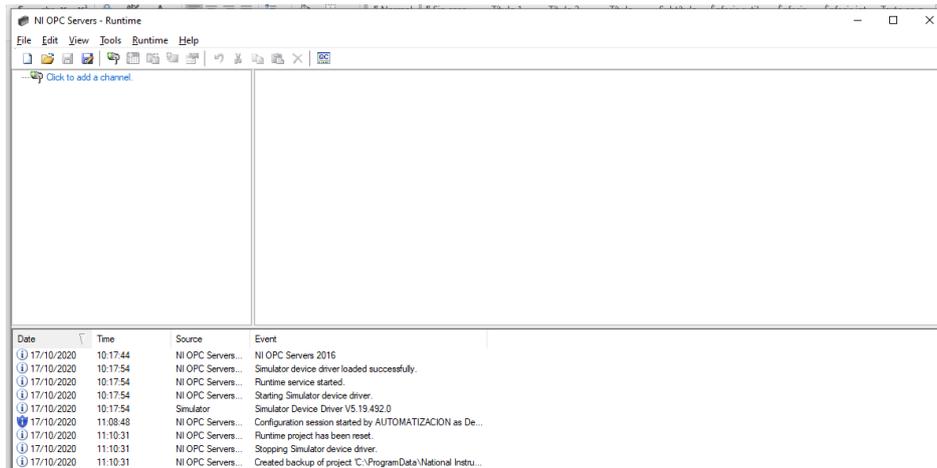


Figura 9.31 Ventana nueva de OPC Server.

26. Hacemos clic en la opción “Clic to add a channel”. Nos aparece una ventana emergente en la cual, asignamos el nombre al canal del OPC Server: “New Channel” donde podemos ver el “Channel name”.

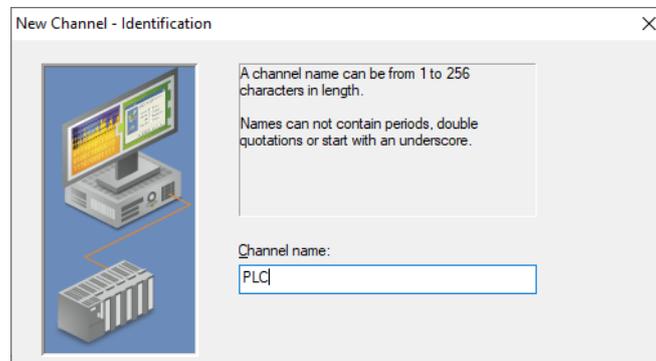


Figura 9.28 Ventana para configurar “Channel name”.

27. En la siguiente ventana procedemos a seleccionar “Siemens TCP/IP Ethernet” de la lista de drivers.

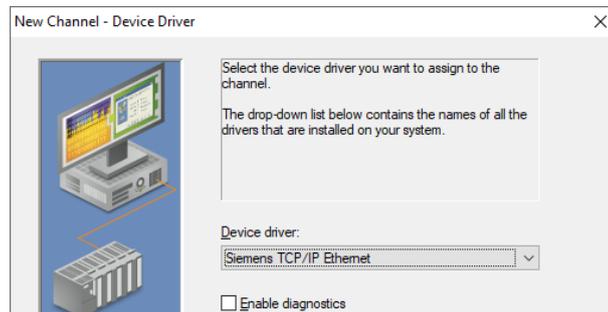


Figura 9.29 Configuración de “Device driver”.

28. En la siguiente ventana tenemos “Network Adapter” y seleccionamos el que nos corresponde al momento.

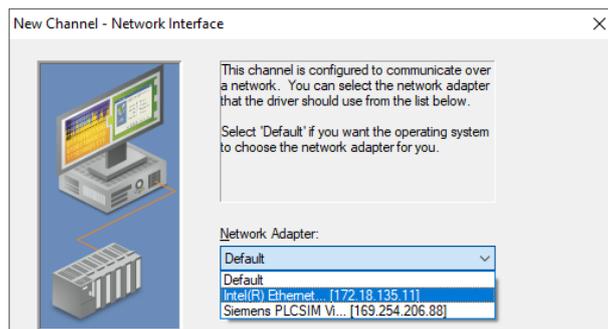


Figura 9.30 Ventana de “Network Adapter”.

29. En la ventana siguiente dejamos las selecciones por default.

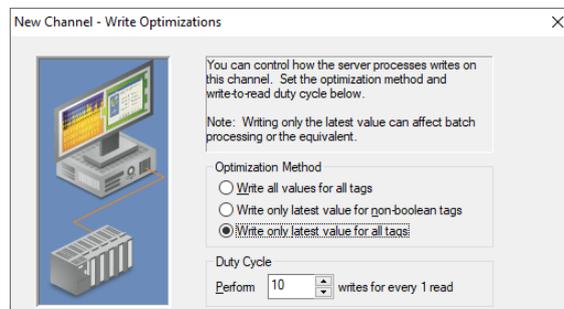


Figura 9.31 Ventana de “Write Optimizations”.

30. En la siguiente ventana dejamos los valores por default como se muestra a continuación.

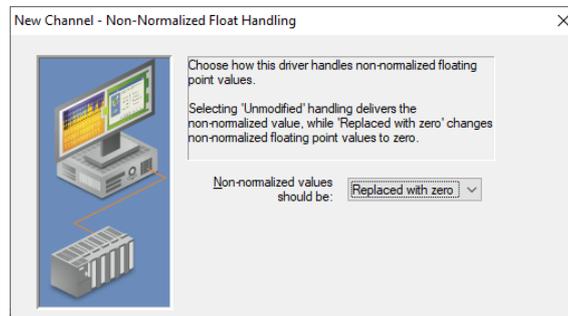


Figura 9.32 Ventana de “Non-Normalized Float Handling”.

31. En la siguiente ventana revisamos que este todo correcto y damos “Finalizar”.

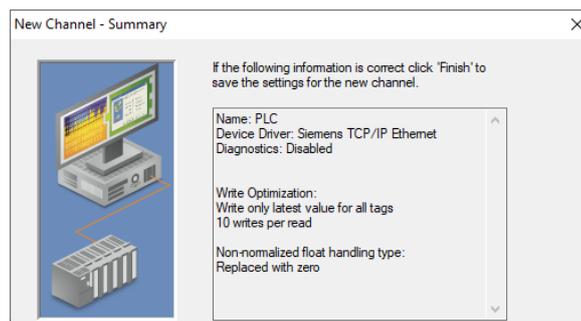


Figura 9.33 Ventana de “Summary”.

32. Una vez finalizado ese proceso, procedemos a dar clic en “Clic to add a new device” y nos aparecerá una ventana como la mostrada a continuación.

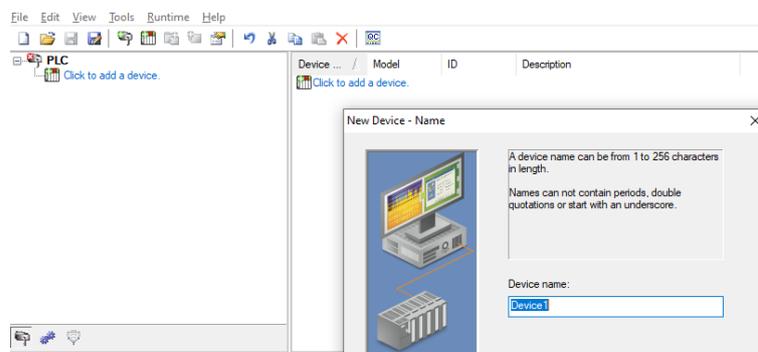


Figura 9.34 Ventana de “Device name”.

33. Le cambiamos el nombre al equipo y escribimos lo siguiente:

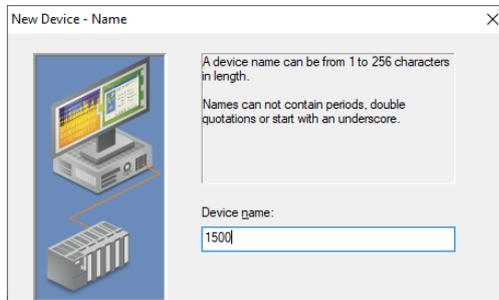


Figura 9.35 Ventana "Device Name".

34. Al dar siguiente, nos aparece la ventana "Model" y seleccionamos el equipo correspondiente.

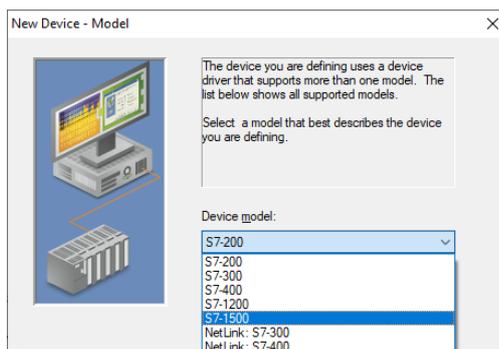


Figura 9.36 Ventana "Device Model".

35. En la siguiente ventana cambiamos la direccion IP de nuestro PLC S7-1500.

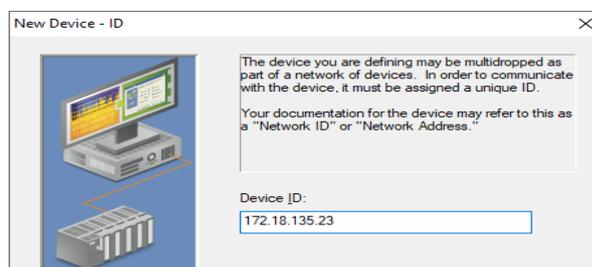


Figura 9.37 Ventana "Device ID".

36. En la siguiente ventana procedemos a dar continuación con las opciones por default.

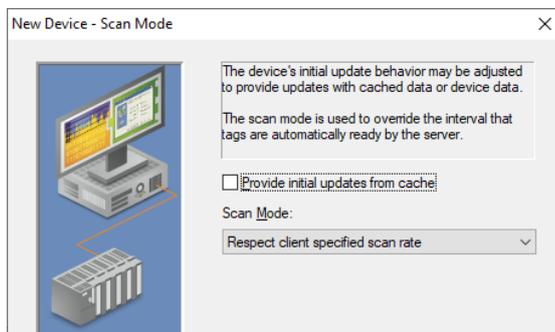


Figura 9.38 Ventana "Scan Mode".

37. En la ventana siguiente dejamos los valores por default.

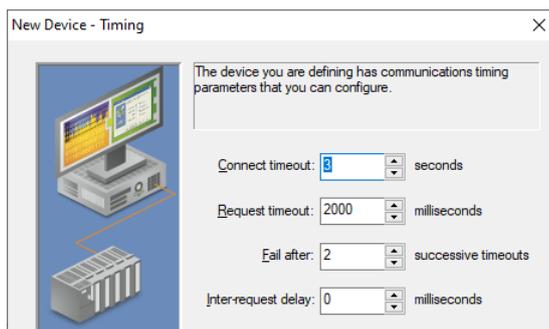


Figura 9.39 Ventana "Timing".

38. En la figura mostrada a continuación, damos clic en siguiente.

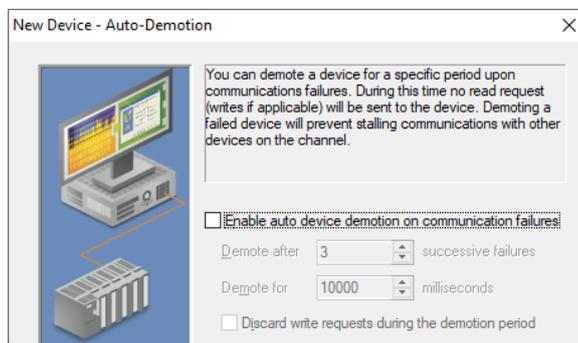


Figura 9.40 Ventana "Auto Demotion".

39. En la figura mostrada a continuación, damos clic en siguiente.

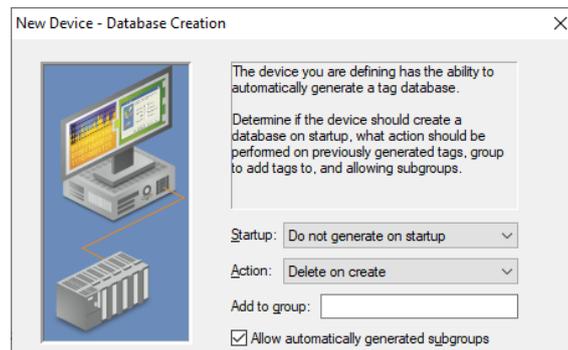


Figura 9.41 Ventana "Database Creation".

40. En la figura mostrada a continuación, se da clic en siguiente.

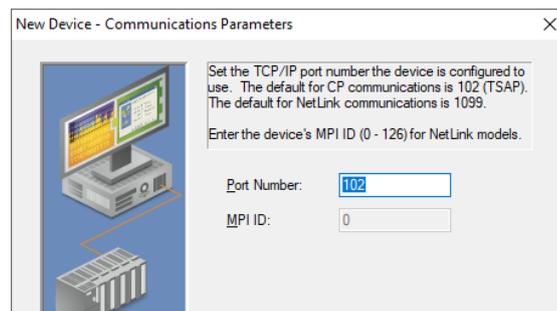


Figura 9.42 Ventana "Communications Parameters".

41. En la figura mostrada a continuación, se da clic en siguiente.

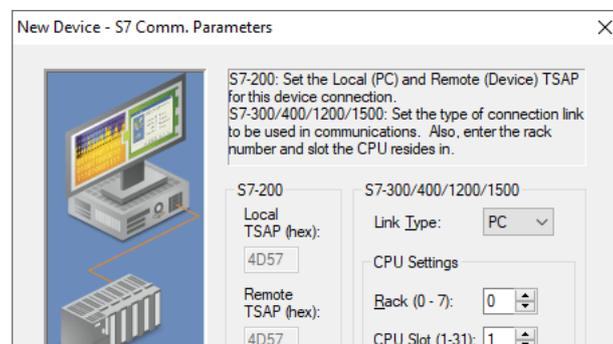


Figura 9.43 Ventana "S7 Com. Parameters".

42. En la figura mostrada a continuación, damos clic en siguiente.

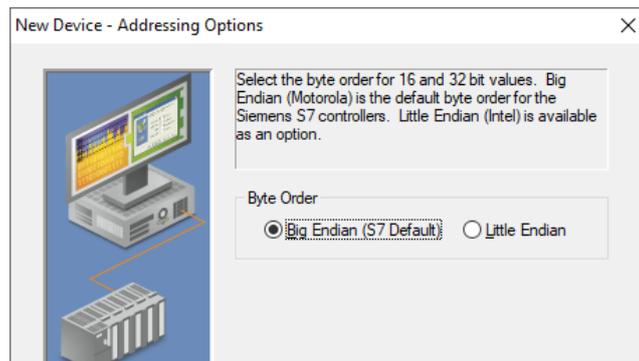


Figura 9.44 Ventana "Addressing Options".

43. En la figura mostrada a continuación damos clic en "finalizar".

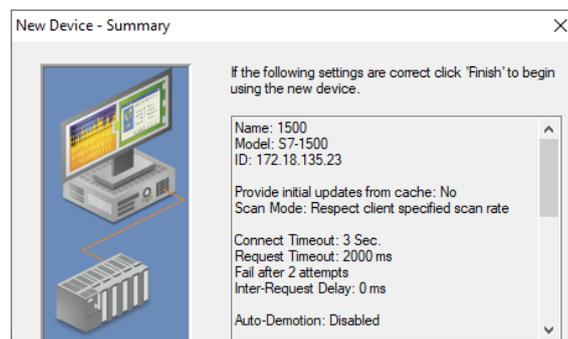


Figura 9.45 Ventana "Summary".

44. Una vez finalizado te debe salir la ventana como la siguiente.

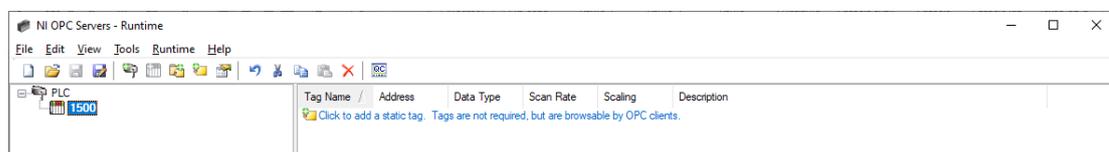


Figura 9.46 Ventana OPC Servers.

45. A continuación, procedemos a guardar nuestro archivo dentro de la misma carpeta donde tenemos el programa en Tía Portal. Una vez guardado, damos

clic derecho y seleccionamos “New Tag”. Nos va a aparecer una ventana emergente; en la cual, declaramos las variables a utilizar.

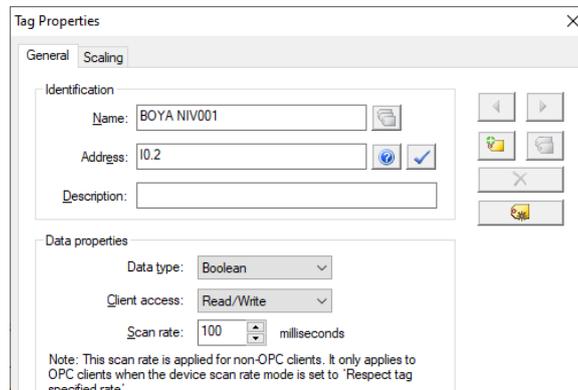


Figura 9.47 Declaración primera variable “BOYA NIV001”.

46. Una vez declarada la variable tendremos la ventana como la siguiente.

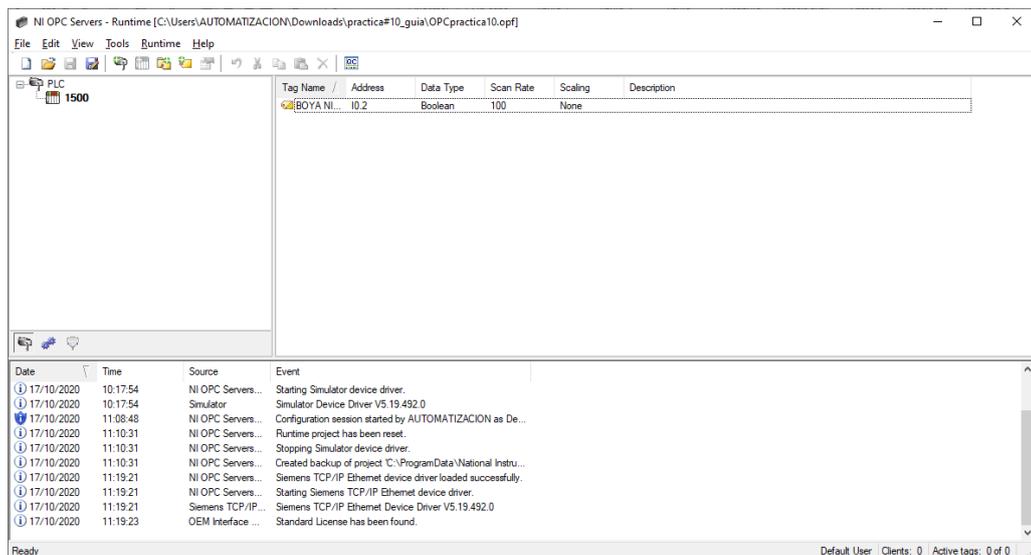


Figura 9.48 OPC Servers con una variable ya declarada.

47. Una vez creado el tag, procedemos a crear otro “New Tag” en el cual vamos a declarar otra variable a utilizar.

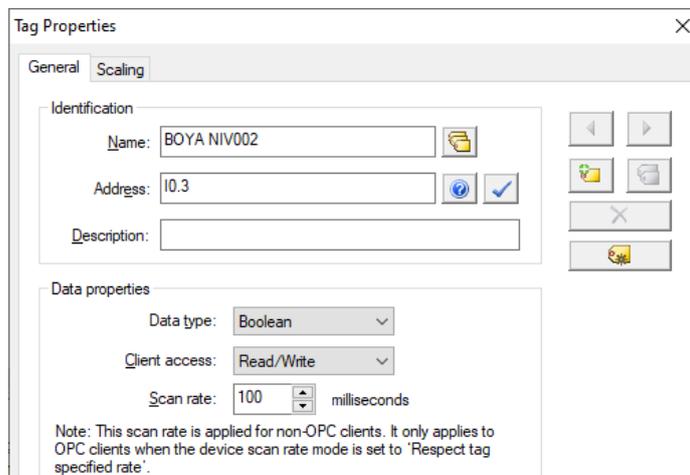


Figura 9.49 Declaración de variable “BOYA NIV002”

48. Continuamos creando otro “New Tag” para la siguiente variable.

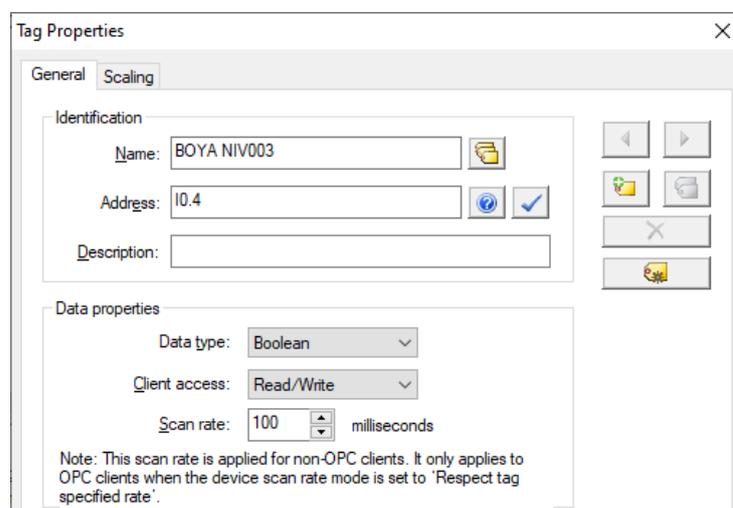


Figura 9.50 Declaración de variable “BOYA NIV003”.

49. Repetimos los últimos pasos para declarar variables hasta completar todas las variables a utilizar.

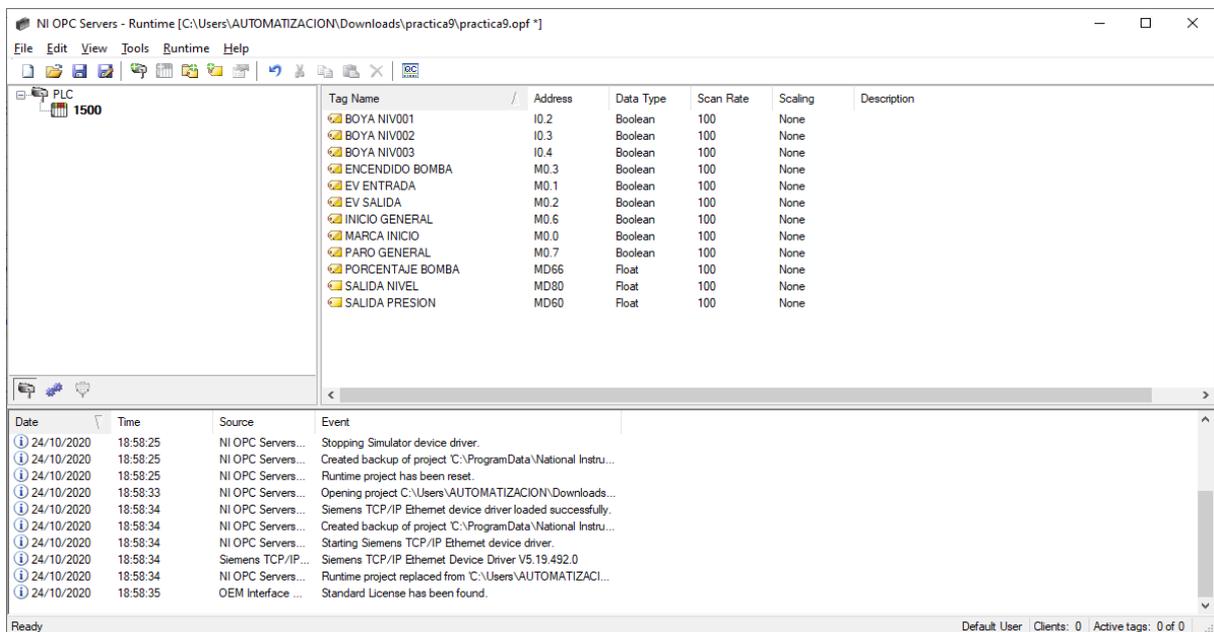


Figura 9.51 Software OPC Servers con todas las variables declaradas.

50. Una vez finalizada la comunicación del OPC Servers, procedemos a iniciar la programación de control en el software LabVIEW. Primero ejecutamos LabVIEW(64bits), una vez dentro damos clic en File, New VI. Nos debe aparecer dos ventanas. Una ventana es la “Front Panel” y la otra es “Block Diagram”.

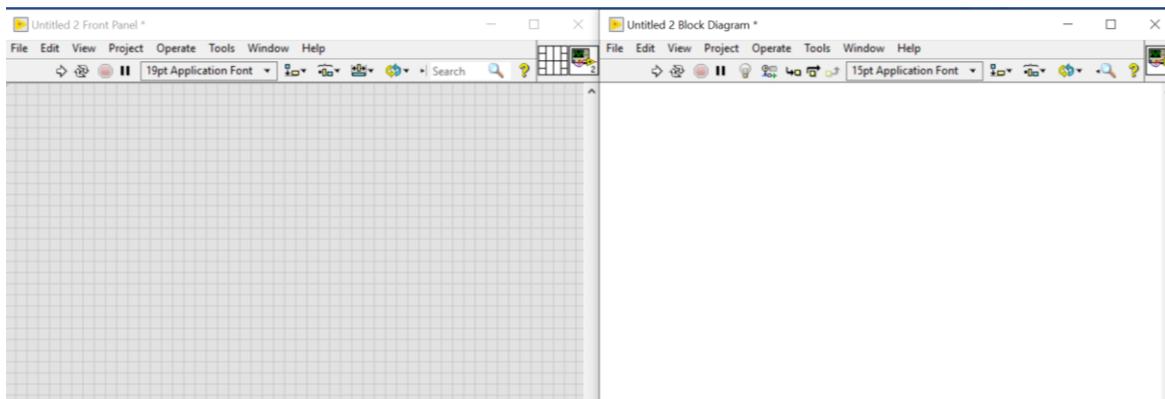


Figura 9.52 Ventanas del software LabVIEW al inicio.

51. Ahora seguimos los siguientes pasos sobre la ventana “Block Diagram”: Clic derecho> Structures> While Loop. En la siguiente figura se muestra la ruta especificada.

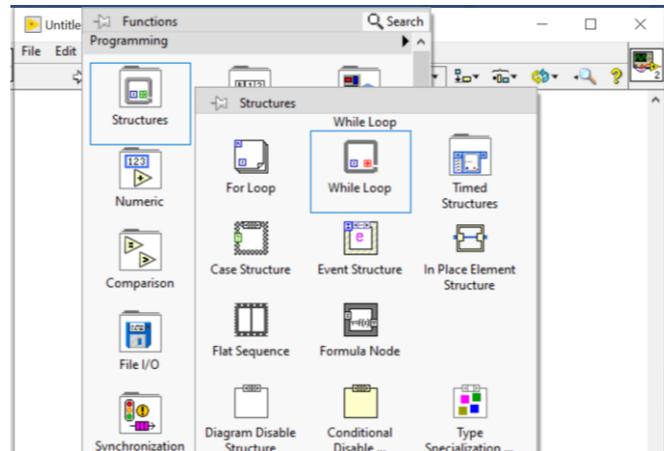


Figura 9.53 Ruta para crear un “While Loop”.

52. Una vez creado, lo asentamos sobre la ventana. Podremos notar que de su lado inferior derecho existe un icono que representa un “Stop” para la estructura. Colocamos el cursor sobre el icono, damos clic derecho y seleccionamos “Create Control”. Una vez creado, nos debe aparecer de la siguiente manera.

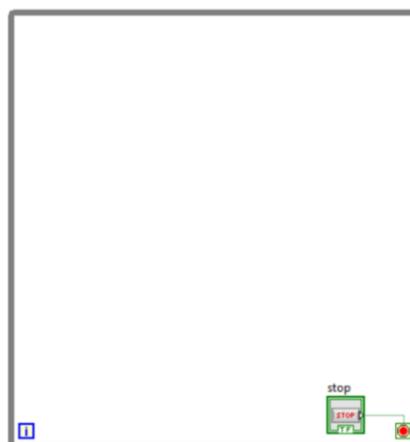


Figura 9.58 “While Loop” en el diagrama de bloques.

53. Para continuar nos dirigimos a la ventana de "Front Panel". Buscamos dentro de nuestros documentos la imagen raíz en base a nuestra planta y simplemente la arrastramos hacia la ventana.

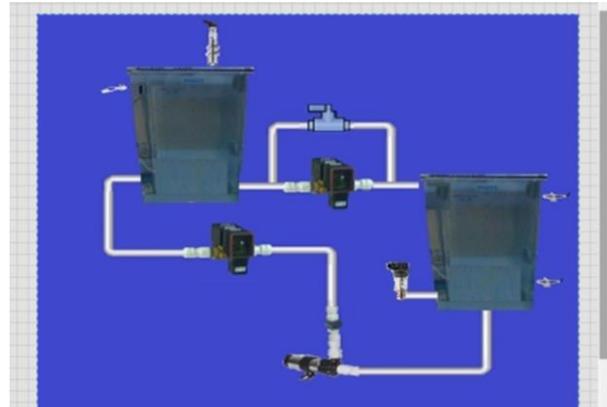


Figura 9.59 Ventana "Front Panel" con la imagen de la planta.

54. Tenemos otra imagen que nos sirve para el fondo de nuestro proyecto. Repetimos en paso anterior para insertar la imagen y editamos la vista de la ventana "Front Panel".

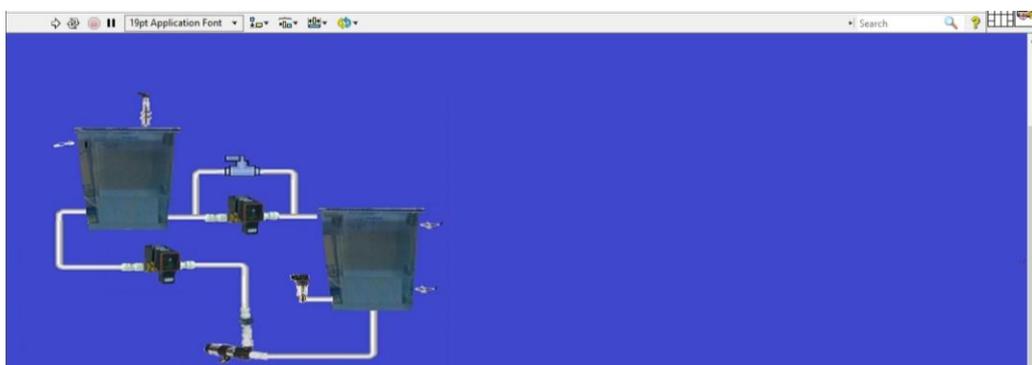


Figura 9.54 Ventana "Front Panel" con fondo arreglado.

55. A continuación, seguimos la ruta especificada: Clic derecho> Decorations> Raised Box. La insertamos en la ventana “Front Panel” y le cambiamos el tamaño de tal manera que cubra la parte superior de nuestro proyecto.

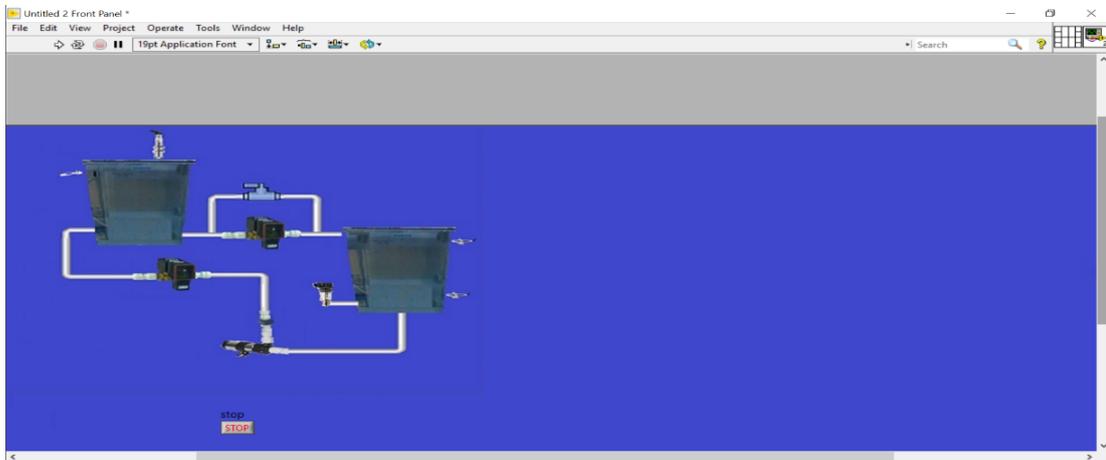


Figura 9.55 Ventana “Front Panel” con “Raised Box” en su parte superior.

56. Hacemos doble clic sobre cualquier lugar de la pantalla para crear un texto. Dentro del recuadro del texto escribimos: “CONTROL DE NIVEL POR LOGICA DIFUSA USANDO OPC CON UN PLC S7-1500”.

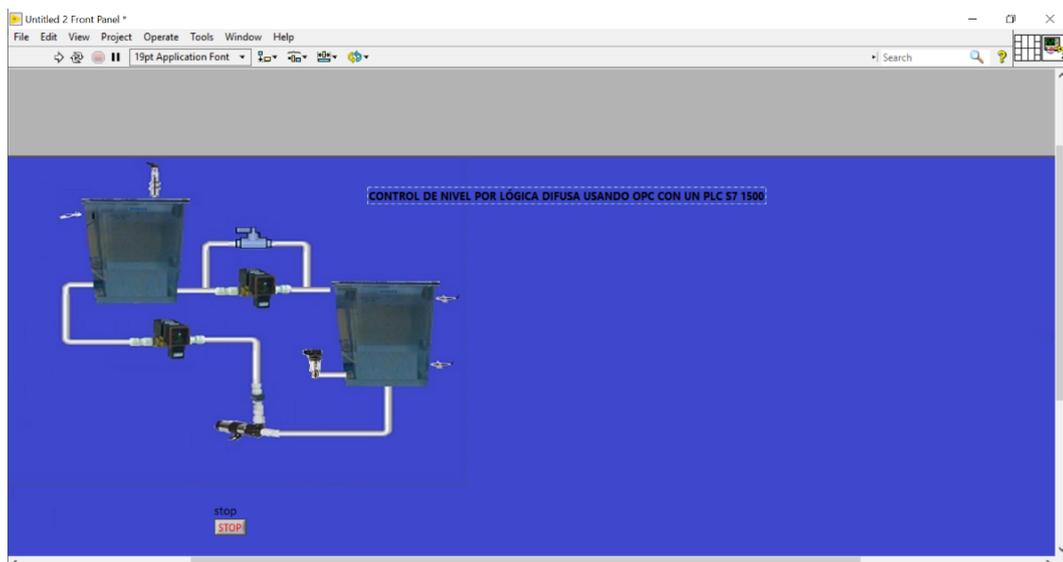


Figura 9.56 Ventana “Front Panel” con el título de la práctica.

57. Seleccionamos todo el texto y seguimos los pasos indicados en la figura 61 para cambiar el tamaño de la letra.

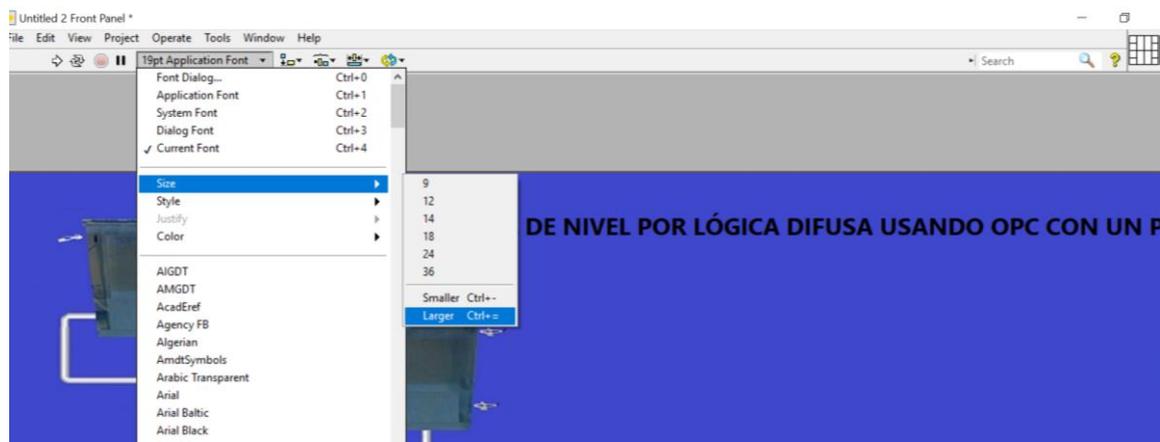


Figura 9.63 Ruta para agrandar el tamaño de la letra.

58. Repetimos el paso anterior hasta llegar a un tamaño de letra de 40pt, cambiamos el tipo de letra a “bold” y colocamos el título centrado en la parte superior de la ventana “Front Panel”.



Figura 9.64 Ventana “Front Panel” con el título de la práctica.

59. A continuación, creamos otro texto en el cual redactaremos el nombre de nuestro tutor encargado. Agrandamos la letra hasta un tamaño de 25pt con letra “bold”.

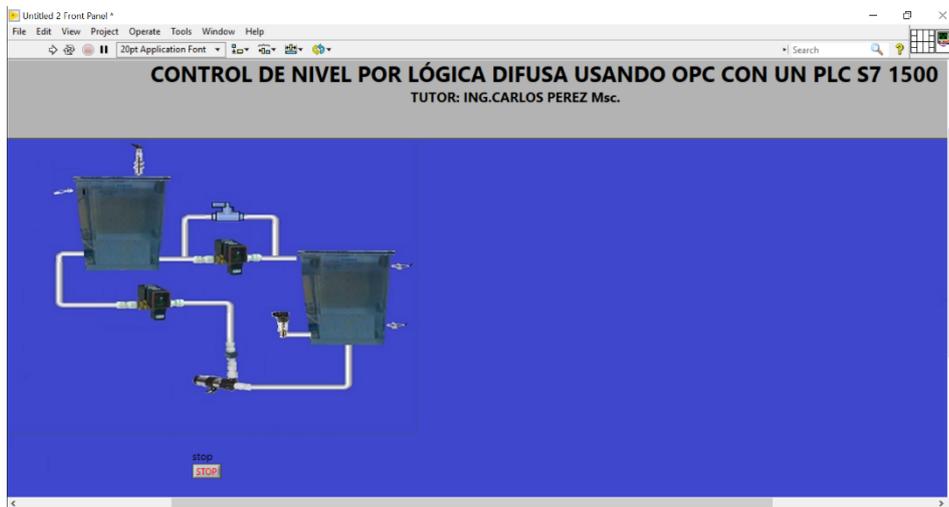


Figura 9.65 Ventana “Front Panel” con el nombre del tutor.

60. A continuación, creamos otro texto en el cual redactaremos los nombres de los autores. Agrandamos la letra hasta un tamaño de 25pt con letra “bold”.



Figura 9.66 Ventana “Front Panel” con nombres de los autores.

61. Ahora insertamos el logo de la universidad y lo colocamos en la parte superior.



Figura 9.67 Ventana “Front Panel” con logo añadido.

62. Seguimos la ruta: Clic derecho> Boolean> Round LED. Repetimos este paso hasta tener en total 4 LEDs.



Figura 9.68 Ventana “Front Panel” con los indicadores LED.

63. Ahora, seguimos la ruta: Clic derecho> Boolean> Square LED. Agregamos 2 en total.



Figura 9.57 Ventana "Front Panel".

64. Se coloca el cursor sobre el LED hasta visualizar unos puntos que se utilizan para poder modificar el tamaño de este. Hacemos este proceso para cada uno de los indicadores LED.



Figura 9.70 Ventana "Front Panel".

65. Seguido de esto, procedemos a mejorar la visualización de los títulos de cada indicador. Le modificamos sus nombres, tipo, color y tamaño de letra y movemos su ubicación para poder leer de manera más fácil.



Figura 9.71 Ventana "Front Panel" con títulos modificados

66. Seguido de esto, necesitamos crear un objeto siguiendo la siguiente ruta: Clic derecho>Decorations>Horizontal Smooth Box. Una vez creado lo pegamos por debajo del grafico de la planta y agrandamos su tamaño original.

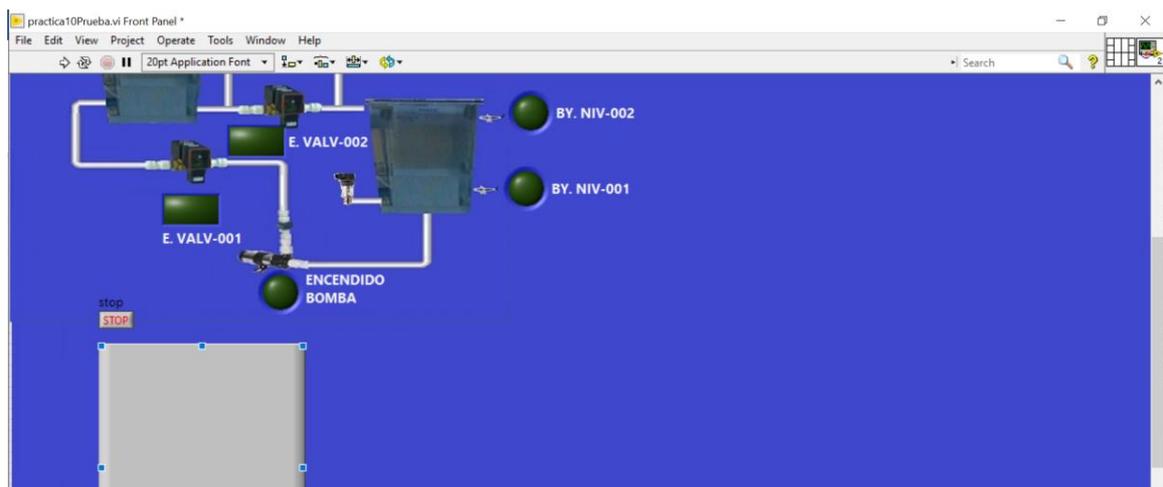


Figura 9.72 Ventana "Front Panel".

67. Clic derecho> Boolean> Push Button, son los pasos para agregar un botón. Agregamos 3 en total y los colocamos dentro del recuadro.

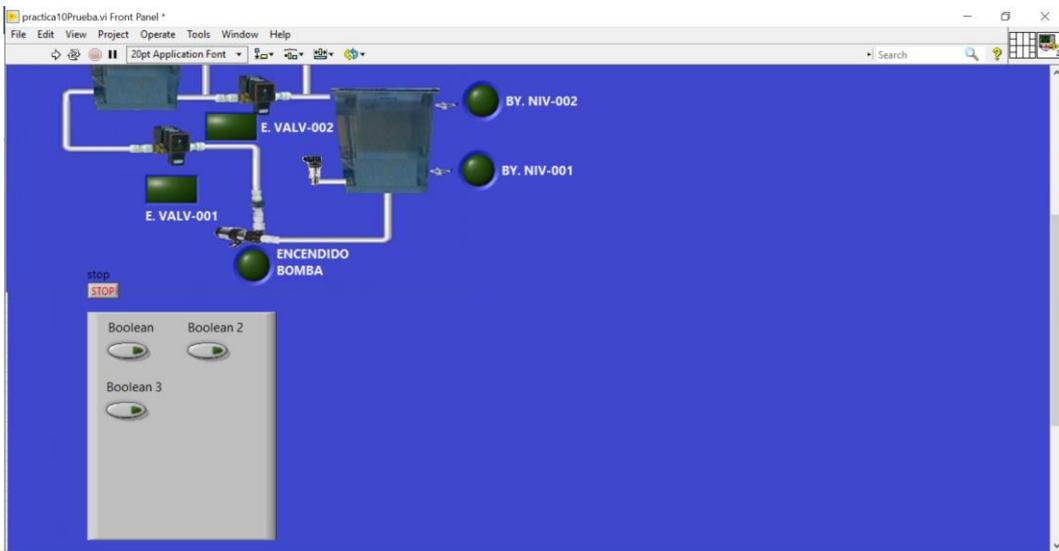


Figura 9.73 Ventana "Front Panel" con booleanos agregados.

68. Clic derecho>Numeric>Numeric Control y lo agregamos dentro del recuadro.

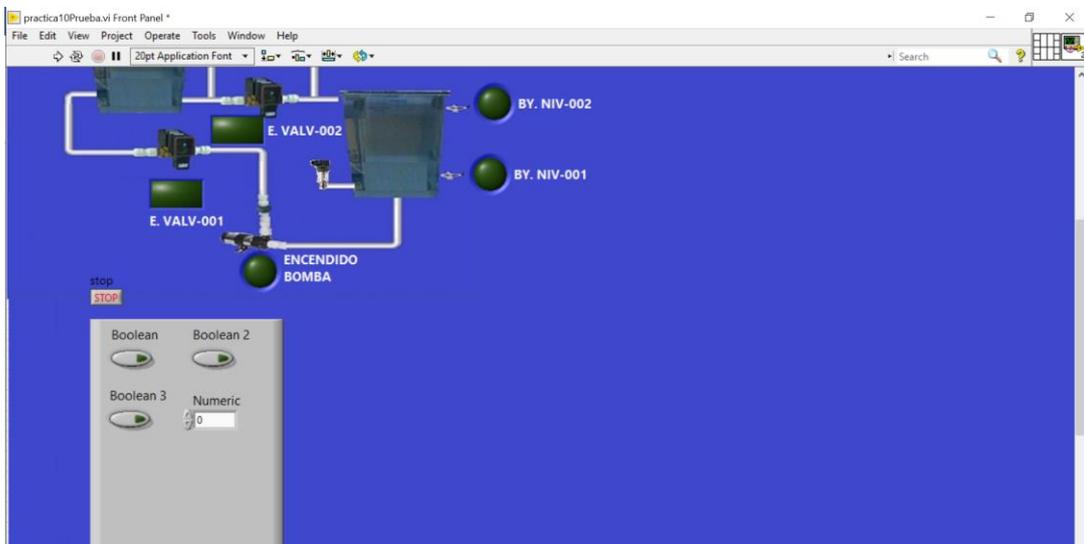


Figura 9.74 Ventana "Front Panel" con "Numeric Control" agregado.

69. Movemos el botón de “STOP” dentro del recuadro. Creamos un “Square Led” y lo colocamos dentro del recuadro. Cambiamos los nombres de los indicadores y controles.

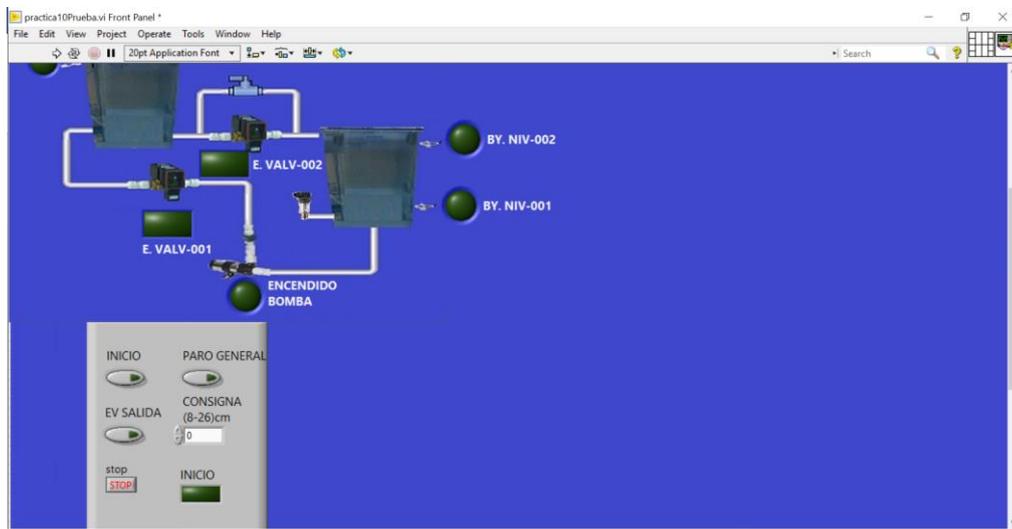


Figura 9.58 Ventana “Front Panel” con nombres actualizados.

70. Agregamos un texto que será el título del recuadro y lo llamaremos “CONTROLES”. Le cambiamos tamaño y tipo de letra.

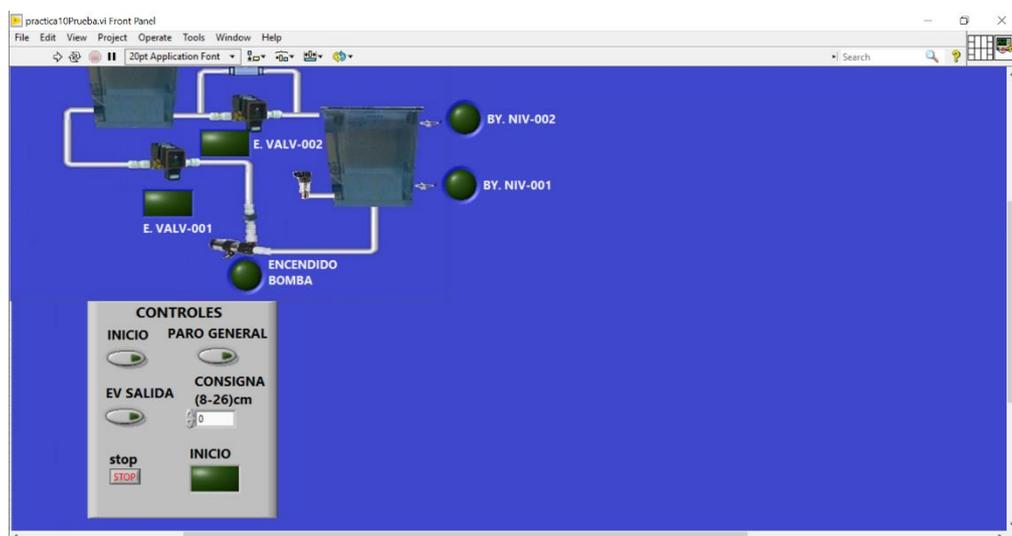


Figura 9.76 Recuadro de “Controles” terminada.

71. Dentro del mismo recuadro insertamos un indicador numérico haciendo clic derecho>Numeric>Meter. Le cambiamos el nombre por: “Voltaje Bomba DC”. A continuación, se muestra el resultado.



Figura 9.77 Recuadro de “Controles”.

72. Sobre el indicador de “Voltaje Bomba DC” damos clic derecho> Visible Items> Digital display. También creamos un cuadro de texto para representar la unidad de medición. A continuación se muestra el resultado.



Figura 9.78 Recuadro de “Controles”.

73. A continuación, moveremos el Indicador booleano de “INICIO” hacia el centro del recuadro de controles. Ahora trasladamos todo el recuadro hacia la parte superior derecha tal como se muestra en la figura 79.



Figura 9.79 Vista ventana “Front Panel”.

74. Ahora crearemos otro indicador numérico. Hacemos clic derecho > Numeric > Tank. Una vez insertado, nos dirigimos a View > Tools Palette.

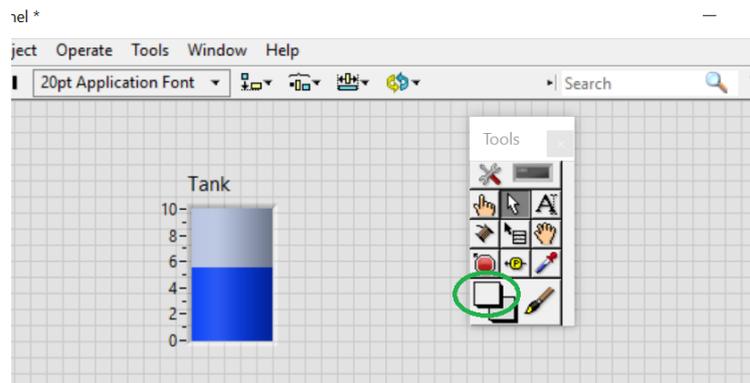


Figura 9.80 Tools Palette.

75. Hacemos clic sobre el primer cuadro del pincel, como se muestra en la figura anterior y nos debe aparecer una ventana para elegir un color. Seleccionamos la opción “T” tal como se muestra en la figura a continuación.

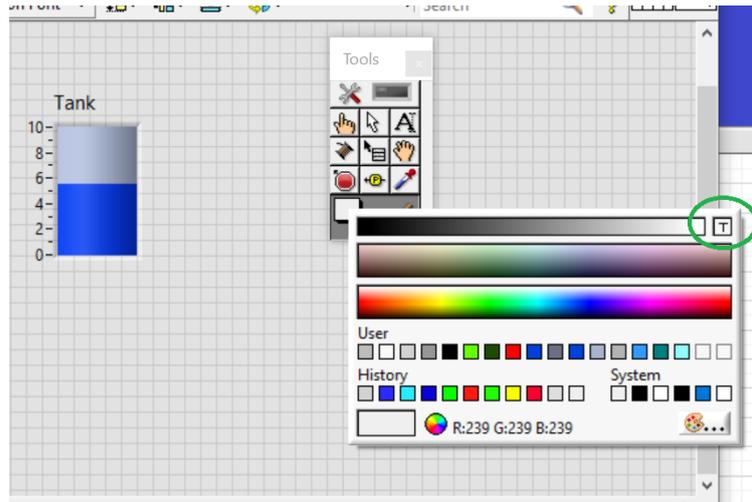


Figura 9.81 Tools Palette, selección de color “T”.

76. Una vez seleccionado, situamos el pincel sobre el “Tank” y le damos un clic para aplicar el cambio al gráfico. En la figura x se muestra el resultado.

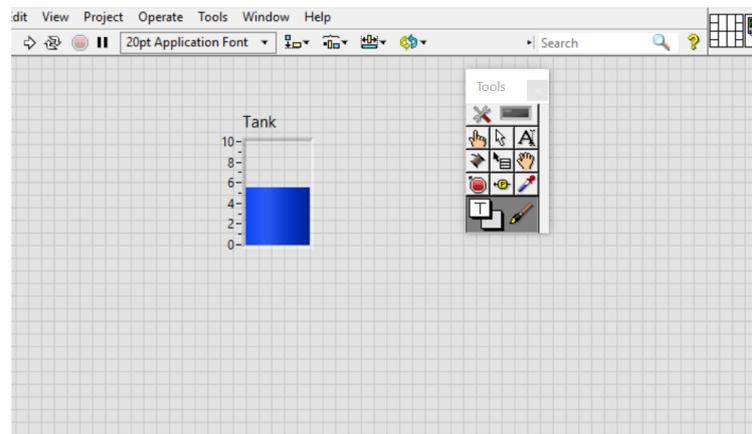


Figura 9.82 “Tank” con fondo transparente.

77. Como siguiente paso, le cambiamos el título al “Tank” por “Tanque 1”, le cambiamos la letra a color blanco, tipo “bold” con un tamaño de 20pt y lo colocamos encima del tanque 1 como se muestra en la figura 83.

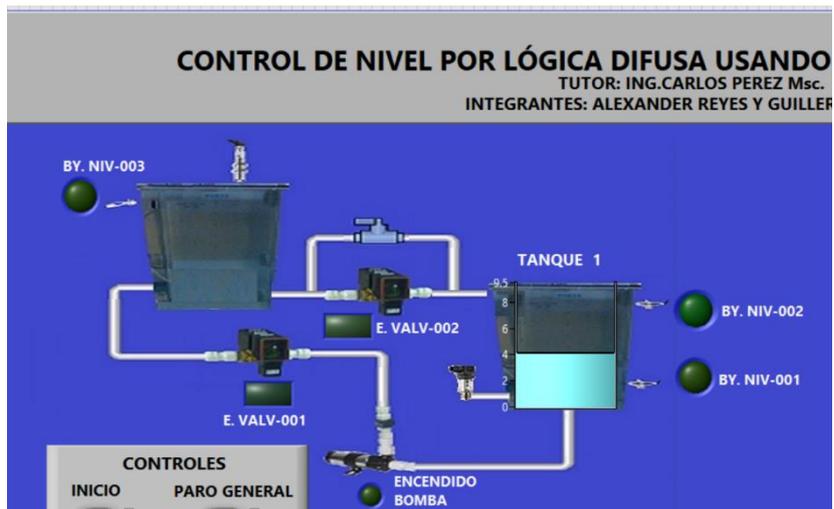


Figura 9.83 Ventana “Front Panel” con un tanque agregado.

78. Cambiamos la escala del tanque ingresando a sus propiedades. Los pasos son: Clic derecho> Properties. Una vez dentro nos dirigimos a la pestaña “Scale” y colocamos los siguientes valores.

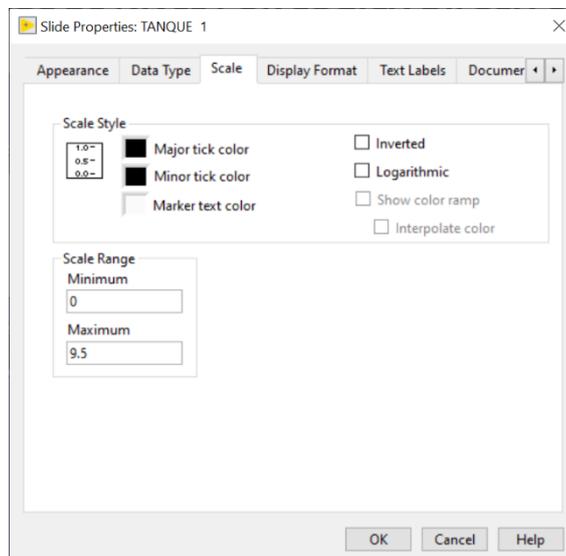


Figura 9.84 Escala para “TANQUE 1”.

79. Creamos otro “Tank”, repetimos los pasos anteriores para colocar fondo transparente, cambiamos tamaño y tipo de letra y lo colocamos sobre el grafico.

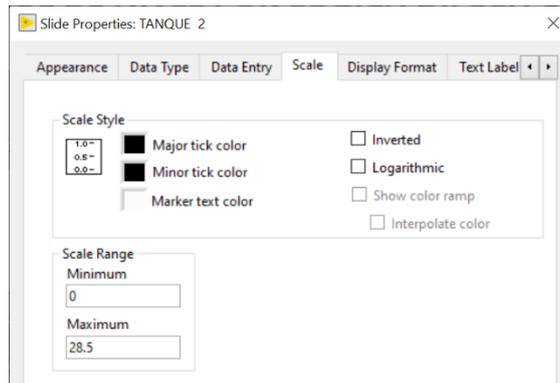


Figura 9.85 Escala para “TANQUE 2”.



Figura 9. 86 Ventana “Front Panel” con dos tanques agregados.

80. Sobre cada tanque repetimos: Clic derecho>Visible Items>Digital Display.



Figura 9.87 Ventana “Front Panel” con Digital Display.

81. Agregamos dos textos para representar las unidades de cada tanque.



Figura 9.88 Ventana “Front Panel” con tanques agregados.

82. Seguido de esto, iniciaremos la comunicación con el OPC Servers. A cada elemento que deseamos comunicar, nos vamos a propiedades y dentro de la pestaña “Data Binding” declaramos la variable del OPC correspondiente. A continuación, se muestran las propiedades de “Data Binding” de cada variable.

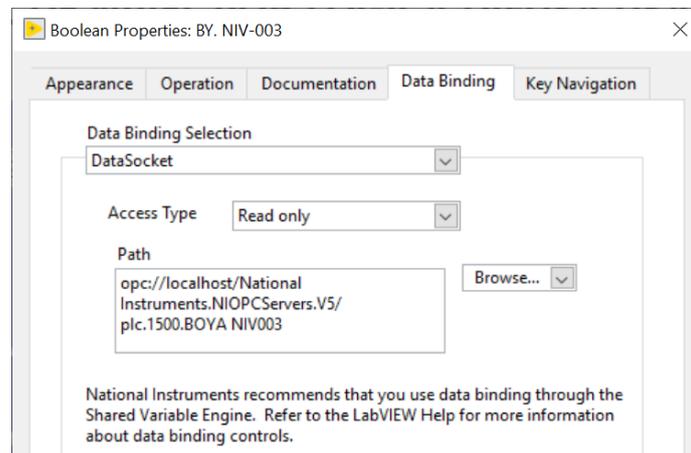


Figura 9.89 Data Binding BY. NIV-003.

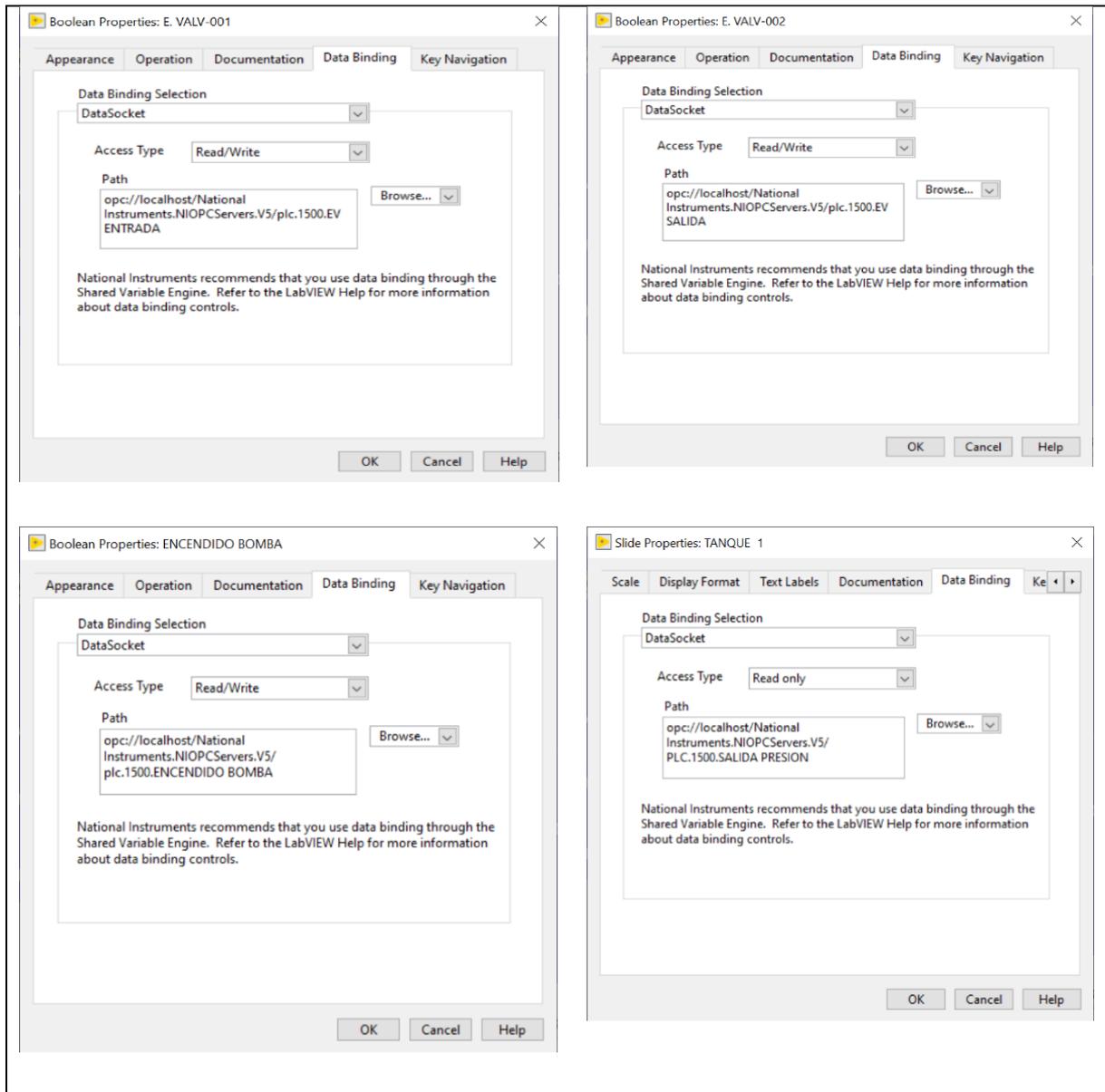


Figura 9.90 Data Binding: Electro Válvulas, Bombas, Sensores de nivel

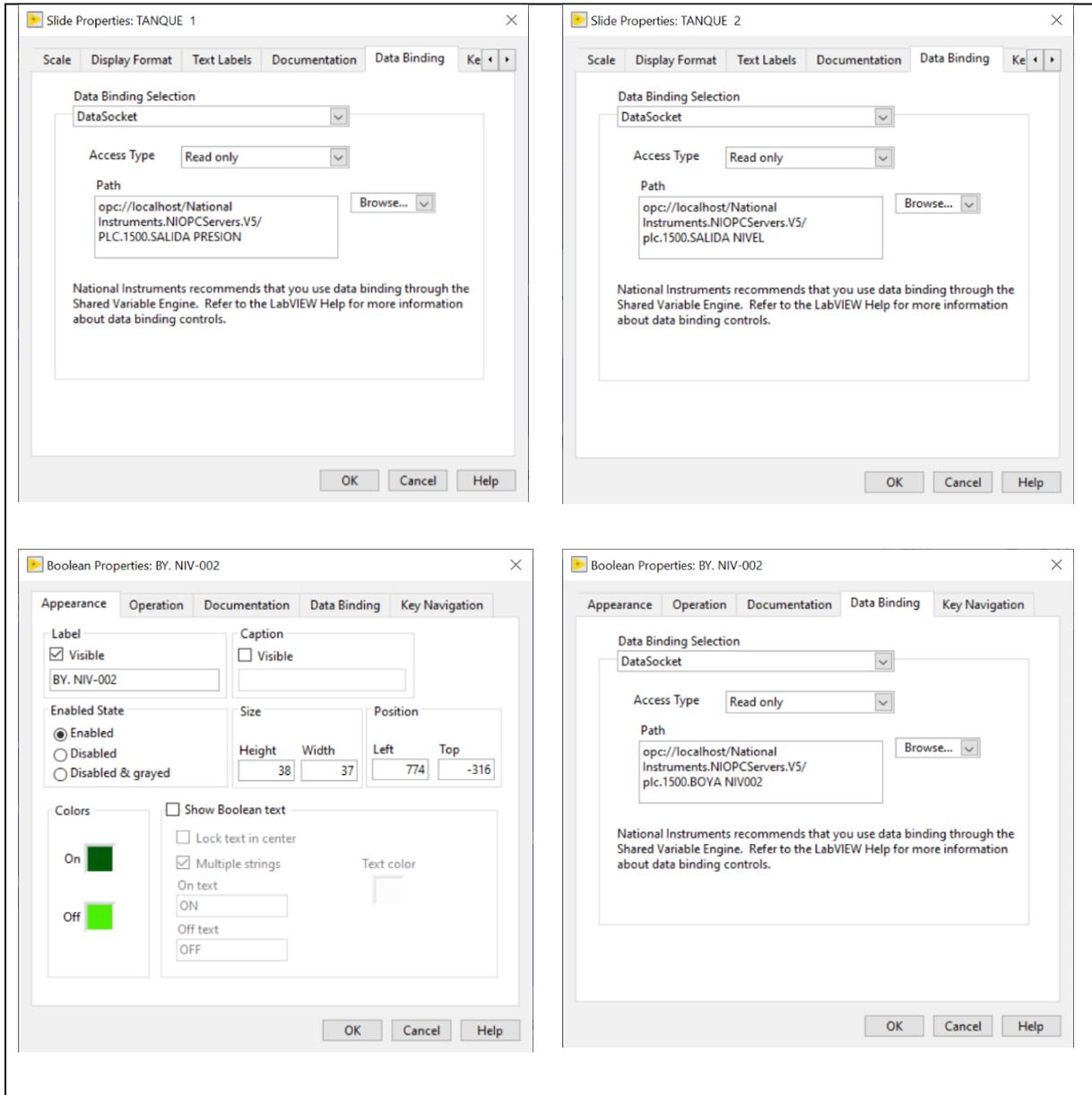


Figura 9.91 Data Binding Sensores de nivel puntual

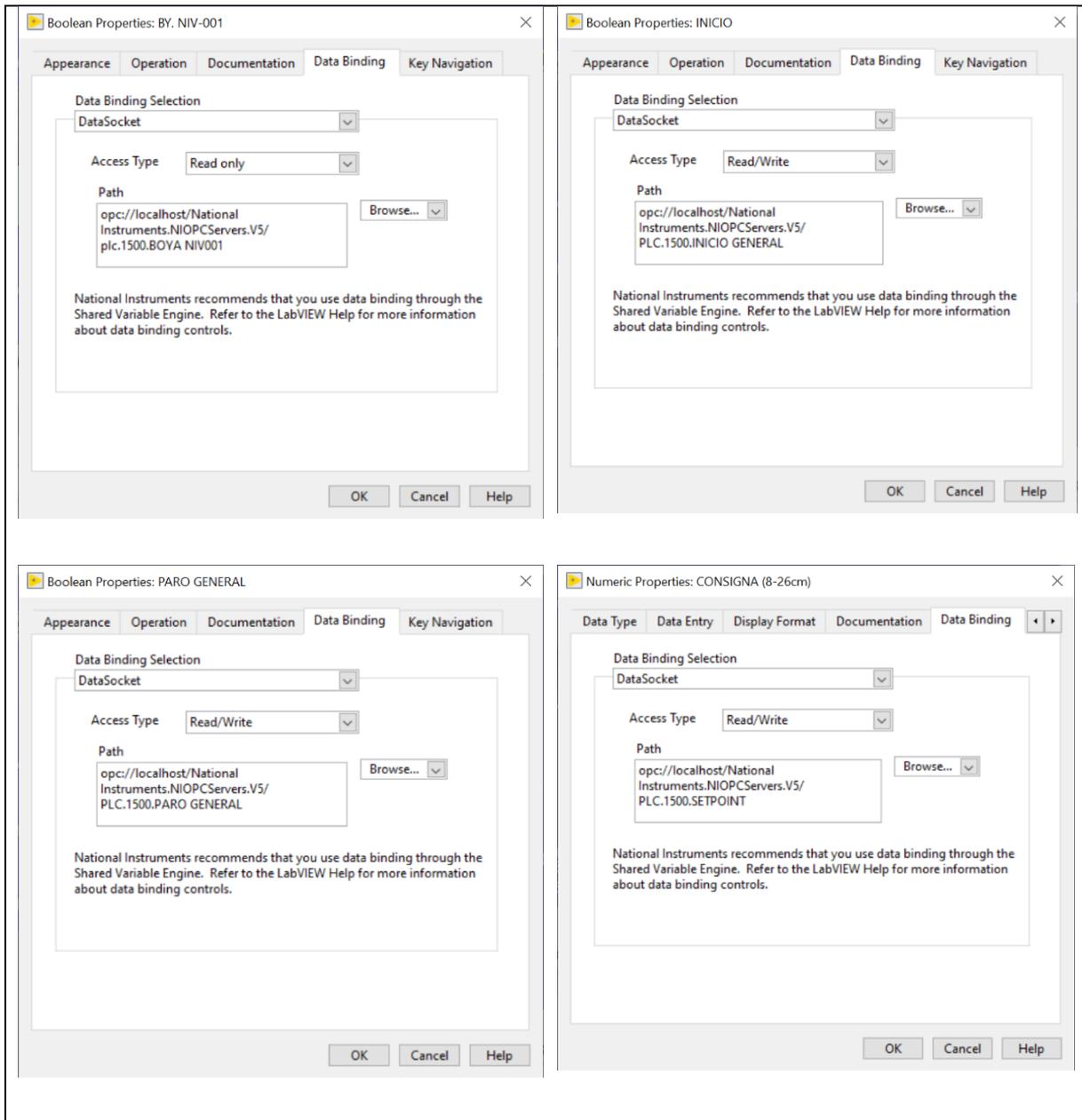


Figura 9.92 Data Binding Consignas de funcionamiento

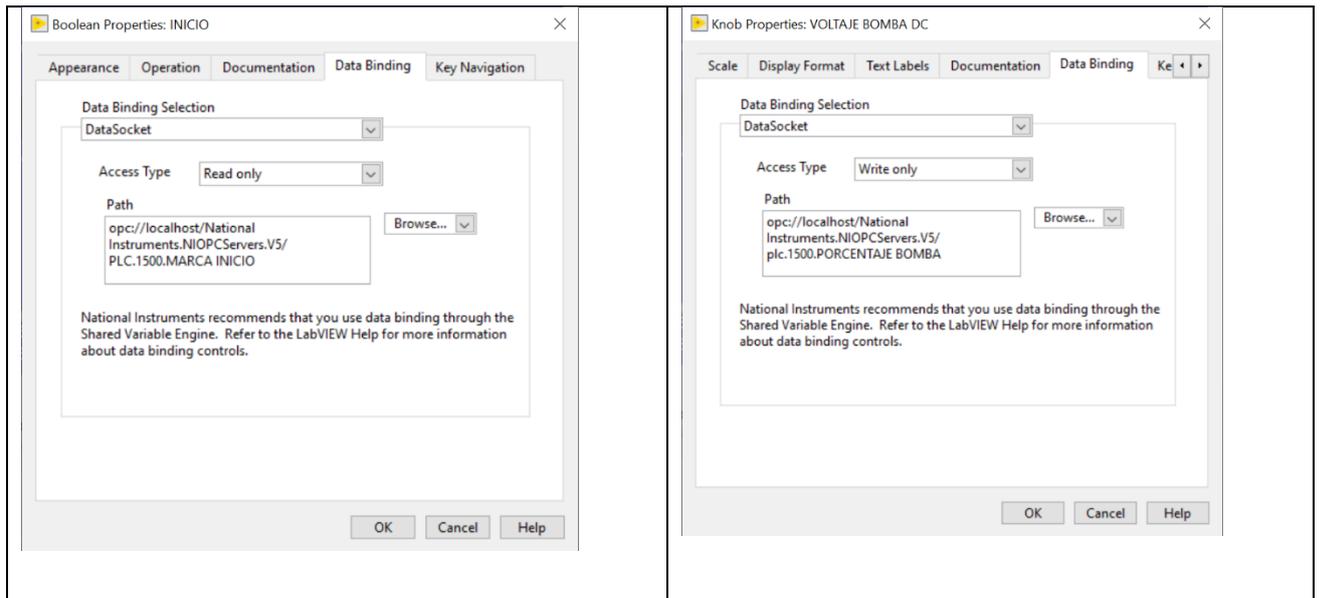


Figura 9.93 Data Binding: Señal analógica

83. Una vez finalizado deberíamos tener nuestra pantalla de la siguiente manera.



Figura 9.94 Ventana "Front Panel".

84. Dentro de la ventana "Block Diagram", movemos todos los elementos dentro del "While Loop" creado anteriormente.

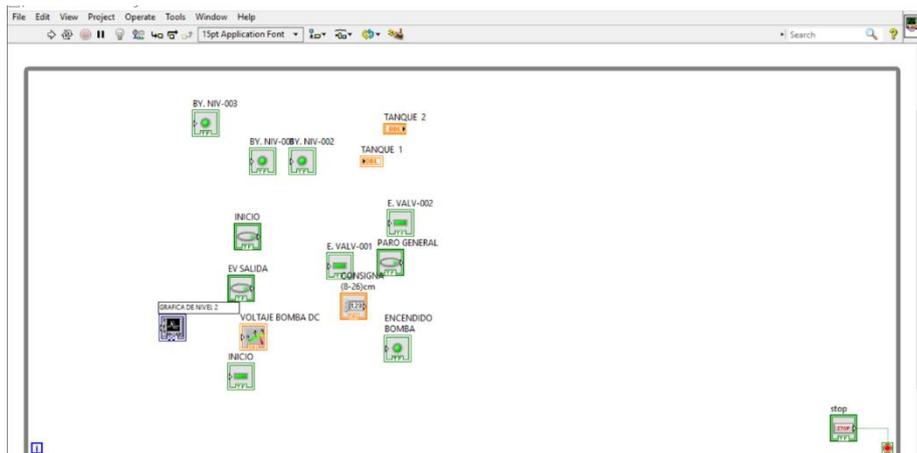


Figura 9.95 Ventana “Block Diagram”.

85. Ordenamos los elementos del lado izquierdo de la ventana. Creamos una nueva estructura. Hacemos clic derecho> Structures> Case Structure. La insertamos y ordenamos como se muestra en la figura 105.

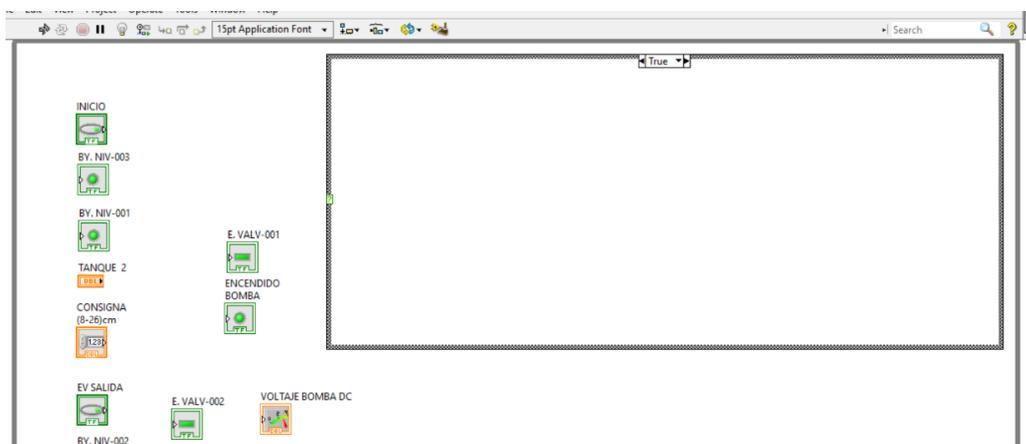


Figura 9.96 Ventana “Block Diagram” con “Case Structure”.

86. Clic derecho>Boolean>Compound Arithmetic. Lo insertamos y colocamos el cursor en su parte inferior y arrastramos hasta que se haga de 5 entradas.

87. Nos colocamos en el icono de “BY.NIV-003” y le damos clic derecho>Change to control. Ahora insertamos un “not” con la ruta: Clic derecho> Boolean> Not. Ahora

cableamos la “BY. NIV-003” al “not” y después al “Compound Arithmetic”. El booleano de “INICIO” también cableamos.

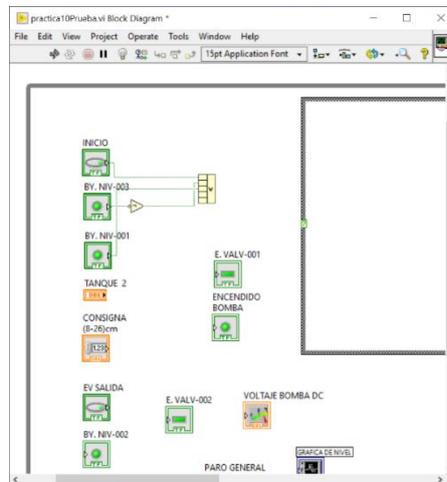


Figura 9.97 Cableado “Compound Arithmetic”.

88. A continuación, creamos un comparador “Less” y le creamos una constante.

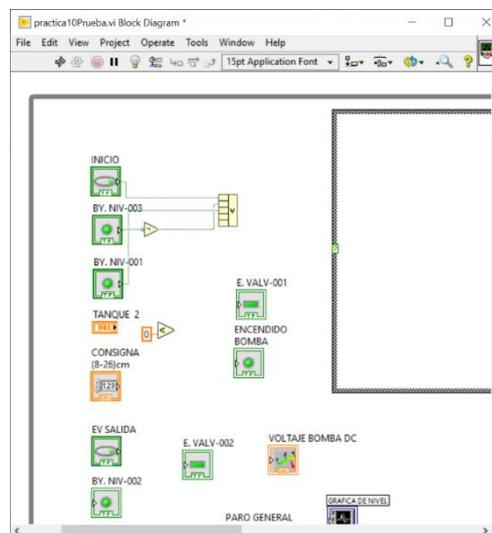


Figura 9.98 Comparador “Less”.

89. Creamos las condiciones para la consigna y para el “TANQUE 2”.

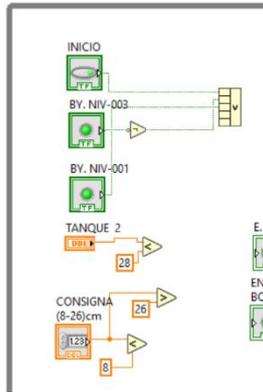


Figura 9.99 Condiciones de consigna y nivel de tanque.

90. Procedemos a cambiar el modo del elemento “Compound Arithmetic” de “OR” a “AND”. Terminamos de cablear las entradas tal como se visualiza en la figura 109.

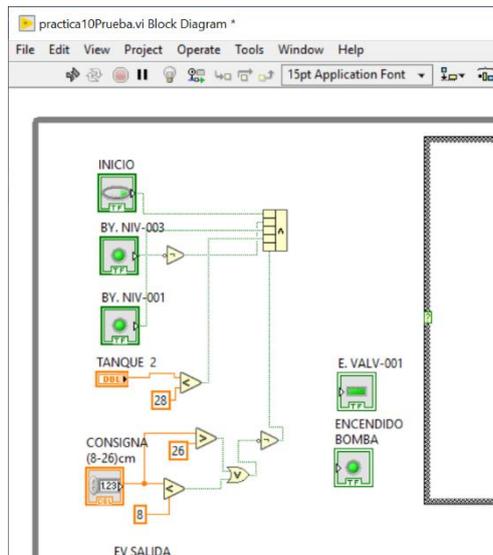


Figura 9.100 Condiciones de inicio cableadas.

91. Ahora en cada elemento, hacemos clic derecho>View as Icon, para disminuir el tamaño de los elementos y tener más espacio.

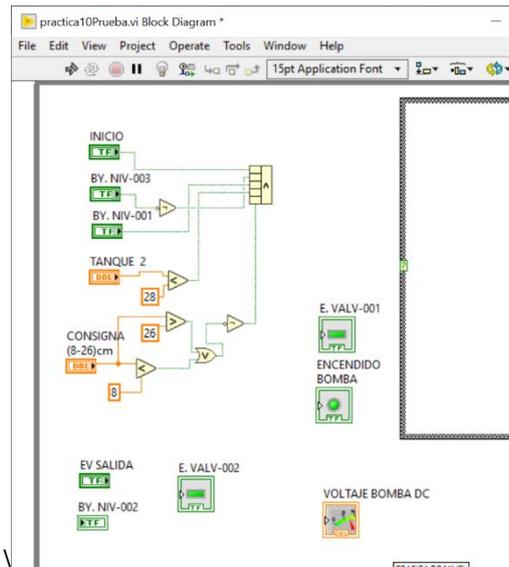


Figura 9.101 Elementos cambiados a iconos.

92. Con el elemento “BY. NIV-002” hacemos lo siguiente: Clic derecho>Change to Control. Ahora creamos un Boolean “AND” y de entrada tendremos la “EV SALIDA” con la “BY. NIV-002”, y la salida la conectamos a “E. VALV-002”.

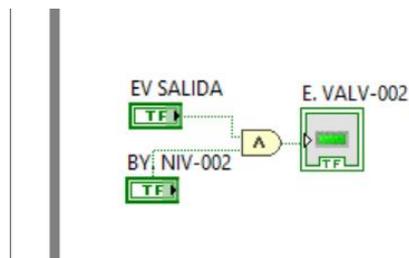


Figura 9.102 Condición de apagado de “EV SALIDA”.

93. Para agregar un texto hacemos doble clic sobre el lugar donde lo queremos insertar y empezamos a escribir los encabezados de cada grupo de elementos.

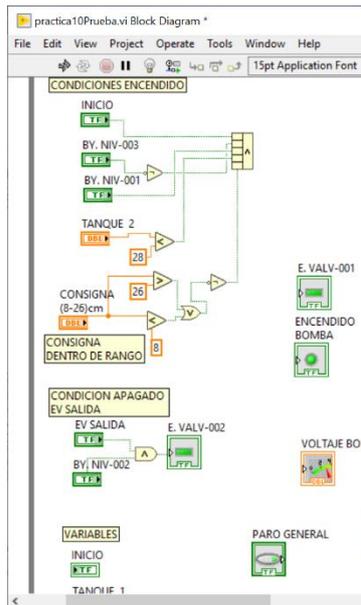


Figura 9.103 Encabezados.

94. Seguido de esto, conectamos el “Compound Arithmetic” a la entrada del “Case Structure”.

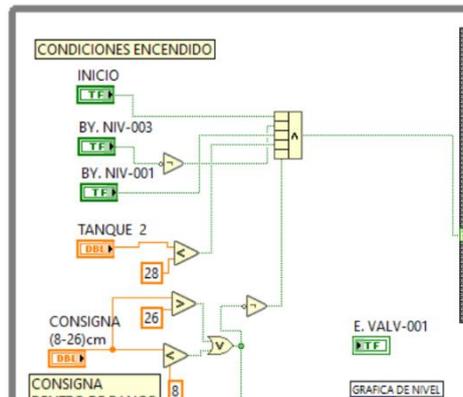


Figura 9.104 Cableado de condiciones de inicio al “Case Structure”.

95. Antes de continuar con la programación del diagrama de bloques, vamos a iniciar la parte del controlador con la herramienta “Fuzzy System Designer” la cual podemos acceder haciendo clic en Tools>Control and Simulation> Fuzzy System Designer. Nos va a aparecer una ventana como la mostrada a continuación.

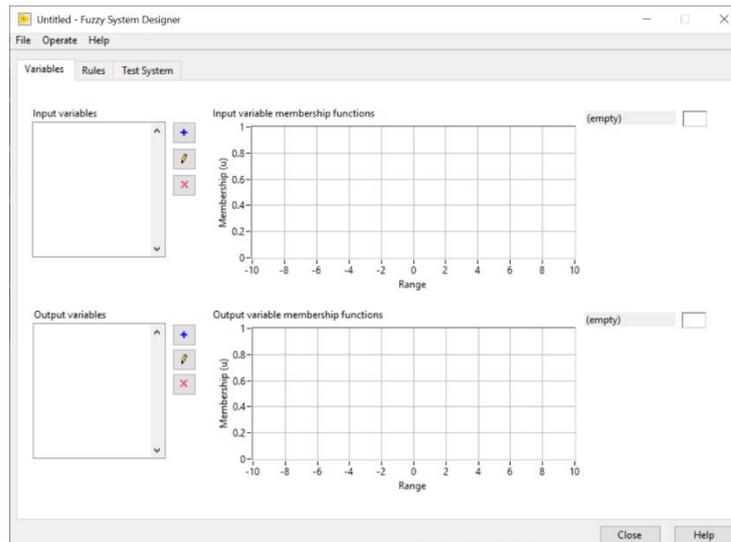


Figura 9.105 Ventana principal “Fuzzy System Designer”.

96. A continuación, hacemos clic sobre el “+” de color azul que se encuentra en las “Input Variables”. Nos debe aparecer otra ventana emergente mostrada a continuación.

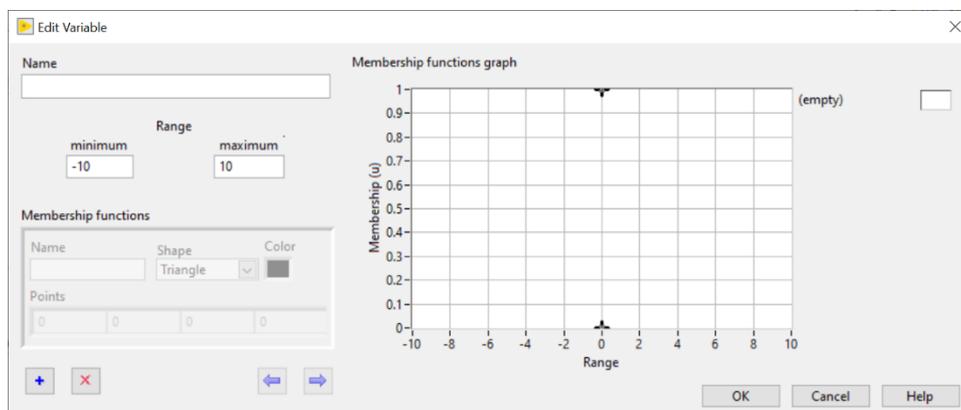


Figura 9.106 Ventana para editar variables de entrada.

97. En la ventana “Edit Variable” primero le asignamos un nombre a la variable de entrada. Seguido de esto le cambiamos los valores de rango dependiendo de nuestra variable. A continuación vamos a dar clic en el botón “+” para crear una nueva función de membresía. Se edita “Name”, “Shape”, “Color” y “Points”.

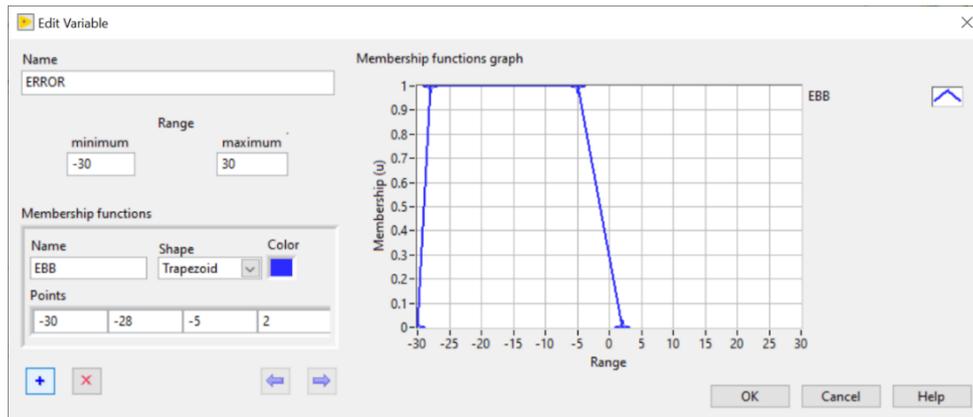


Figura 9.59 Declaración de variable de entrada y primera función de membresía “EBB”.

98. A continuación se da clic en el “+” de la parte inferior para agregar otra nueva función de membresía.

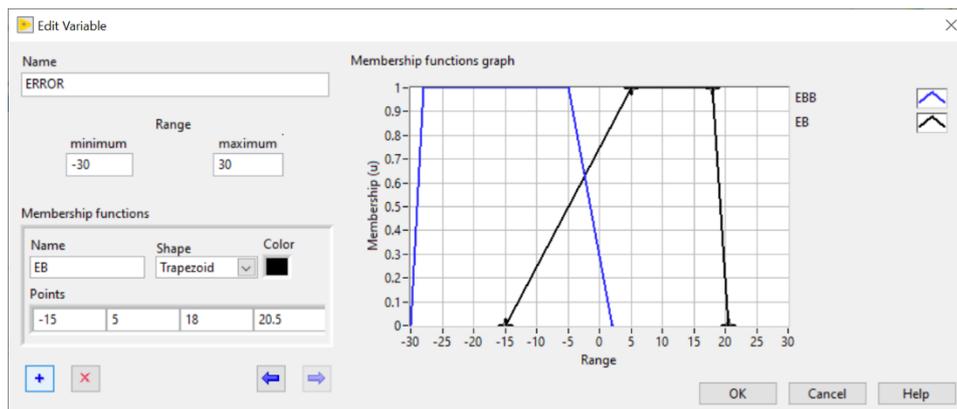


Figura 9.60 Declaración de la función de membresía “EB”.

99. Por último se agrega una nueva función de membresía con los siguientes datos.

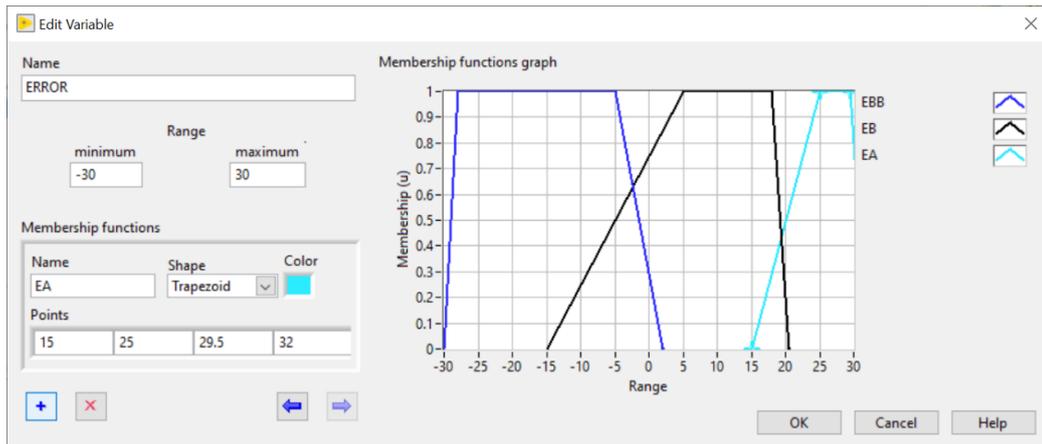


Figura 9.61 Declaración de la función de membresía “EA”.

100. Al final, le damos “ok” y nos debe aparecer la ventana como en la figura x mostrada a continuación.

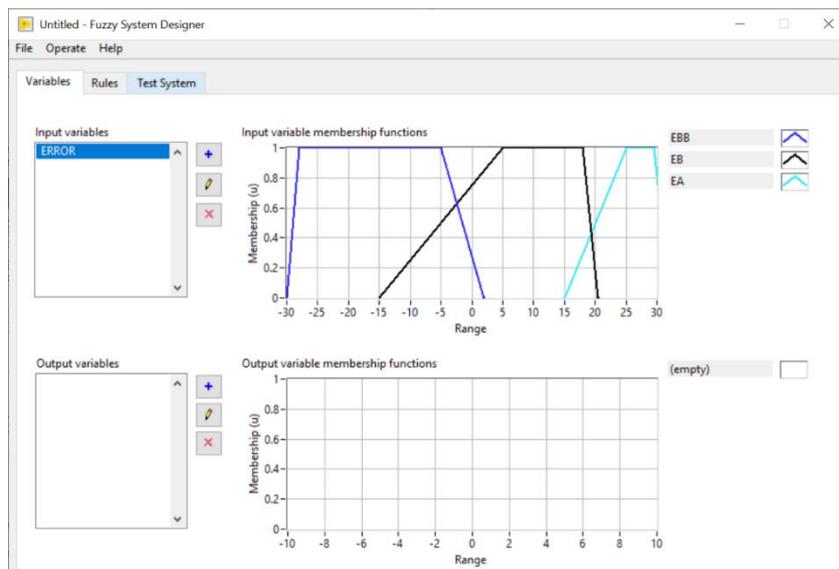


Figura 9.62 Variable de entrada “ERROR”.

101. Ahora procedemos a dar clic nuevamente sobre el botón “+” para agregar una segunda variable de entrada. Una vez dentro, le asignamos nombre, rango y creamos una función de membresía.

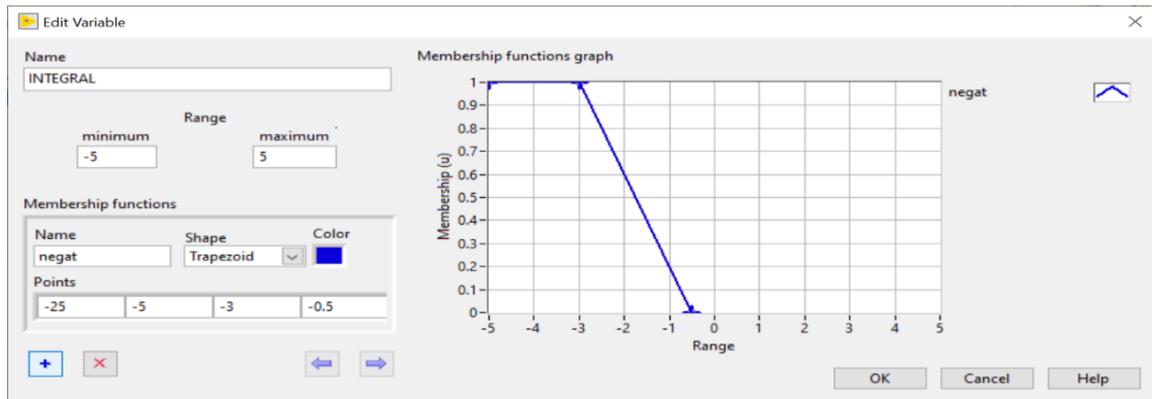


Figura 9.63 Variable “INTEGRAL” con la función de membresía “negat”.

102. A continuación se muestran los valores de las siguientes 2 funciones de membresías más que se deben agregar para el controlador.

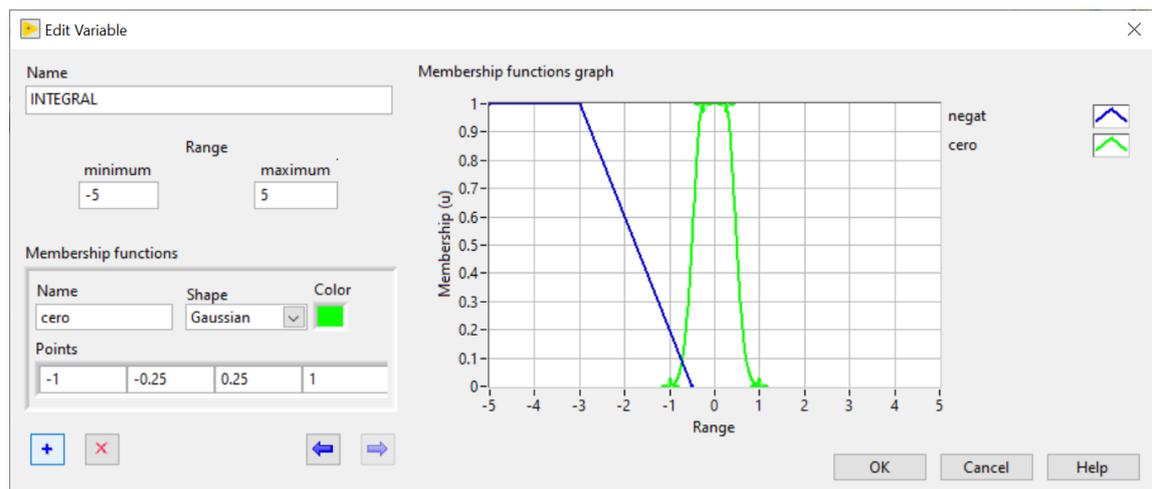


Figura 9.64 Variable “INTEGRAL” con la función de membresía “cero”.

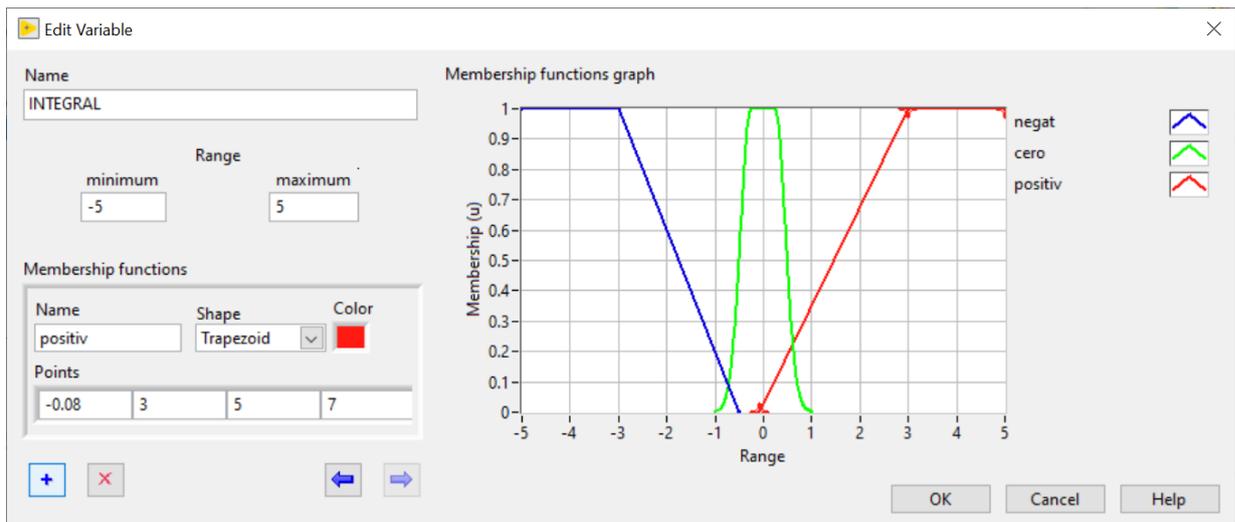


Figura 9.65 Variable "INTEGRAL" con la función de membresía "positiv".

103. Al final nos deben quedar los graficas de las funciones de membresía declaradas como se muestra en la figura siguiente.

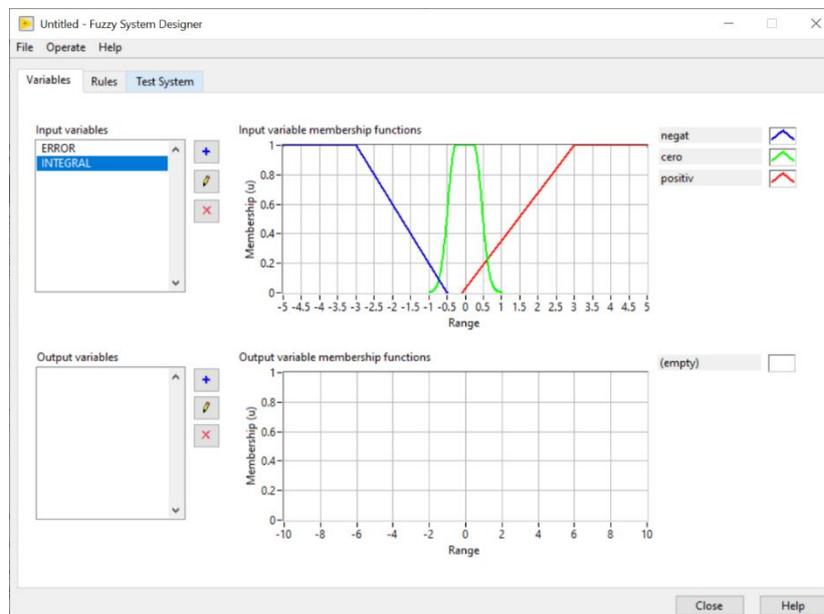


Figura 9.66 Variable de entrada "INTEGRAL".

104. A continuación creamos una variable de salida la cual será la velocidad de la bomba. Para crear damos clic en el botón "+" de las variables de salida y nos aparece la ventana emergente para crear las funciones de membresía. Le asignamos el

nombre de “VELOCIDAD” a la variable, escribimos los datos del rango y creamos la primera función de membresía llamada “VBAJO”.

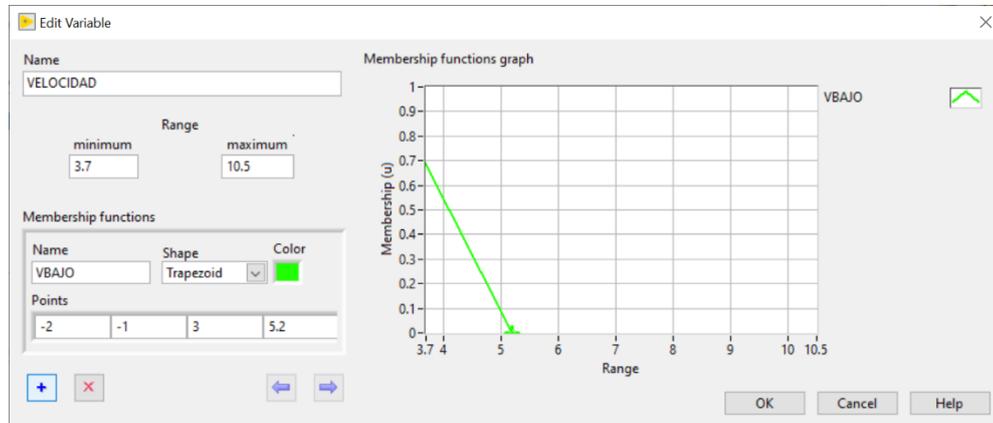


Figura 9.67 Variable “VELOCIDAD” con la función de membresía “VBAJO”.

105. A continuación declaramos dos funciones de membresía más, las cuales veremos los detalles en las figuras siguientes.

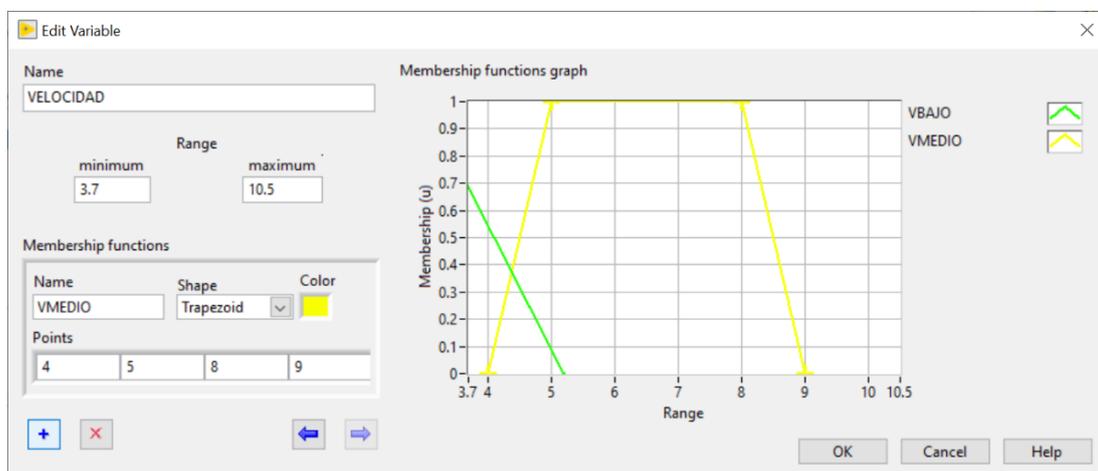


Figura 9.68 Variable “VELOCIDAD” con la función de membresía “VMEDIO”.

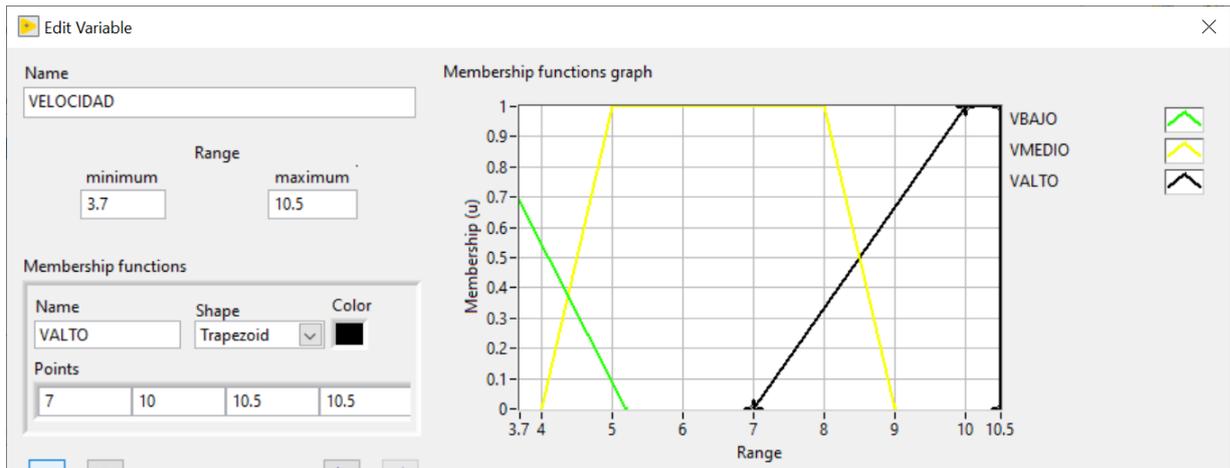


Figura 9.69 Variable “VELOCIDAD” con la función de membresía “VALTO”.

106. Al finalizar tendremos todas nuestras variables de entrada y salida declaradas como se muestra en la figura 125.

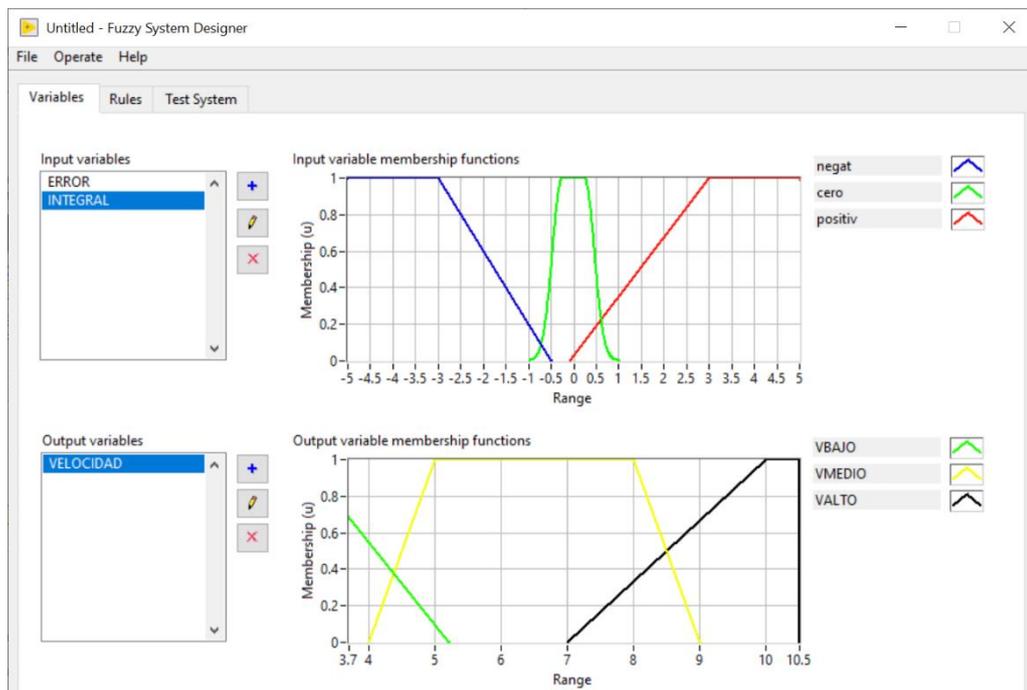


Figura 9.70 Ventana principal “Fuzzy System Designer”.

107. Seguido de esto, procedemos a dirigirnos a la pestaña “Rules”. En esta ventana crearemos las reglas a ser utilizadas por nuestro controlador. Para añadir una regla, damos clic en el botón “+” de color azul. Nos deberá aparecer una regla por default.

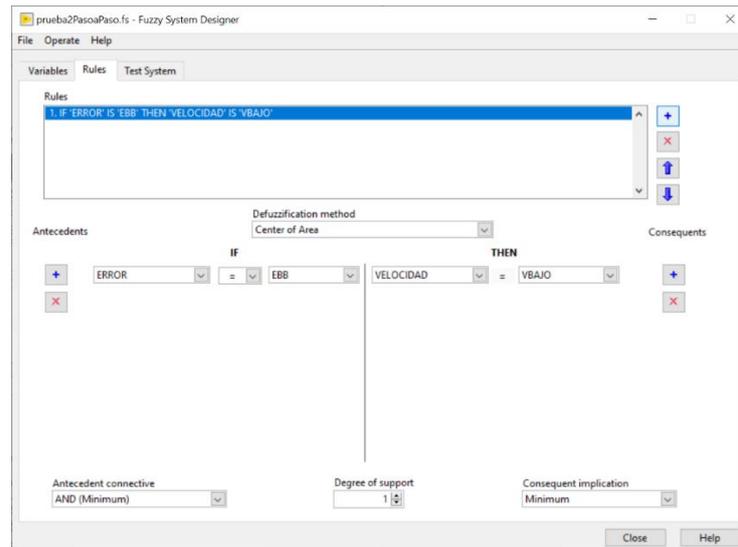


Figura 9.71 Declaracion de reglas.

108. A esa regla le vamos a agregar la variable “Integral” en los antecedentes dando clic en el botón “+” y seleccionamos “Integral”. Una vez hecho eso, nos debe quedar la regla como la mostrada a continuación.

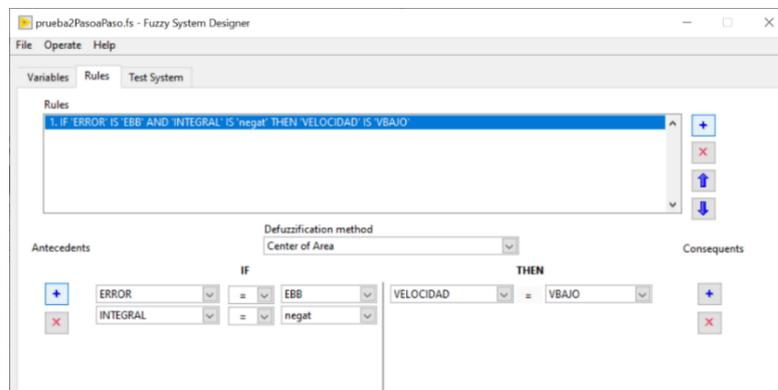


Figura 9.72 Primera regla declarada.

109. Para la siguiente regla, damos clic nuevamente en el botón “+” para agregar la siguiente regla mostrada a continuación.

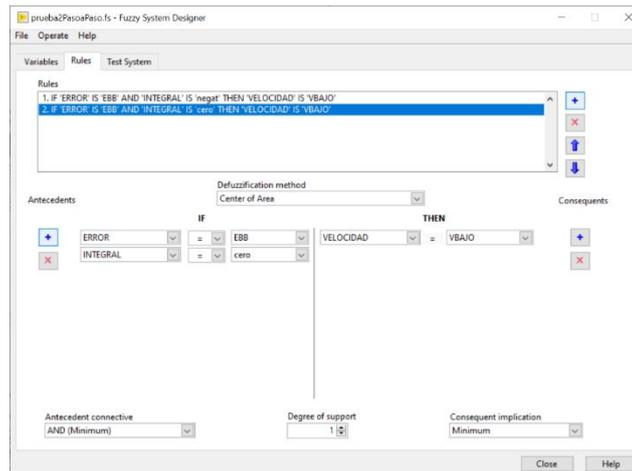


Figura 9.73 Segunda regla declarada.

110. Para las demás reglas, repetimos los pasos anteriores. Al finalizar debemos tener todas las reglas declaradas como se muestra a continuación. En total son siete reglas.

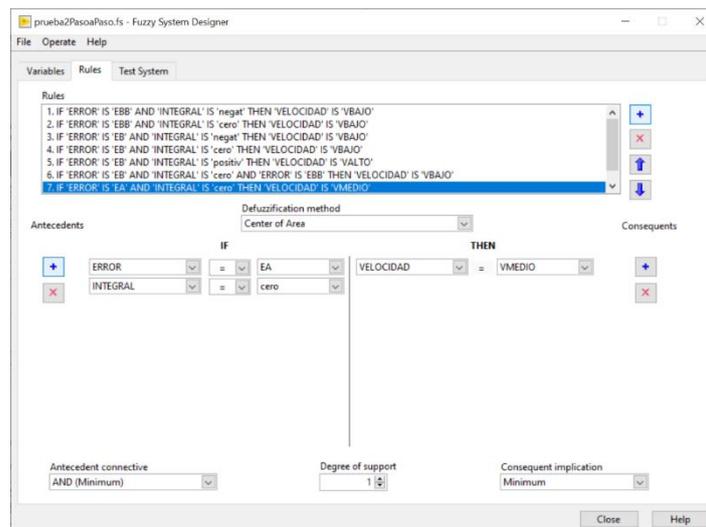


Figura 9.74 Todas las reglas declaradas.

111. Una vez culminado, guardamos el archivo y le damos la ruta en la cual este nuestro programa de LabVIEW para tener una ubicación que sea fácil de buscar, acceder y cerramos la ventana de “Fuzzy System Designer”. Ahora dentro de la ventana del diagrama de bloques, hacemos el siguiente procedimiento: Clic derecho>Control & Simulation>Fuzzy Logic>FL Load Fuzzy System y agregamos este icono a nuestro programa.

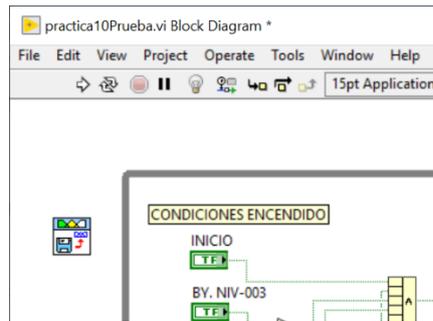


Figura 9.75 Elemento “FL Load Fuzzy System” agregado.

112. Colocamos el cursor sobre la esquina superior izquierda del icono y donde dice “File Path”, le damos clic derecho>Create Constant. Nos debe aparecer un recuadro vacío. Ahí escribiremos la ruta para acceder al archivo .fs creado por la herramienta “Fuzzy System Designer”.

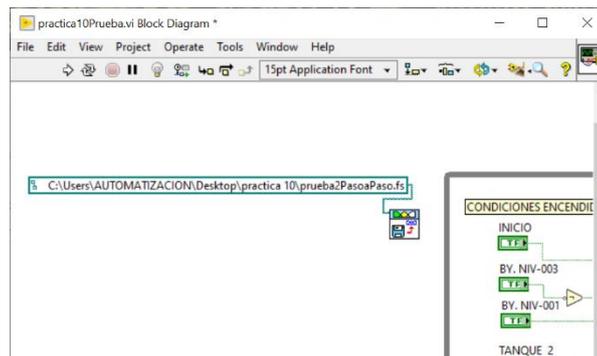


Figura 9.76 Ruta para acceder al archivo .fs del controlador.

113. A continuación seguimos la siguiente ruta para crear un icono de Fuzzy Controller. Clic derecho>Control & Simulation>Fuzzy Logic>FL Fuzzy Controller. Agregamos el icono al diagrama de bloques dentro del case Structure.

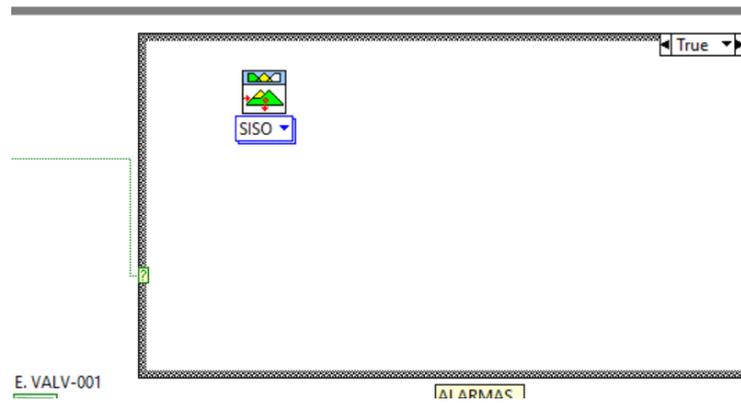


Figura 9.77 Icono “FL Fuzzy Controller” de una entrada y una salida.

114. Hacemos clic sobre la flecha y seleccionamos “Múltiple Input-Single Output” y nos debe cambiar el icono de la siguiente manera.

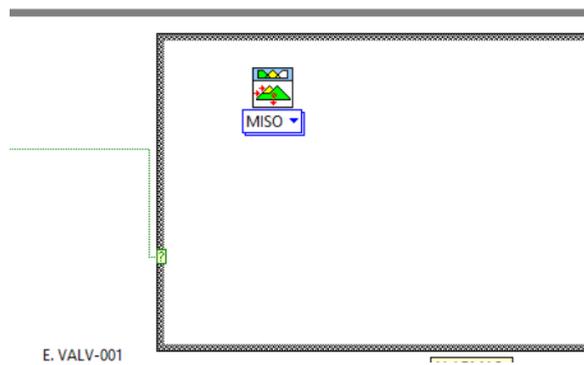


Figura 9.78 Icono “FL Fuzzy Controller” de dos entradas y una salida.

115. Seguido de esto, procedemos a unir el “FL Fuzzy Controller” con el “FL Load Fuzzy System” tal como se muestra a continuación.

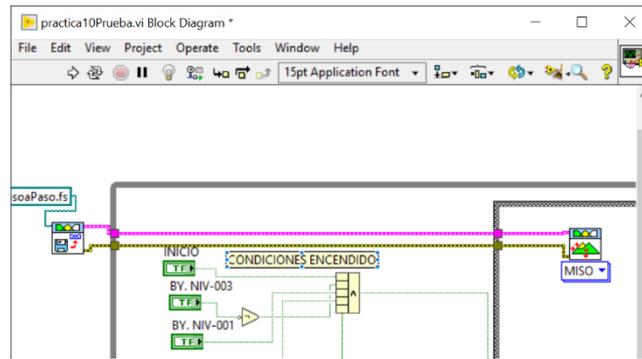


Figura 9.79 Conexión de sistemas para el controlador Fuzzy.

116. Una vez culminado, procedemos a calcular el error para poder usarlo como entrada al sistema Fuzzy. Creamos dos “Local Variables” en las cuales vamos a leer los datos actuales de “Consigna” y “Tanque2”. Vamos a restar esos datos y lo conectamos a un “Build Array”. La ruta para acceder a este icono es: Clic derecho> Array>Build Array. Una vez obtenida la resta, procedemos a conectarlo con el “Build array”. Este proceso se lo puede visualizar en la figura 79.

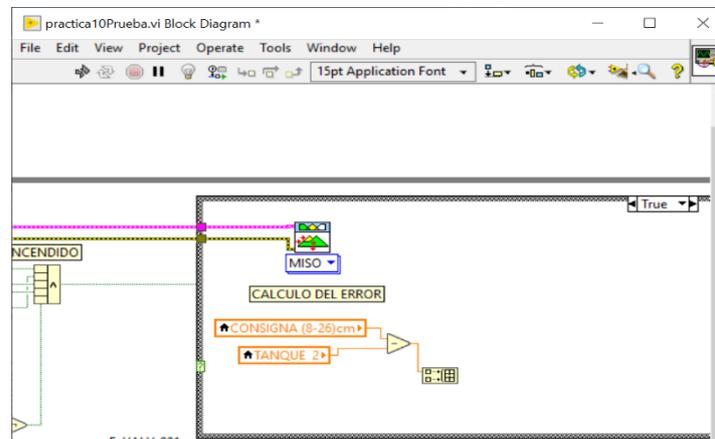


Figura 9.80 Cálculo del error.

117. Ahora procedemos a calcular la integral del error. Para agregar una integral seguimos la ruta: Clic derecho> Signal Processing> Point by Point> Integ & Diff>Integral x(t). Una vez insertado el elemento, procedemos a crear dos “Numeric Constant”, una para “Initial Condition” y otra para “dt”.

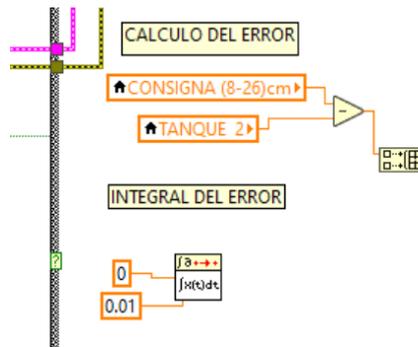


Figura 9.81 Integral del error.

118. A continuación, procedemos a cablear la entrada “x” de la integral desde la salida del error, mientras que la salida de la integral la multiplicamos por 100 y la cableamos a la segunda entrada del “Build array”. También cableamos el “initialize” de la integral.

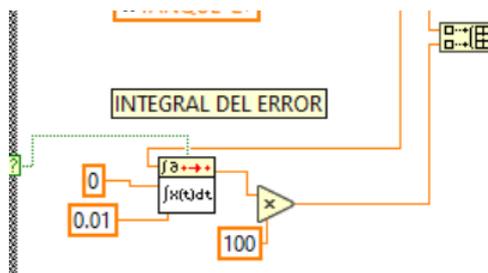


Figura 9.82 Integral del error.

119. Ahora procedemos a cablear la salida del “Build Array” a la entrada del sistema “FL Fuzzy Controller”.

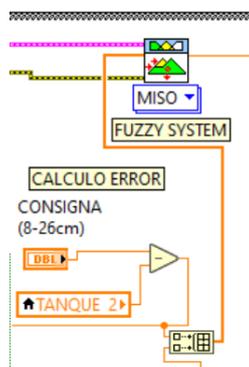


Figura 9.83 Cableado de entrada al controlador.

120. Continuamos con la programación en el diagrama de bloques. Vamos a visualizar e interpretar la salida del controlador, y para eso tenemos que utilizar las variables mostradas en la figura 84.

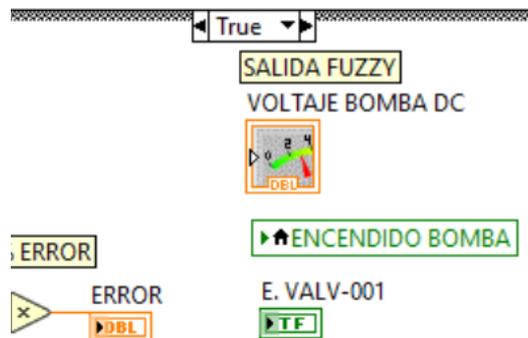


Figura 9.84 Ventana Parámetros de Operación.

121. Cableamos el “Output Value” del elemento “FL Fuzzy Controller” al voltaje de la bomba DC. El mismo valor lo comparamos si es mayor a “0”, entonces debe habilitar el bit de “Encendido Bomba” y al mismo tiempo “E.Valv-001”.

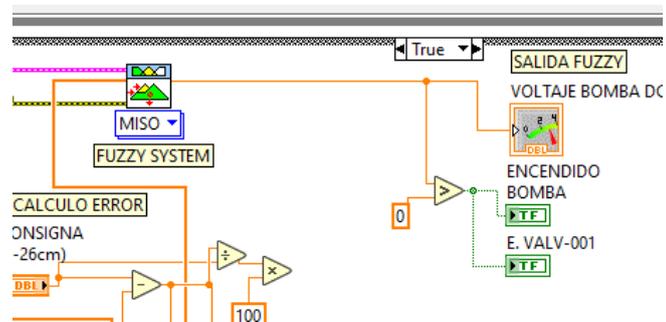


Figura 9.85 Cableado de la salida del controlador.

122. A continuamos nos dirigimos a la paleta de funciones con Clic derecho>Timing>Wait(ms).

123. Una vez insertado el elemento, sobre su lado izquierdo damos Clic derecho>Create Constant y le damos un valor de “250”.

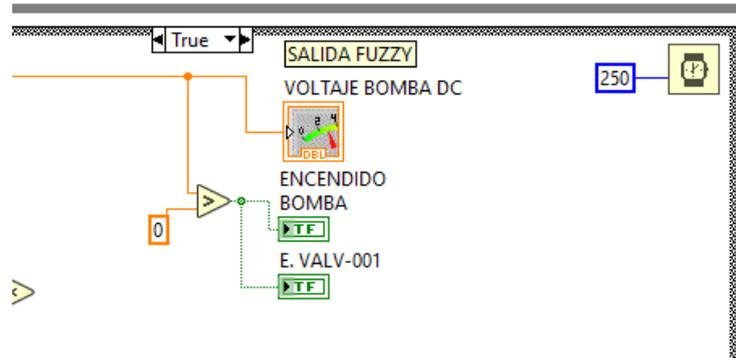


Figura 9.86 Ventana “Block Diagram”.

124. Por último, revisamos que este todo conectado, añadimos los comentarios que sean necesarios y al culminar nos debe quedar como se muestra a continuación.

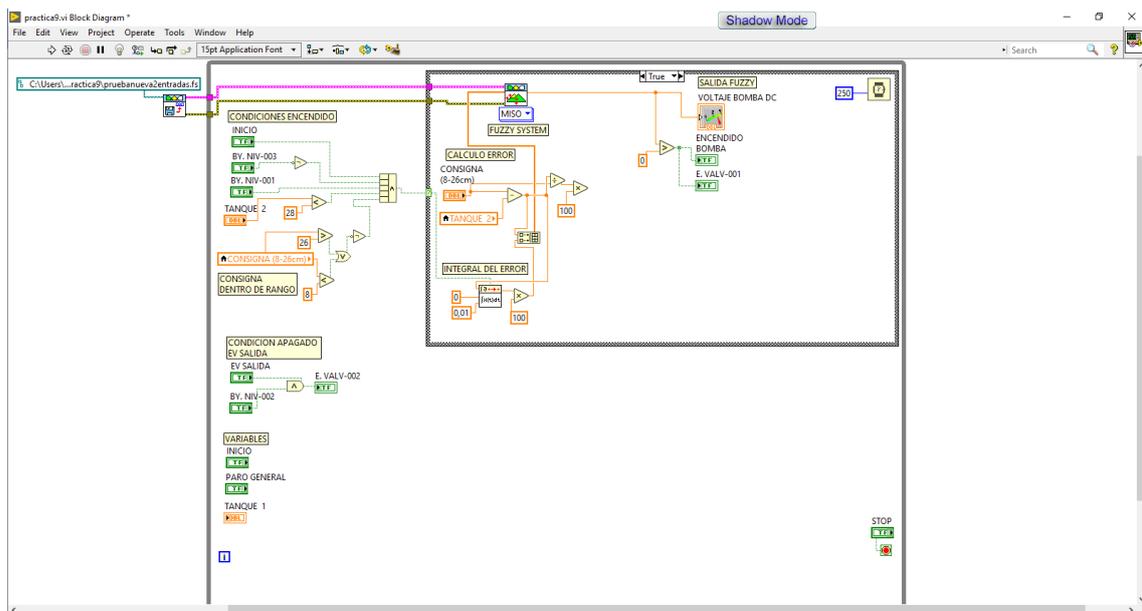


Figura 9.87 Ventana “Block Diagram” culminada.

125. Ahora revisamos la ventana “Front Panel” que este todo en orden y completo. El resultado se muestra en las figuras a continuación.



Figura 9.88 Ventana “Front Panel” finalizada.

El PLC en modo RUN, cargada su respectiva programación detallada en el marco procedimental y se observa la conexión del PLC con el módulo de nivel.

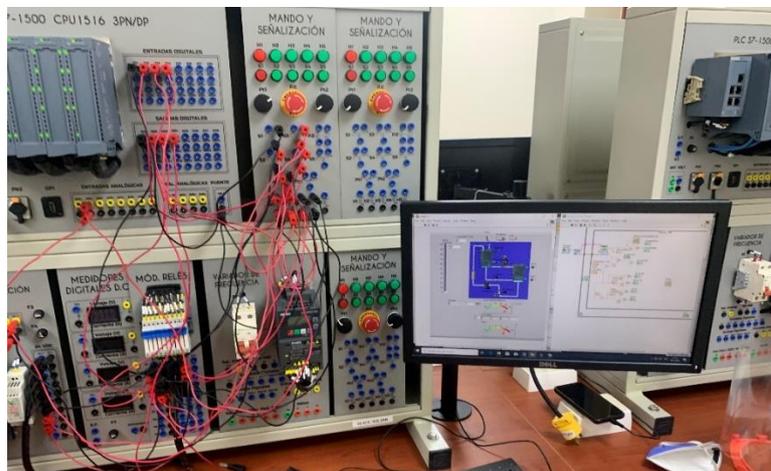


Figura 9.89 Conexiones en el tablero y muestra del sistema SCADA

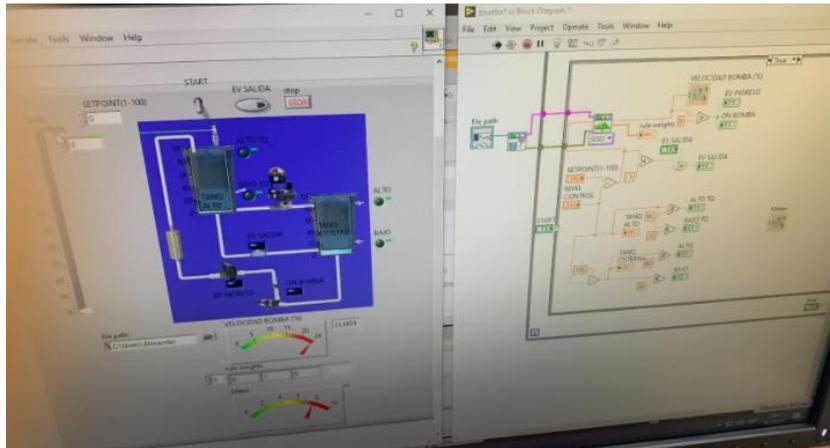


Figura 9.90 Variable de supervisión en el proceso

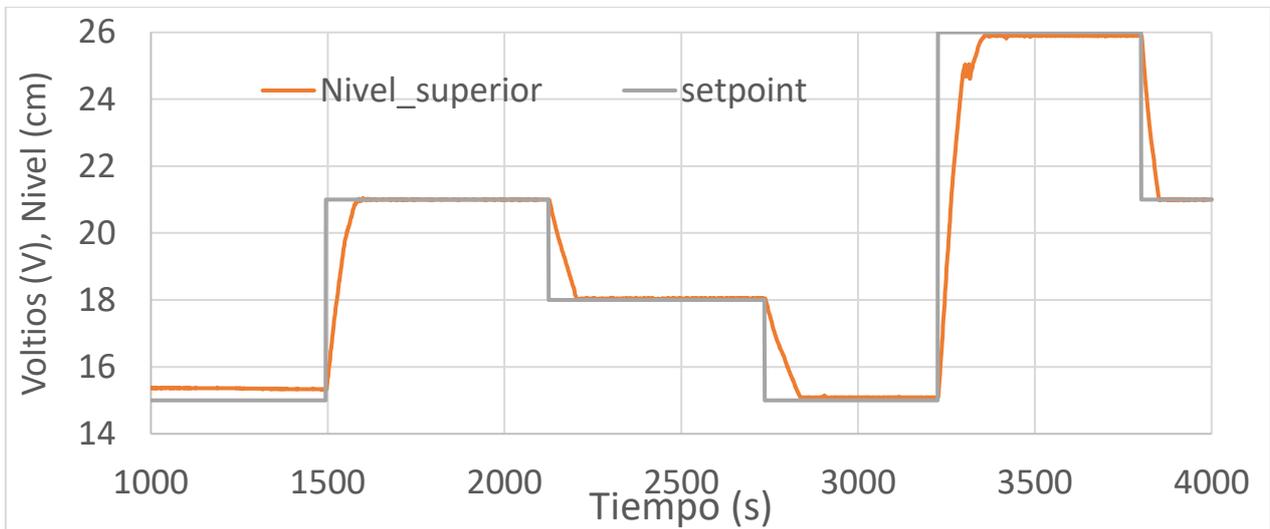


Figura 9.91 Resultados de cambios en Setpoint

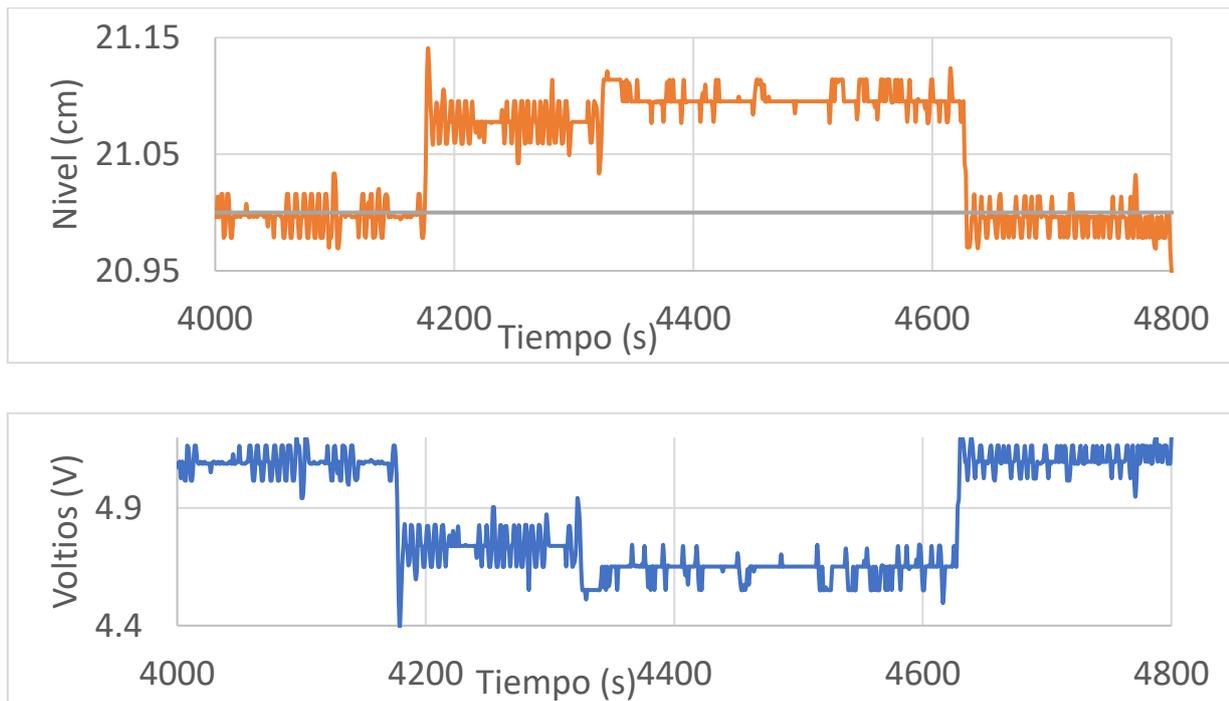


Figura 9.92. Perturbación apertura de válvula manual al 75%

#### D. RECURSOS UTILIZADOS

- a. Una computadora con software TIA Portal V15.1.
- b. Una lámina con PLC Siemens S7-1500.
- c. Una lámina de Distribución.
- d. Una lámina de Fuente de Alimentación.
- e. Una lámina de Mando y Señalización.
- f. Una lámina de Relés.
- g. Módulo de tanques de nivel

# E. DIAGRAMA DE CONEXIONES

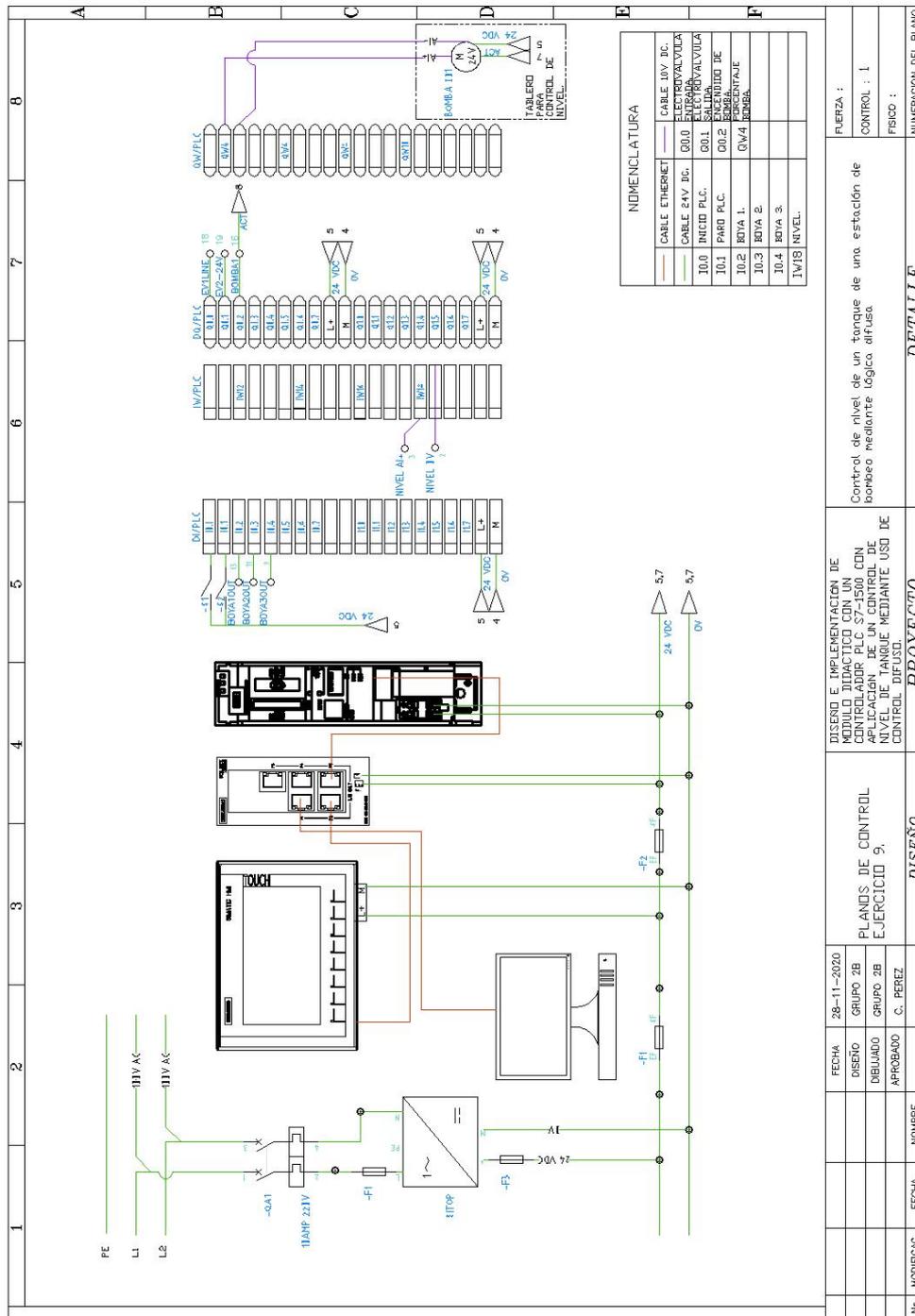


Figura 9.93 Diagrama de fuerza y control Práctica #9

**ANEXO 10**

**AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL**

**PRÁCTICA #10**

**NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20**

**DOCENTE**

**ING. CARLOS PÉREZ M.**

**TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS**

**TEMA: “Sistemas SCADA y comunicación OPC en una estación de bombeo aplicando control de lógica difusa”**

## A. OBJETIVOS

### Objetivo General:

Aprender a crear un control difuso para un proceso con el software LabVIEW mediante la obtención de variables de la planta a través del controlador comunicado por OPC y administrado todo el control desde el LabVIEW.

### Objetivo Específico:

Realizar programación para control difuso y comunicación OPC usando mímicas en forma de SCADA para control y visualización del proceso.

## B. MARCO TEÓRICO

Los procesos industriales requieren de máquinas y de equipos que manejan algoritmos generados en controladores lógicos programables (PLC's), que tienen la ventaja de poder ser modificados al existir nuevos requerimientos de los procesos, de forma fácil y rápida. Los algoritmos de control aseguran la confiabilidad del proceso al incluir en su programación todas las posibilidades de riesgo para el operador y la planta.

Para lograr un control completo del proceso, también es necesaria interfaz entre el hombre y la máquina (HMI) que permita una supervisión en tiempo real de todas las variables que intervienen en el proceso. El uso de pantallas permite al operador el ingreso de parámetros, revisión de alarmas, uso de colores que permita al operador la toma oportuna de decisiones.

La interacción entre HMI – PLC forman parte de Supervisión, Control y adquisición de datos (SCADA), que completo permite la operación, comunicación de instrumentos y actuadores; y el envío de toda la información a la gerencia para toma de decisiones. En la figura 1, es presentado un esquema de SCADA y red industrial Profinet empleando equipos SIEMENS.

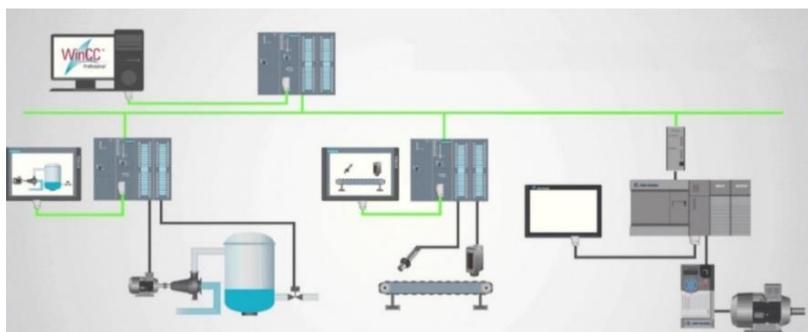


Figura 10.1 Esquema de un sistema SCADA.

En la figura 10.2, es realizar control alrededor de un punto específico; por ello, es necesario cambiar los valores de proporcional, integral y derivativo con cada “receta” que se utilice.

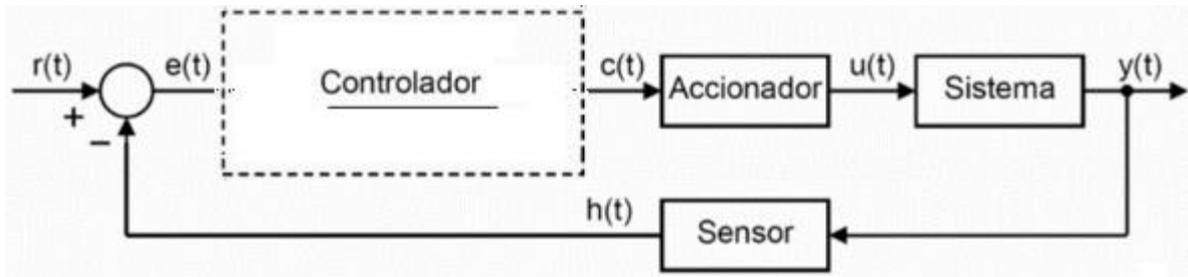


Figura 10.2 Esquema de Control

Un controlador que está siendo altamente utilizado en la actualidad, es el controlador de Lógica difusa (FLC); su funcionamiento se basa en el uso de reglas sobre el comportamiento de la planta. Estas reglas la mayoría de las veces, son basadas en la experiencia del operador. Mediante la figura 3, es posible ver las partes que conforman a un FLC de los cuales detallamos:

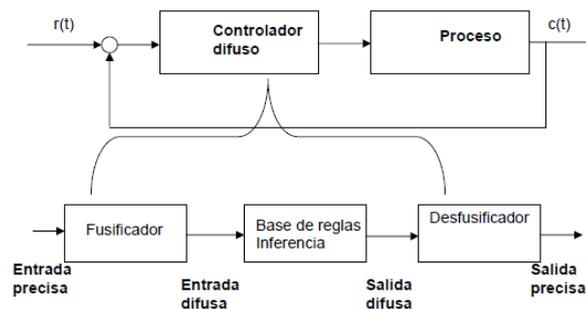


Figura 10.3 Esquema de control por lógica difusa

- d) Fusificador. Es una interfaz entre el mundo real, señales de los sensores y el espacio de conjuntos difusos.
- e) Reglas de inferencia. Las relaciones entre variables de un sistema difuso basado en reglas son representadas por procedimientos del tipo IF – THEN.
- f) Desfusificador. Lleva la respuesta del controlador a variables como voltaje y corriente para ser aplicadas en los actuadores

La herramienta Fuzzy Designer de LabVIEW (Figura 4) permite una interfaz de fácil acceso para la programación de lógica difusa en los sistemas SCADA.

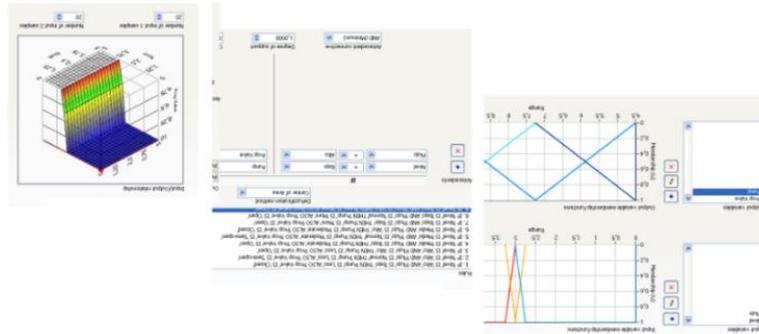


Figura 10.4 Fuzzy Designer de LabVIEW

## A. MARCO PROCEDIMENTAL

A continuación, se detalla de manera secuencial la programación del PLC S7-1500, el programa en LabVIEW y la herramienta Fuzzy Designer.

### PROGRAMACIÓN DEL PLC S7 1500.

1. Abrir el acceso directo del software TIA PORTAL V.15.1
2. Al inicio del software, dentro de la pantalla de inicio dar clic en Crear Proyecto, aquí se deberá llenar los campos de nombre, ruta donde se desea guardar el proyecto, autor y se puede incluir un comentario

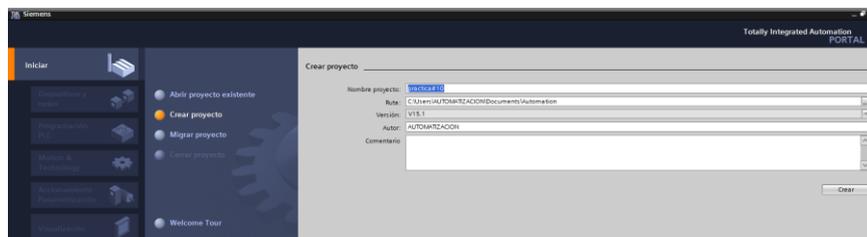


Figura 10.5 Pantalla de Inicio TIA Portal V15.1

3. Dar clic en el botón "Crear", ubicado en la parte inferior de los campos anteriormente indicados y aparecerá la Vista Principal, en donde se crearán los dispositivos, por lo que se debe dar clic en configurar un dispositivo.

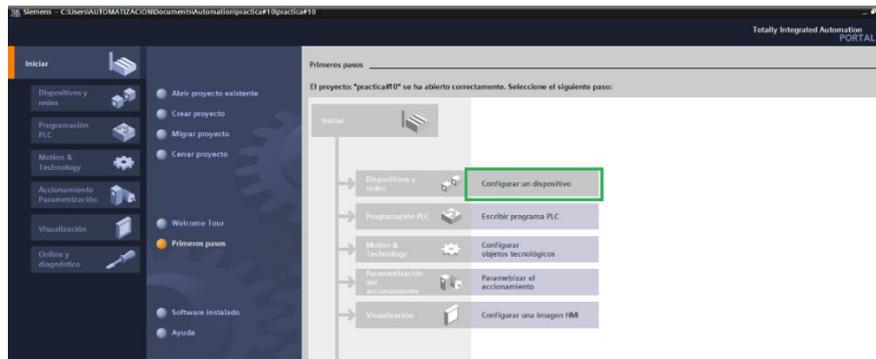


Figura 10.6 Pantalla de Primeros pasos

4. “Agregar dispositivo” donde seguimos los siguientes pasos:

- Seleccionar el controlador deseado. En este caso clic en PLC > SIMATIC S7-1500 > CPU > CPU 1516-3PN/DP. Referencia 6ES7 516- 3AN01-0AB0. Dentro de la opción versión en el lado derecho de la pantalla seleccionar “V2.6”.
- Clic en agregar.
- Una vez agregado un dispositivo aparecerá en la pantalla el nuevo equipo agregado.

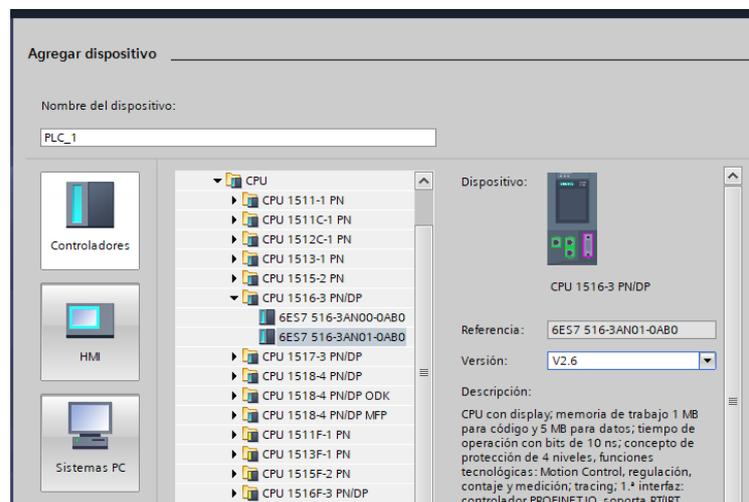


Figura 10.7 Agregar nuevo dispositivo.

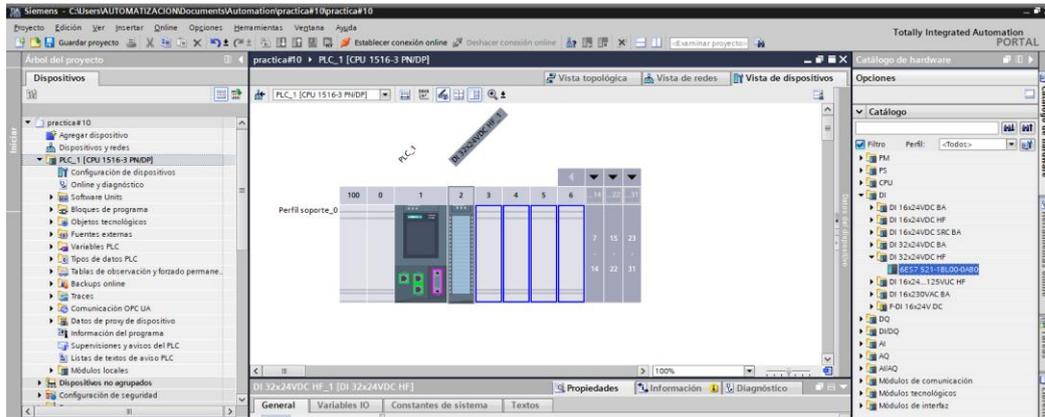


Figura 10.8 Pantalla del proyecto creado

5. En la parte derecha de la pantalla en “Catálogo de Hardware” se procede a seleccionar los módulos periféricos que se utilizarán con el CPU, que en este caso son los siguientes:

- Entradas Digitales: DI > DI 32x24VDC HF > 6ES7 521-1BL00-0AB0
- Salidas Digitales: DQ > DQ 32x24VDC/0.5A HF > 6ES7 522-1BL01-0AB0
- Entradas Analógicas: AI > AI 8xU/I/RTD/TC ST > 6ES7 531-7KF00-0AB0
- Salidas Analógicas: AQ > AQ 4xU/I ST > 6ES7 532-5HD00-0AB0

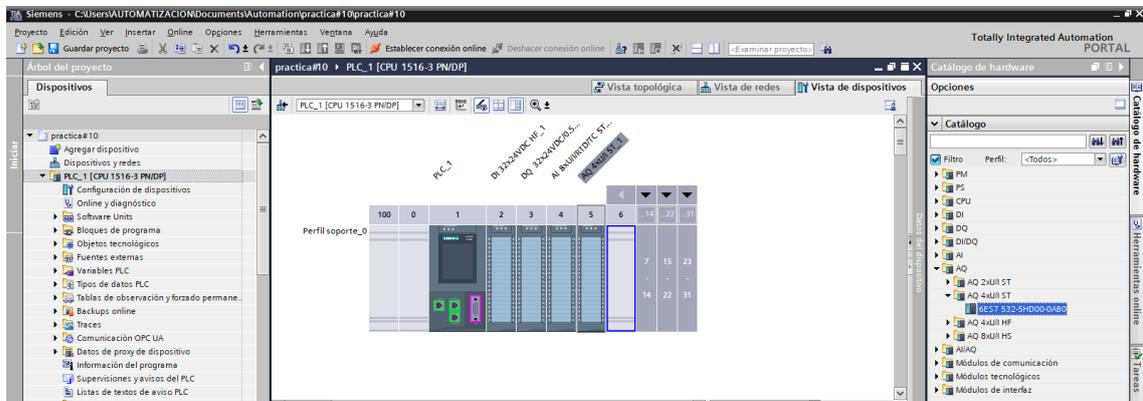


Figura 10.9 CPU con módulos periféricos

- Se procederá a dar doble clic sobre el módulo de entradas analógicas (AI 8xU/I/RTD/TC ST).

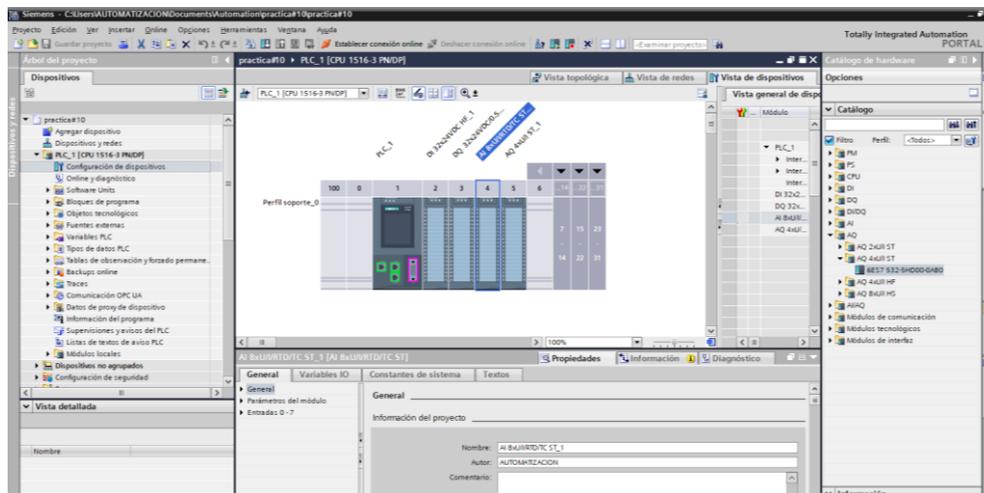


Figura 10.10 Configuración del módulo de entradas analógicas

- En la parte de general ir a Entradas 0-7> Vista general de configuración> seleccionar en la parte derecha el canal 7> por defecto esta “Plantilla”, cambiar a “Manual”. Cambiar el canal 6 de la misma manera.

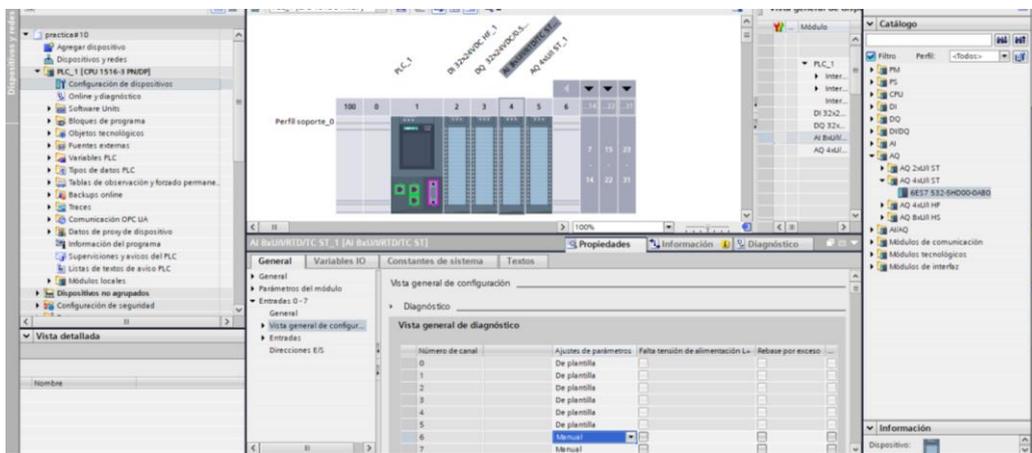


Figura 10.11 Configuración de cambio en canales analógicos

- Ingresar a entradas, desplegar las entradas existentes, seleccionar el canal número 7 > Tipo de Medición seleccionar Intensidad (transductor de medida a 4 hilos) > Rango de medición seleccionar 4 a 20mA.

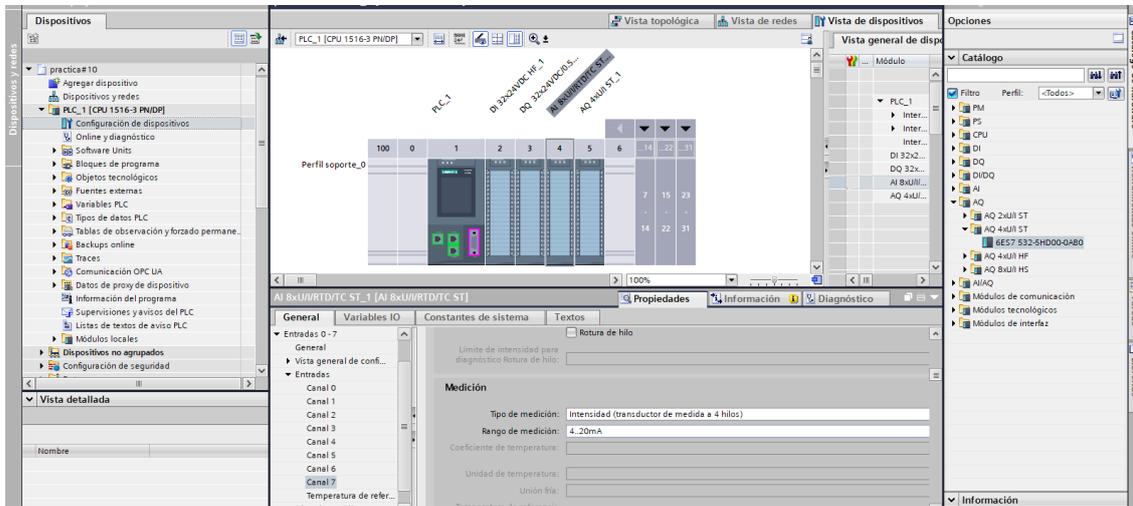


Figura 10.12 Configuración de entrada analógica 7

- Seleccionar canal 6 > Tipo de Medición seleccionar Intensidad (transductor de medida a 2 hilos) > Rango de medición seleccionar 4-20mA.

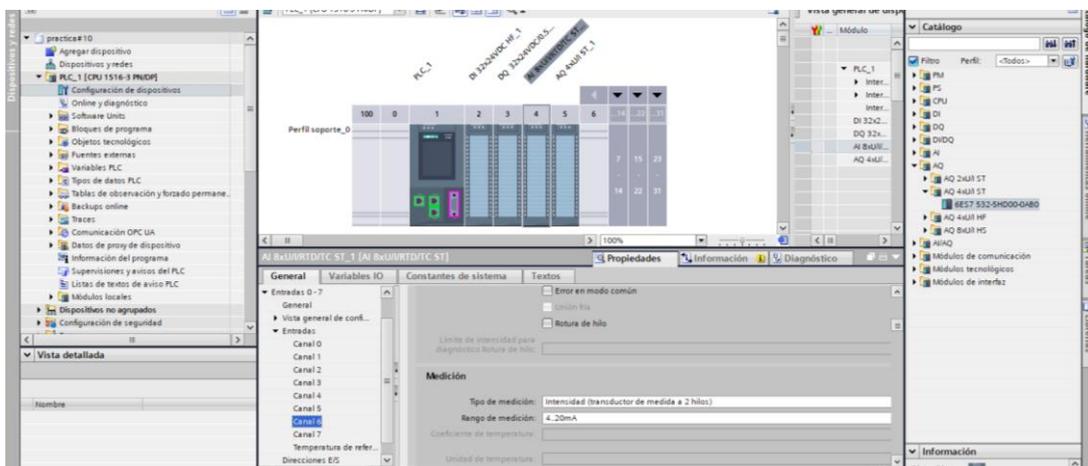


Figura 10.13 Configuración de entrada analógica 6.

10. Para configuración de la red desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Configuración de dispositivo>General>Interfaz PROFINET [x1] >Configurar la dirección IP 172.18.135.23 con mascara de subred en 255.255.255.0

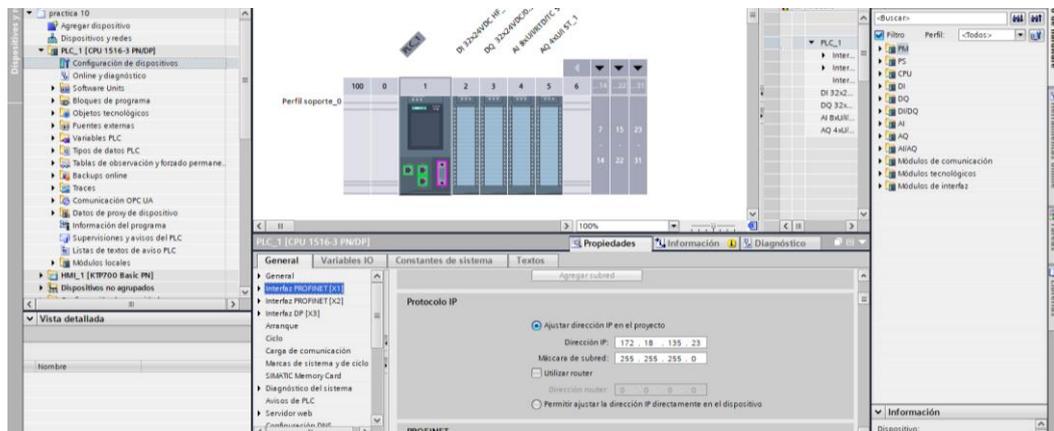


Figura 10.14 Asignación de dirección IP.

11. Para que el OPC pueda operar hay que habilitar lo siguiente: Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Configuración de dispositivo >General >Protección & Seguridad >Mecanismos de conexión y activar la opción de Permitir acceso vía comunicación PUT/GET del interlocutor remoto.

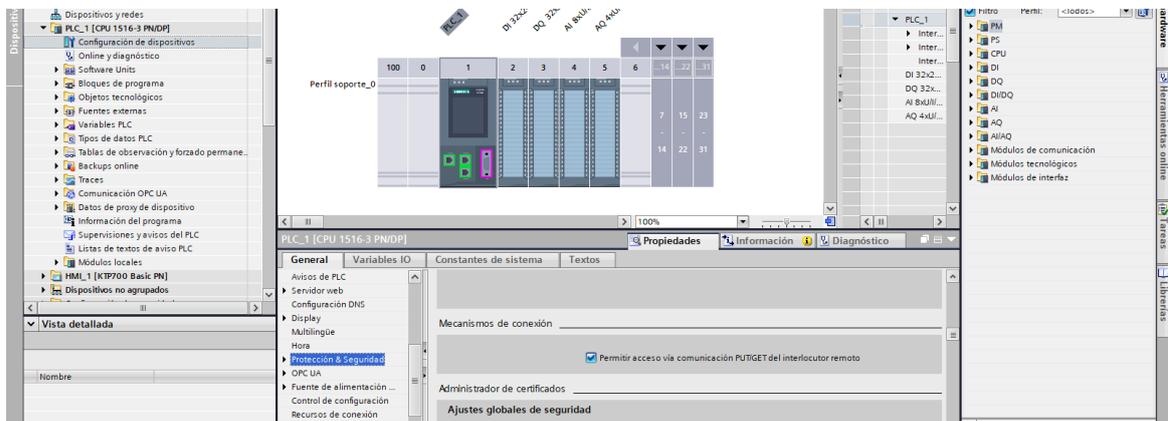


Figura 10.15 Habilitación de protección para permitir comunicación OPC.

12. Crear las variables a utilizarse, desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Variables PLC >Mostrar todas las variables >asignar variables

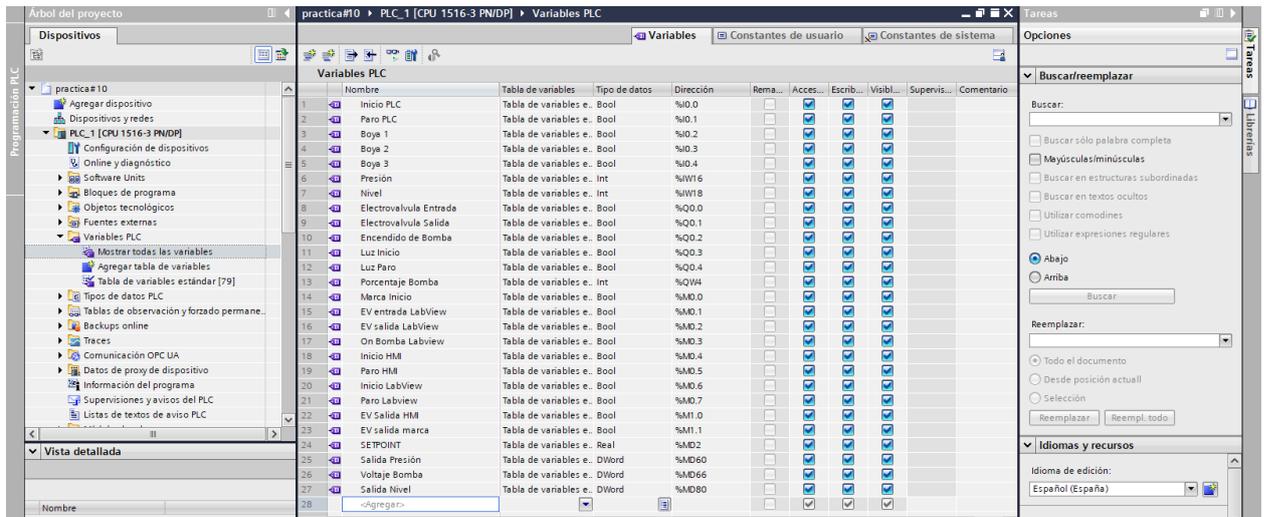


Figura 10.16 Variables del PLC

13. Crear Función para procesamiento de señales analógicas, desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa> Agregar nuevo bloque>Seleccionar FC(Función) >Asignar nombre FC Señales Analógicas.

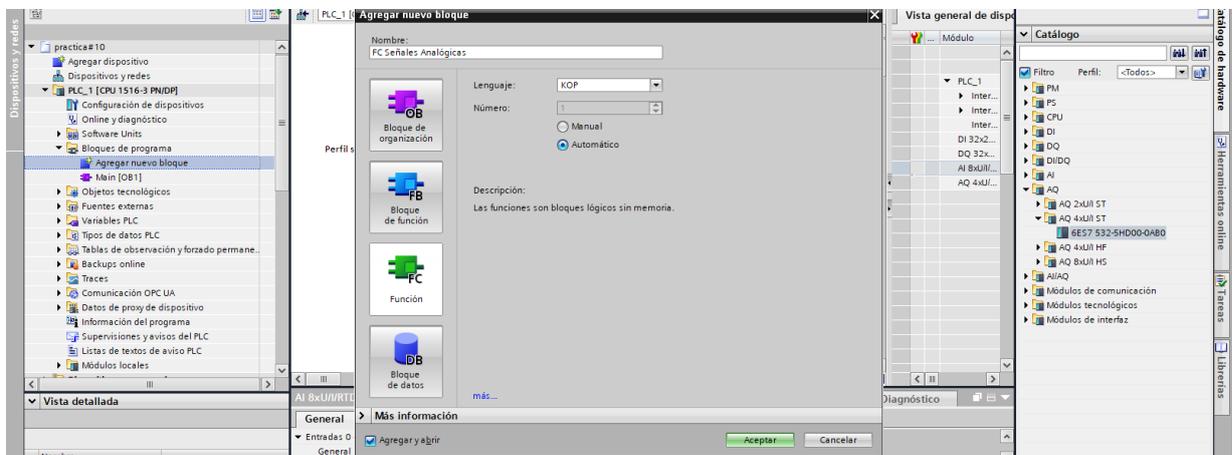


Figura 10.17 Creación de Función para señales analógicas

14. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>Agregar nuevo bloque> Seleccionar FC(Función) >Asignar nombre FC Señales Digitales.

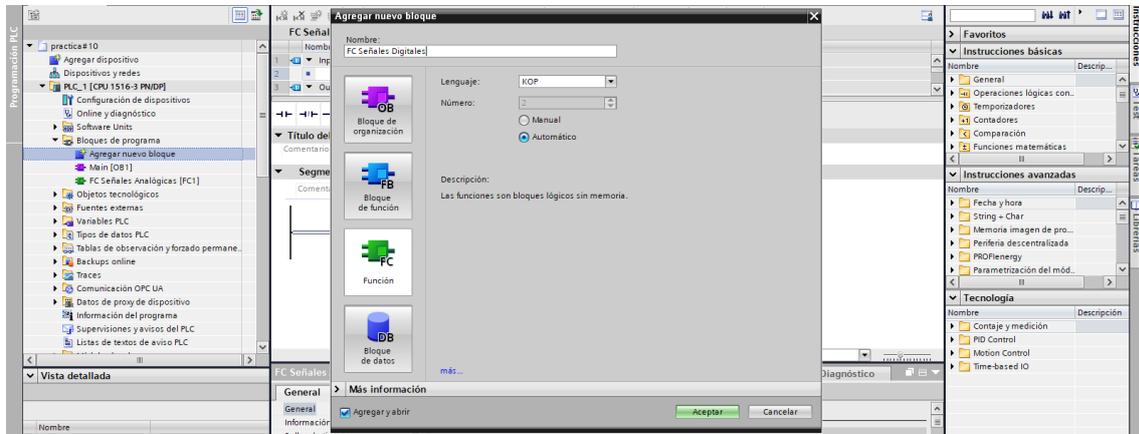


Figura 10.18 Creación de Función para señales digitales.

15. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>Agregar nuevo bloque> Seleccionar DB (Bloque de datos) >Asignar nombre DB General.

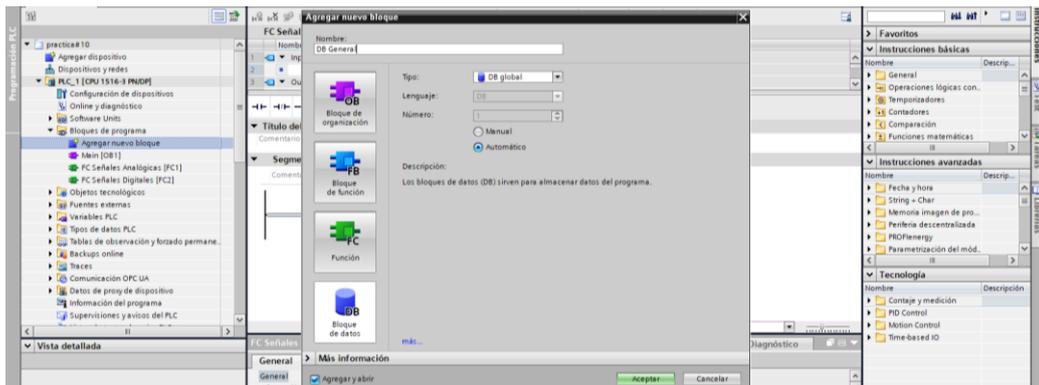


Figura 10.19 Creación de bloque de datos general

16. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>DB General>Asignar las variables que se muestra en la Figura.



Figura 10.20 Variable de bloque de datos

17. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>FC Señales Analógicas> En el segmento 1 crear 3 bloques, NORM\_X, SCALE\_X y CONV.

Para NORM\_X configurar el tipo de dato como entrada "Int" y salida "real" es decir "Int to Real". En VALUE usar IW16 "Presión", Como valor mínimo (MIN) colocar 390 y como valor máximo (MAX) colocar el valor de 4270. Para el valor de la salida (OUT) usar la variable de presión del bloque de datos creado, es decir en OUT usar la siguiente variable "DB General" "Presión Normalizada".

Para SCALE\_X configurar el tipo de dato como entrada "real" y salida "real" es decir "Real to Real". En VALUE usar "DB General" "Presión Normalizada", Como valor mínimo (MIN) colocar 2.0 y como valor máximo (MAX) colocar el valor de 9.5. Para el valor de la salida (OUT) usar la variable "Salida Presión" creada en Variables del PLC, es decir en OUT usar MD60 "Salida Presión".

Para CONV configurar el tipo de dato como entrada "DWord" y salida "real" es decir "DWord to Real". En IN usar MD60. Para el valor de la salida (OUT) usar la variable "Nivel Real del TQ bajo" del DB General, es decir en OUT usar "DB General" "Nivel Real TQ bajo".

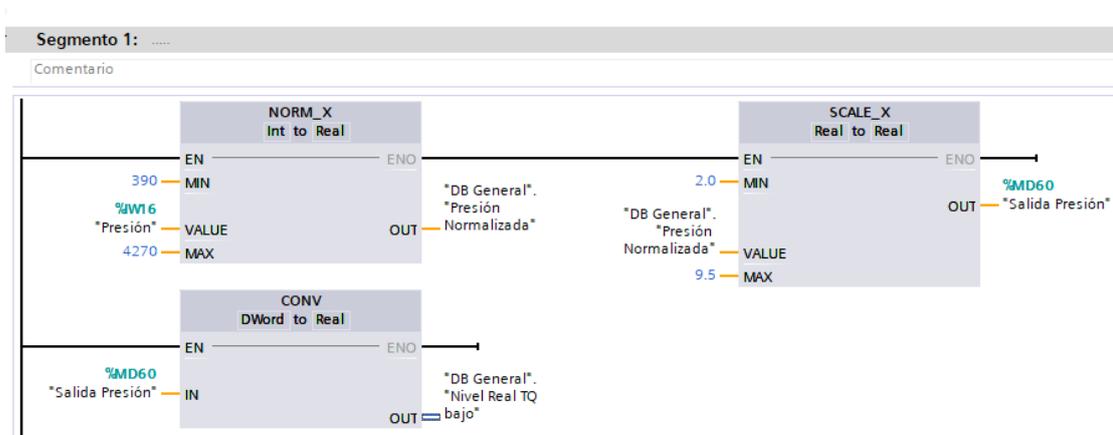


Figura 10.21 Tratamiento de la señal de presión para obtener nivel del tanque bajo

18. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>FC Señales Analógicas>En el segmento 2 crear 3 bloques, NORM\_X, SCALE\_X y CONV.

Para NORMAL\_X configurar el tipo de dato como entrada "Int" y salida "real" es decir "Int to Real". En VALUE usar IW18 "Nivel", Como valor mínimo (MIN) colocar 0 y como valor máximo (MAX) colocar el valor de 27585. Para el valor de la salida (OUT) usar la variable de presión del bloque de datos creado, es decir en OUT usar la siguiente variable "DB General" "Nivel Normalizado".

Para SCALE\_X configurar el tipo de dato como entrada "real" y salida "real" es decir "Real to Real". En VALUE usar "DB General" "Nivel Normalizado", Como valor mínimo (MIN) colocar 0.0 y como valor máximo (MAX) colocar el valor de 28.5. Para el valor de la salida (OUT) usar la variable "Salida Nivel" creada en Variables del PLC, es decir en OUT usar MD80 "Salida Nivel".

Para CONV configurar el tipo de dato como entrada "DWord" y salida "real" es decir "DWord to Real". En IN usar MD80. Para el valor de la salida (OUT) usar la variable "Nivel Real del TQ bajo" del DB General, es decir en OUT usar "DB General" "Nivel Real TQ alto".

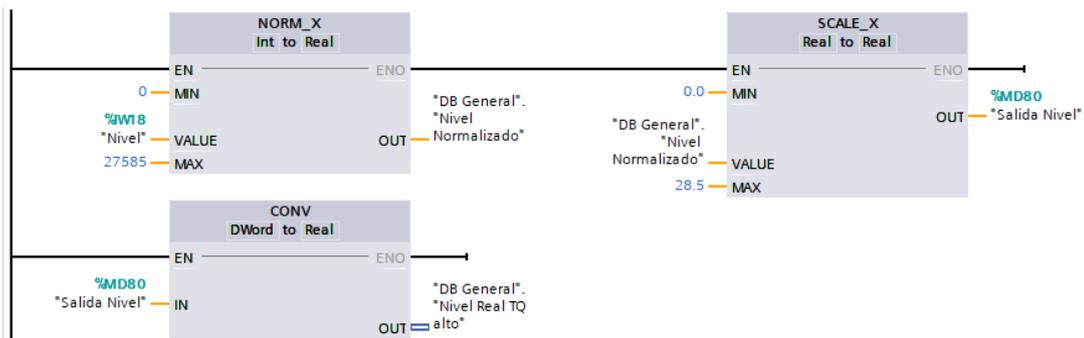


Figura 10.22 Tratamiento de señal para Nivel tanque alto

19. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>FC Señales Analógicas>En el segmento 3 crear 2 bloques, NORM\_X y SCALE\_X.

Para NORM\_X configurar el tipo de dato como entrada "Real" y salida "real" es decir "Real to Real". En VALUE usar MD66 "Voltaje Bomba", Como valor mínimo (MIN) colocar 0 y como valor máximo (MAX) colocar el valor de 10. Para el valor de la salida (OUT) usar la variable de "Voltaje Bomba" del bloque de datos creado, es decir en OUT usar la siguiente variable "DB General" "Voltaje Bomba".

Para SCALE\_X configurar el tipo de dato como entrada "Real" y salida "Int" es decir "Real to Int". En VALUE usar "DB General" "Voltaje Bomba", Como valor mínimo (MIN) colocar 0.0 y como valor máximo (MAX) colocar el valor de 27648 Para el valor de la salida (OUT) usar la variable "Porcentaje Bomba" creada en Variables del PLC, es decir en OUT usar QW4 "Porcentaje Bomba".

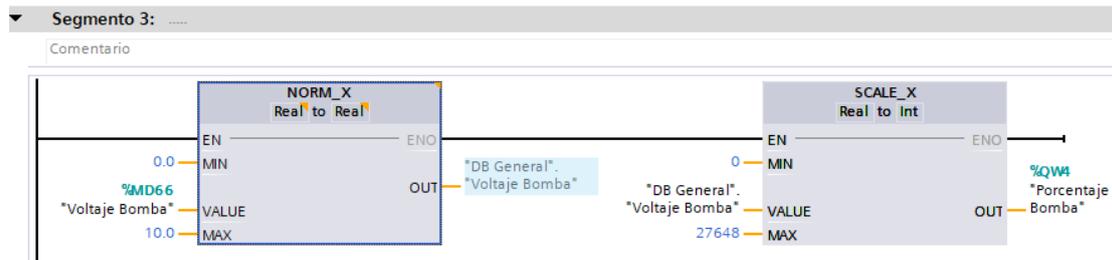


Figura 10.23 Tratamiento señal de salida de Voltaje de Bomba

20. Desplegar PLC\_1(CPU1516-3 PN/DP) >Bloques de programa>FC Señales Digitales>En el segmento 1 crear 3 contactos abiertos en paralelo y en serie a dos >para los 3 contactos en paralelo crear con las siguientes variables I0.0 “Inicio PLC”, M0.6 “Inicio LabVIEW” y M0.4 “Inicio HMI”, para la salida usar una bobina “SET” con la variable M0.0 “Marca Inicio”.

Continuando con el segmento 1 crear 3 contactos más, abiertos en paralelo y en serie una bobina>para los 3 contactos en paralelo crear bobinas que están en paralelo con las siguientes variables I0.1 “Paro PLC”, M0.7 “Paro LabVIEW” y M0.5 “Paro HMI”, para la salida usar una bobina “RESET” con la variable M0.0 “Marca Inicio” y otra bobina con la variable Q0.4 “Luz Paro”.

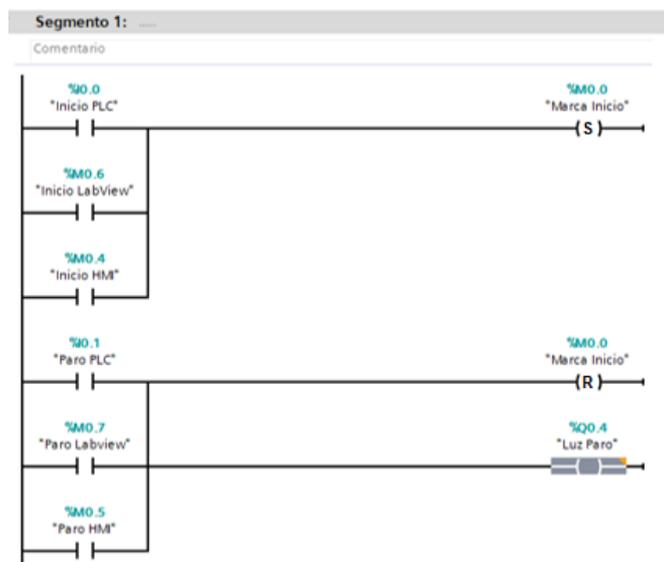


Figura 10.24 Programación de inicios y habilitaciones

21. Para el segmento 2 Crear una línea de programación con dos contactos abiertos en serie con una bobina, para esta línea se debe usar las variables M0.0 en serie con M0.1 y para finalizar la bobina con variable Q0.0.

Continuando con el segmento 2 se debe colocar dos contactos abiertos en paralelo luego en serie un contacto abierto y para finalizar la línea en serie una bobina.

Para los contactos en paralelo usar las variables M0.2 y M1.0, en serie el contacto abierto con variable M0.0 y finalizando en la bobina con Q0.1.

En el segmento 2 continuar con una tercera línea de programación usar dos contactos abiertos en serie con una bobina, para esta línea se debe usar las variables M0.3 en serie con M0.0 y para finalizar la bobina con variable Q0.2.

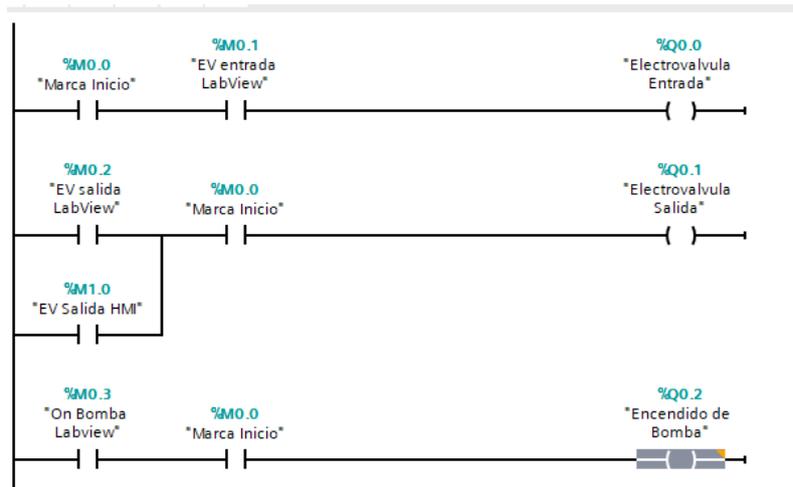


Figura 10.25 Programación de salidas

22. Para el segmento 3, crear una línea de programación con un contacto abierto en serie con una bobina, para esta línea se debe usar las variables M0.0, en serie para finalizar la bobina con variable Q0.3.

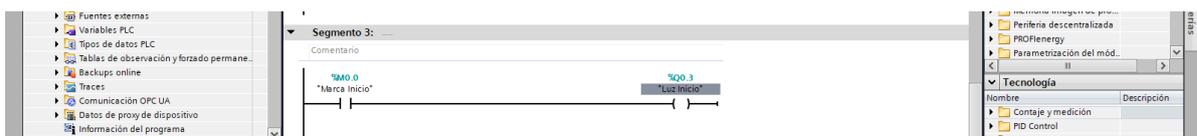


Figura 10.26 Programación de salidas

23. Con las funciones creadas, regresar al programa principal MAIN y colocar las 2 funciones creadas anteriormente.

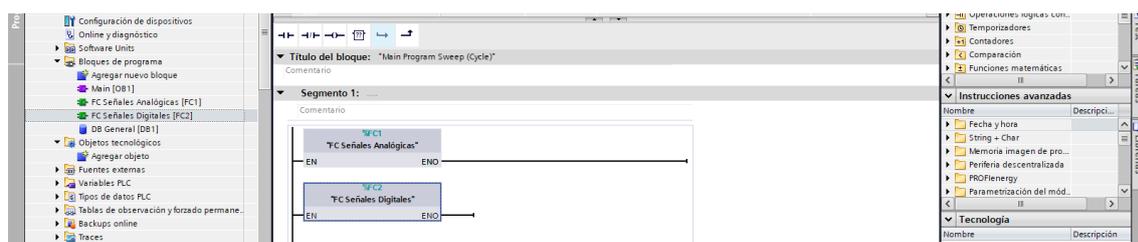


Figura 10. 27 Ingreso de funciones en el MAIN PRINCIPAL

24. Se debe crear un nuevo dispositivo, un HMI. Seleccionar Agregar dispositivo>Seleccionar HMI>SIMATIC Basic Panel>7” Display>KTP700 Basic>6AV2-123-2GB03-0AX0>Dar clic en aceptar.

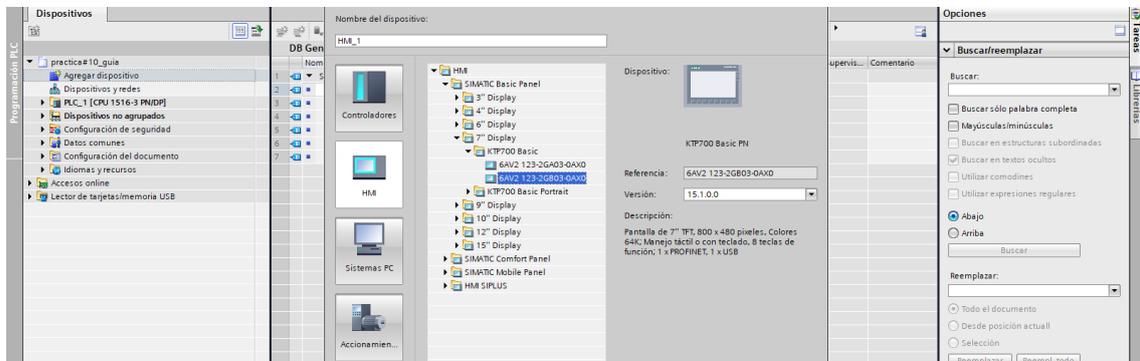


Figura 10.28 Selección de HMI

25. Seleccionar PLC, dar clic en examinar y al desplegarse la ventana elegir el PLC\_1, luego dar clic en siguiente.

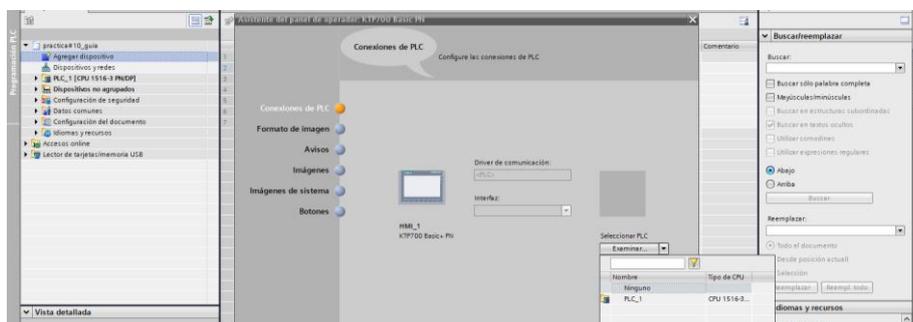


Figura 10.29 Configuración inicial de HMI

26. Verificando que se esté vinculado con el PLC colocar Finalizar.

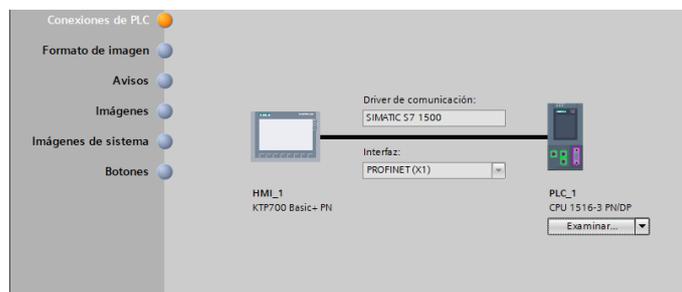


Figura 10.30 Enlace a la red del PLC con HMI

27. Seleccionar HMI\_1[KTP700 Basic PN] >Imágenes>Imagen raíz>pegar una imagen de la planta.



Figura 10.31 Creación de imagen en HMI

28. Dentro de la imagen crear indicadores de estado para representar los accionamientos.

En la parte derecha de la pantalla de trabajo en Objetos básicos dar seleccionar circulo y elaborar en los distintos accionamientos de la planta.

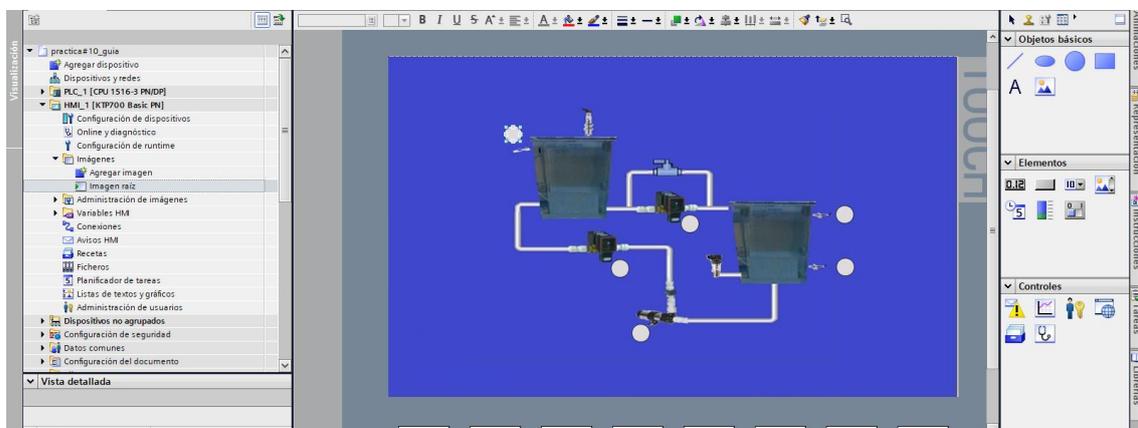


Figura 10.32 Colocar elementos de estado

29. Colocar los respectivos nombres a los elementos. Seleccionar en Objetos básicos>Texto>Colocar nombres a los elementos.

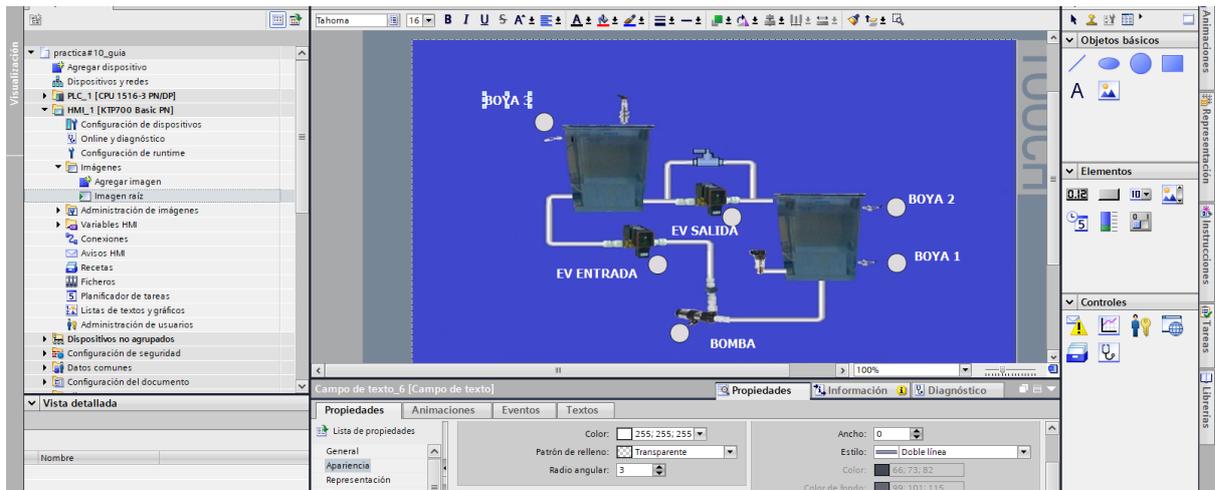


Figura 10.33 Colocar identificaciones a elementos

30. Seleccionar el círculo que se encuentra cerca de la bomba.

Dar clic en el círculo>Animaciones>Apariencia>Variable>En nombre seleccionar de variables del PLC “Encendido de Bomba”.

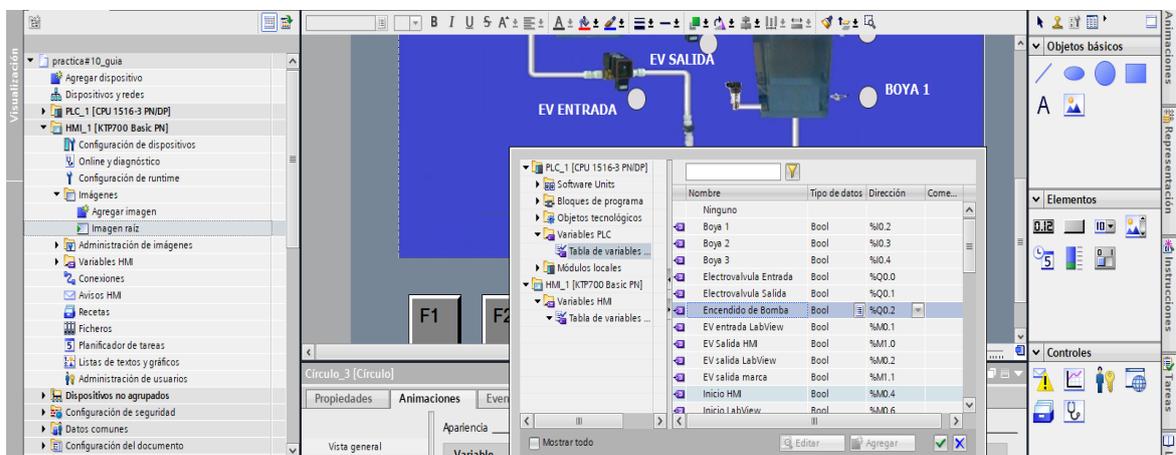


Figura 10.34 Configuración de variable

31. En la misma selección que el paso 29 elegir los rangos para su visualización. Dar clic en el círculo>Animaciones>Apariencia>Variable>Rango>colocar 0 en blanco y 1 en verde según muestra la imagen.

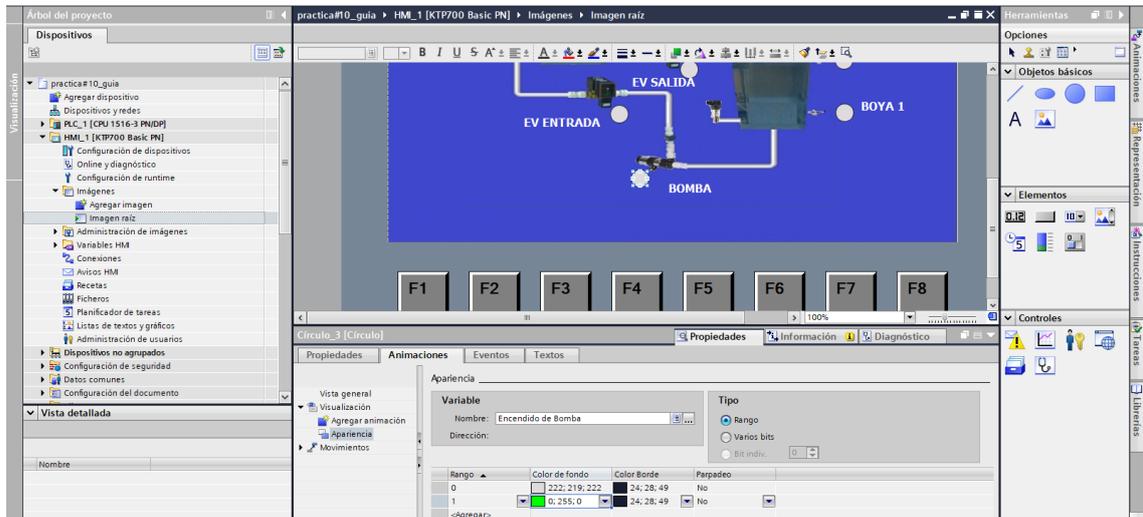


Figura 10.35 Configuración del indicador Encendido de Bomba

32. Seleccionar EV ENTRADA y configurar. Dar clic en el círculo> Animaciones> Apariencia> Variable> En nombre seleccionar de variables del PLC “Electroválvula entrada” >Rango>colocar 0 en blanco y 1 en verde.

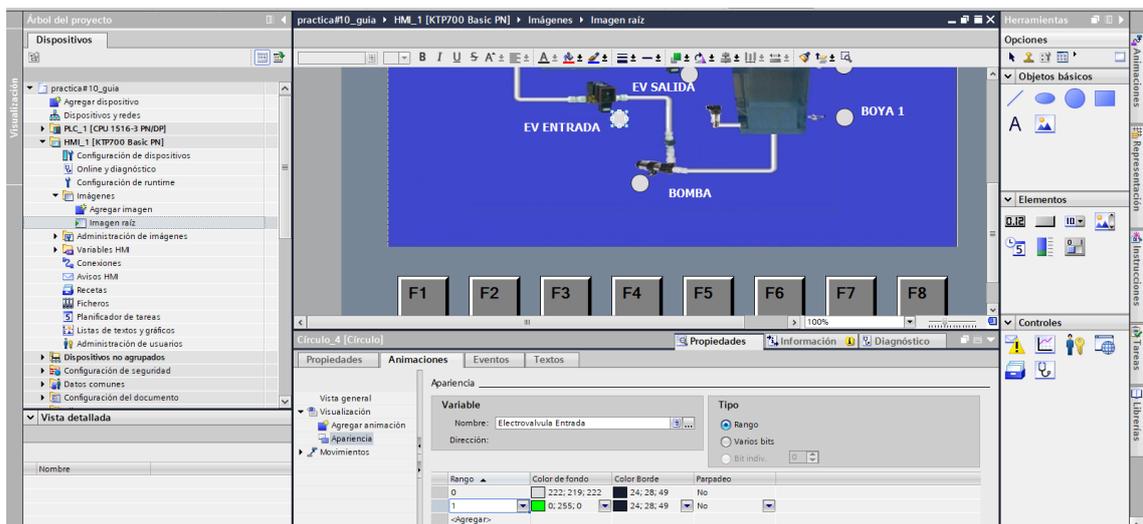


Figura 10.36 Configuración del indicador EV ENTRADA

### 33. Seleccionar EV SALIDA y configurar.

Dar clic en el círculo> Animaciones> Apariencia> Variable> En nombre seleccionar de variables del PLC “Electroválvula Salida”>Rango>colocar 0 en blanco y 1 en verde.

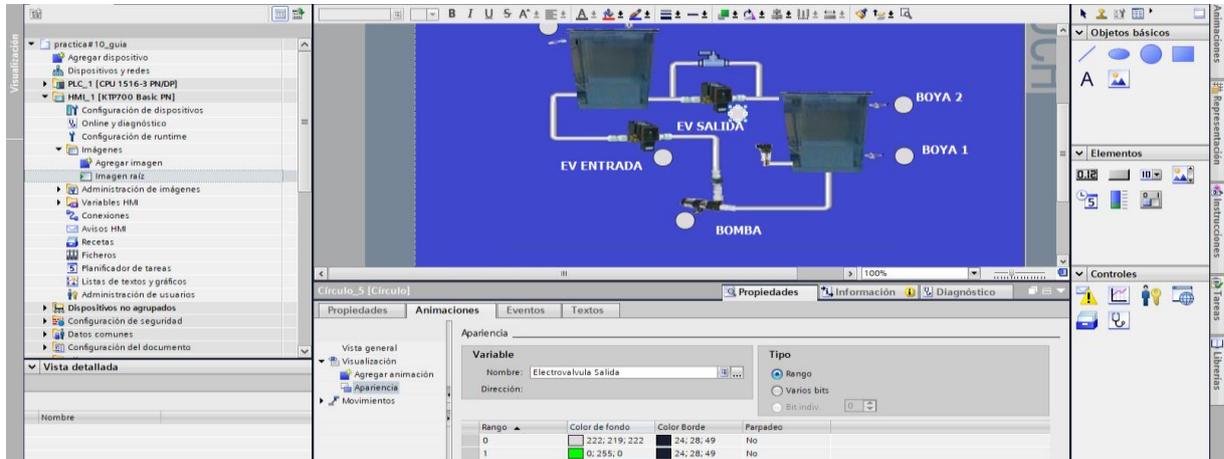


Figura 10.37 Configuración del indicador EV SALIDA

### 34. Seleccionar BOYA 1 y configurar.

Dar clic en el círculo>Animaciones>Apariencia>Variable>En nombre seleccionar de variables del PLC “Boya 1”>Rango>colocar 0 en blanco y 1 en verde

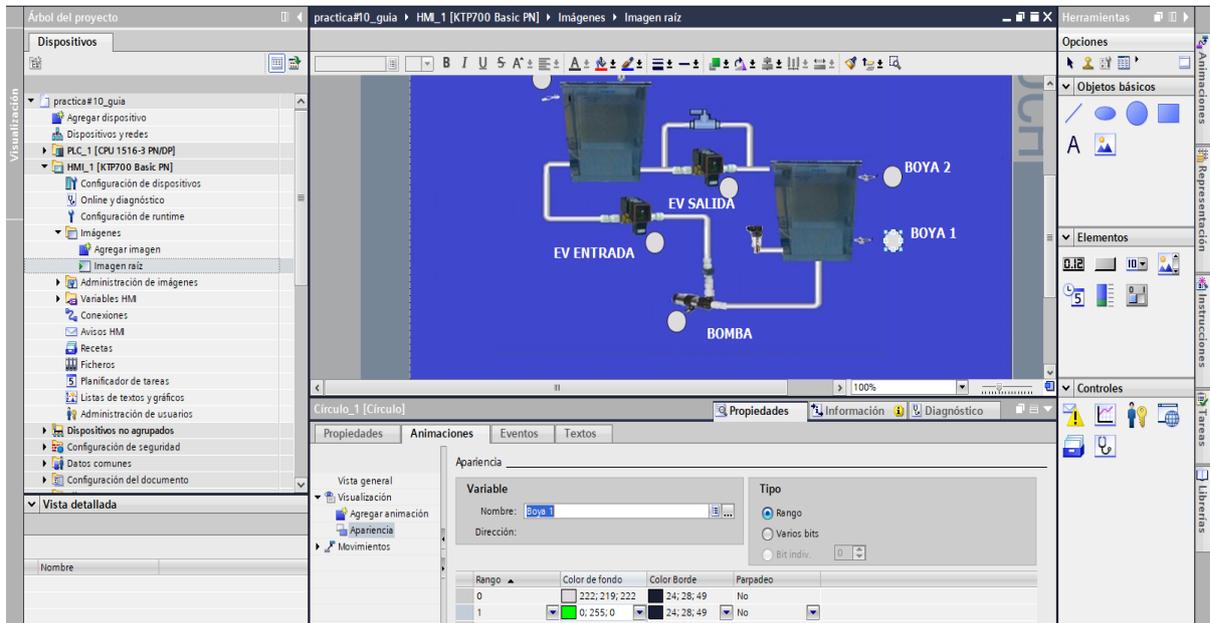


Figura 10.38 Configuración del indicador de BOYA 1

35. Seleccionar BOYA 2 y configurar.

Dar clic en el círculo>Animaciones>Apariencia>Variable>En nombre seleccionar de variables del PLC “Boya 2”>Rango>colocar 0 en blanco y 1 en verde.

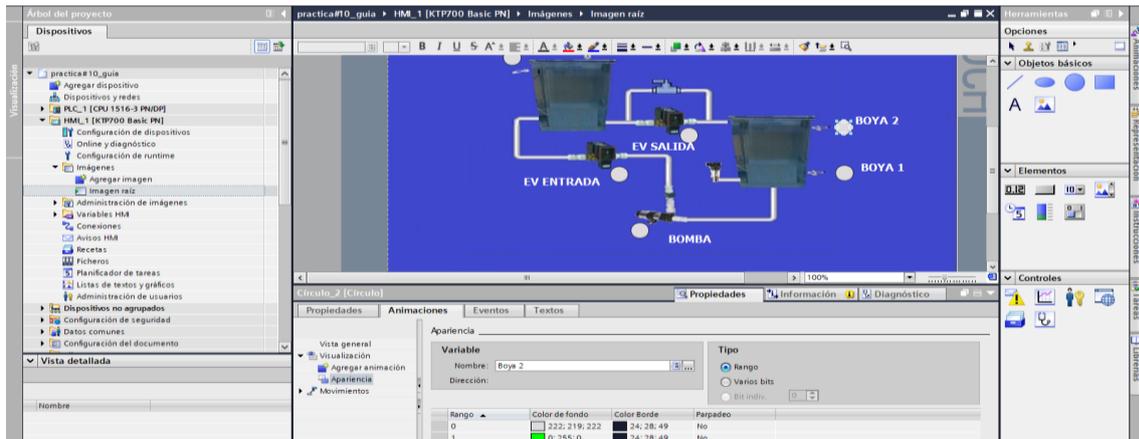


Figura 10. 39 Configuración del indicador de BOYA 2

36. Seleccionar BOYA 3 y configurar.

Dar clic en el círculo>Animaciones>Apariencia>Variable>En nombre seleccionar de variables del PLC “Boya 3”>Rango>colocar 0 en blanco y 1 en verde.

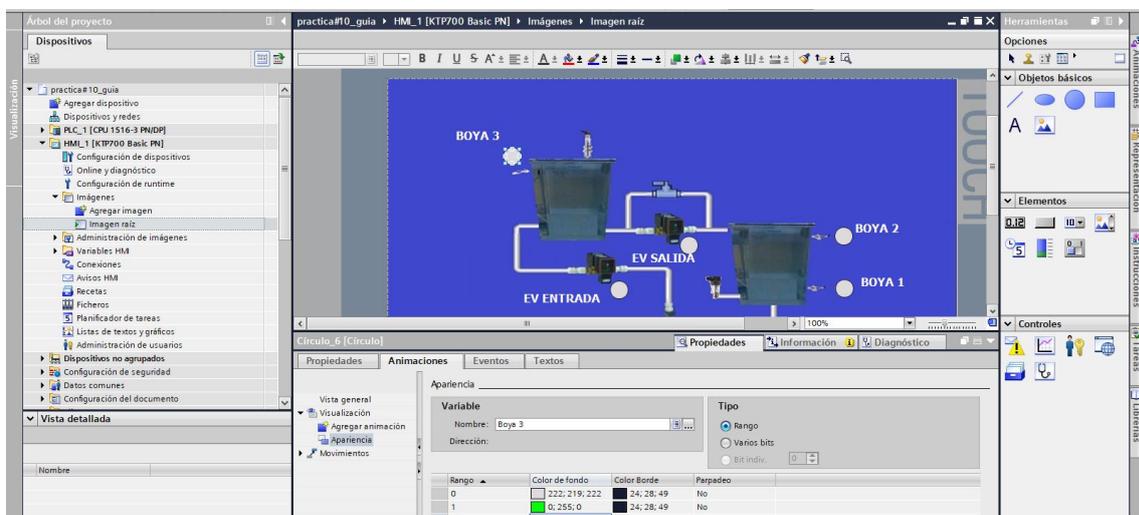


Figura 10.40 Configuración del indicador de BOYA 3

37. Dentro de la imagen crear indicadores de valores para verificar los niveles y consigna. En la parte derecha de la pantalla de trabajo en Elementos, seleccionar el indicador numérico y crear indicadores para los tanques de nivel y consigna.

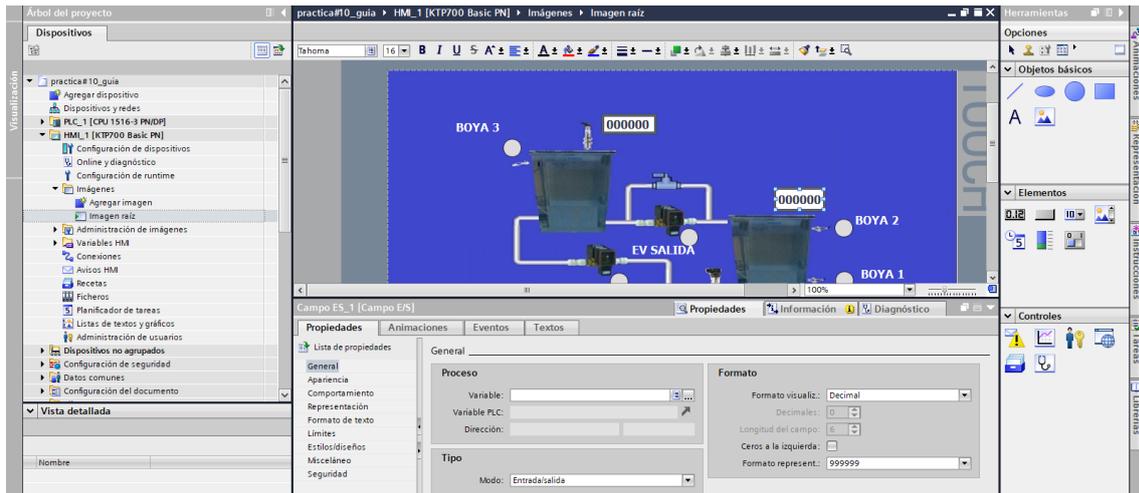


Figura 10.41 Creación de indicadores numéricos.

38. Seleccionar el indicador numérico del tanque bajo, configurar de la siguiente manera. Dar clic en el indicador>Propiedades>General>Variable>En nombre seleccionar Bloque de datos DB General “DB General Nivel Real TQ bajo”.

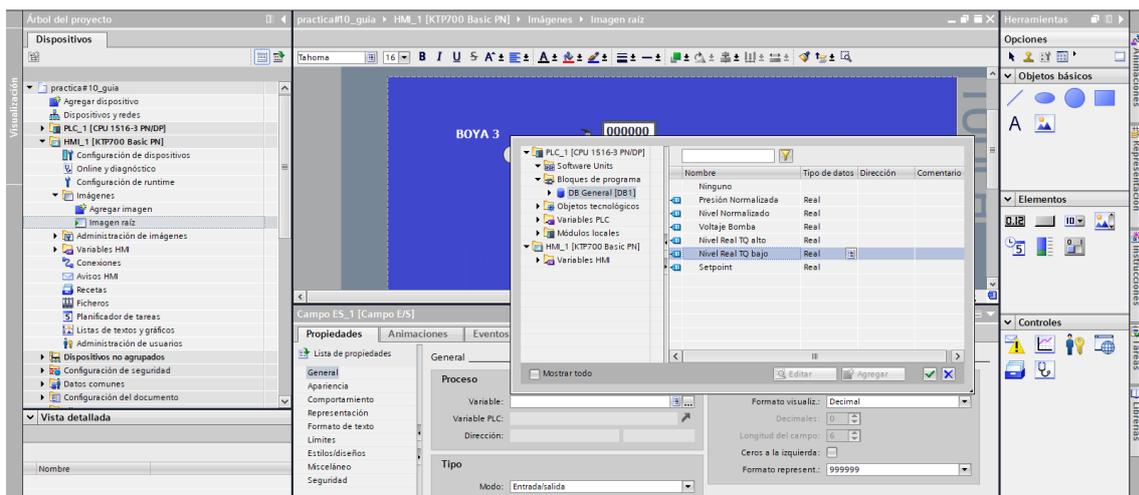


Figura 10.42 Asignación de variable a indicador numérico.

39. Continuando con el punto 37 dar clic en el indicador numérico del tanque bajo Dar clic en el indicador numérico>Propiedades>General>Modo, seleccionar Salida>Formato>Formato represent, seleccionar 99,99.

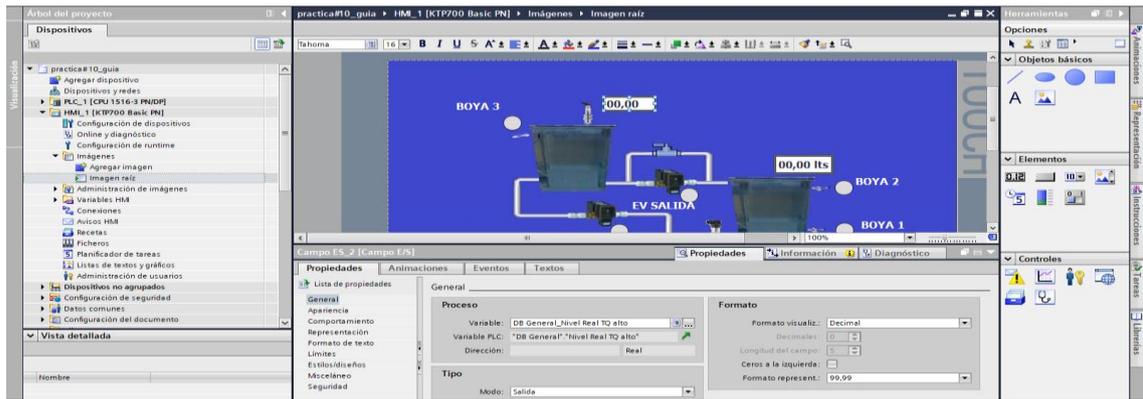


Figura 10.43 Creación de indicador numérico de nivel tanque bajo

40. Seleccionar el indicador numérico para el tanque alto. Dar clic en el indicador>Propiedades>General>Variable>En nombre seleccionar Bloque de datos DB General “DB General Nivel Real TQ alto” > Modo, seleccionar Salida>Formato>Formato represent, seleccionar 99,99.

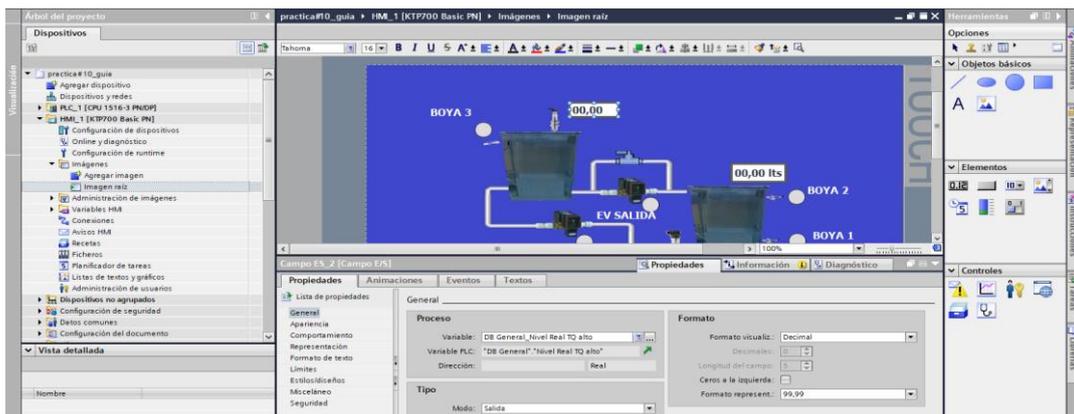


Figura 10.44 Creación de indicador numérico de nivel tanque alto.

41. Seleccionar el indicador para la consigna.

Dar clic en el indicador>Propiedades>General>Variable>En nombre seleccionar Bloque de datos DB General “DB General\_Setpoint” > Modo, seleccionar Entrada/Salida>Formato>Formato represent, seleccionar 99.

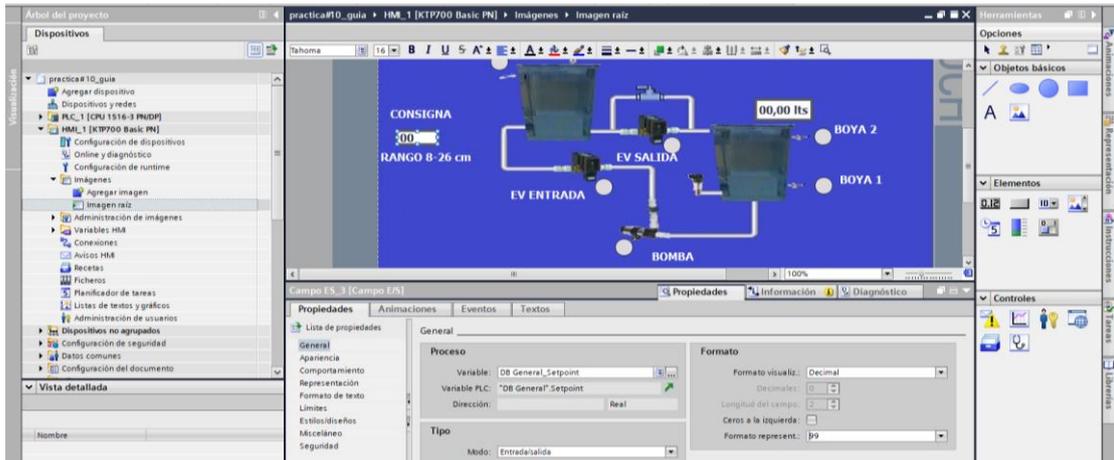


Figura 10.45 Creación de indicador numérico de Consigna.

42. Se debe crear un selector I O para control de la electroválvula.

En la parte derecha de la pantalla de trabajo en Elementos, seleccionar el interruptor O I y asignar nombre “CONTROL EV SALIDA”. Dar clic en el interruptor>Propiedades>General>Variable>En nombre seleccionar Variables del PLC “EV Salida HMI”.

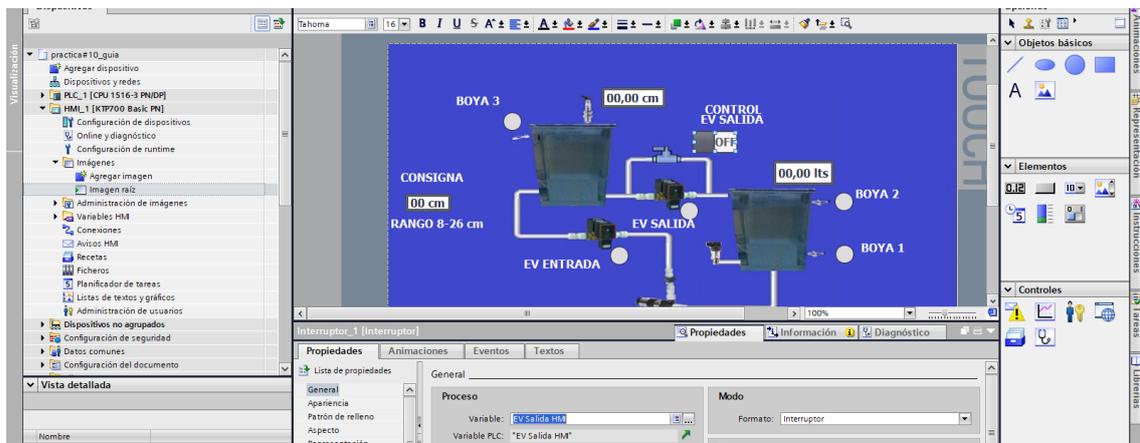


Figura 10.46 Creación selector IO EV SALIDA

43. Crear un inicio de marcha general.

En la parte derecha de la pantalla de trabajo en Elementos, seleccionar botón y asignar nombre “MARCHA”.

Dar clic en el interruptor>Propiedades>General>Variable>En nombre seleccionar Variables del PLC “Marcha HMI” > Texto>Nombre asignar MARCHA>Patrón de relleno>Gradiente>Color de fondo seleccionar verde.

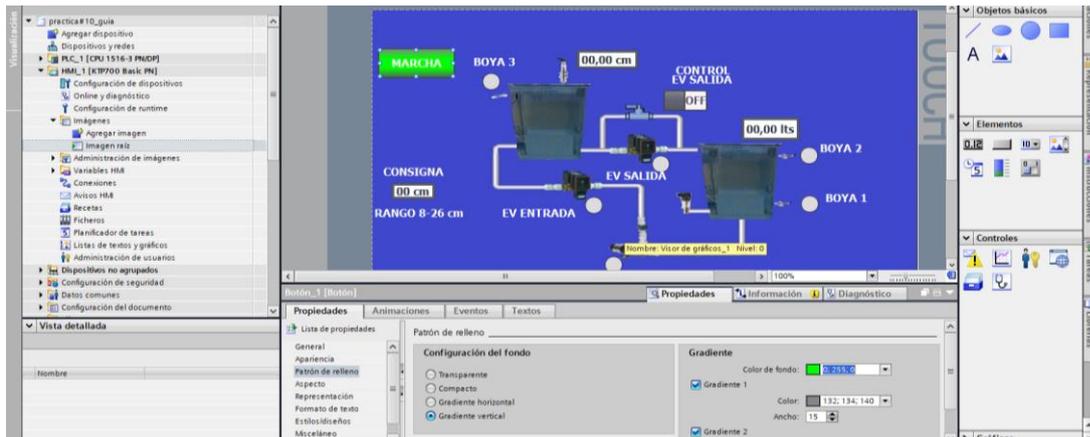


Figura 10.47 Creación de botón para marcha general.

#### 44. Crear un paro con retención como paro general.

En la parte derecha de la pantalla de trabajo en Elementos, seleccionar el interruptor O I y modificarlo en forma de botón.

Dar clic en el interruptor>Propiedades>General>Variable>En nombre seleccionar Variables del PLC “Paro HMI” > Nombre asignar MARCHA>Modo>Formato, seleccionar Interruptor con texto>texto>ON escribir “PARO ON” >OFF escribir “PARO OFF”.

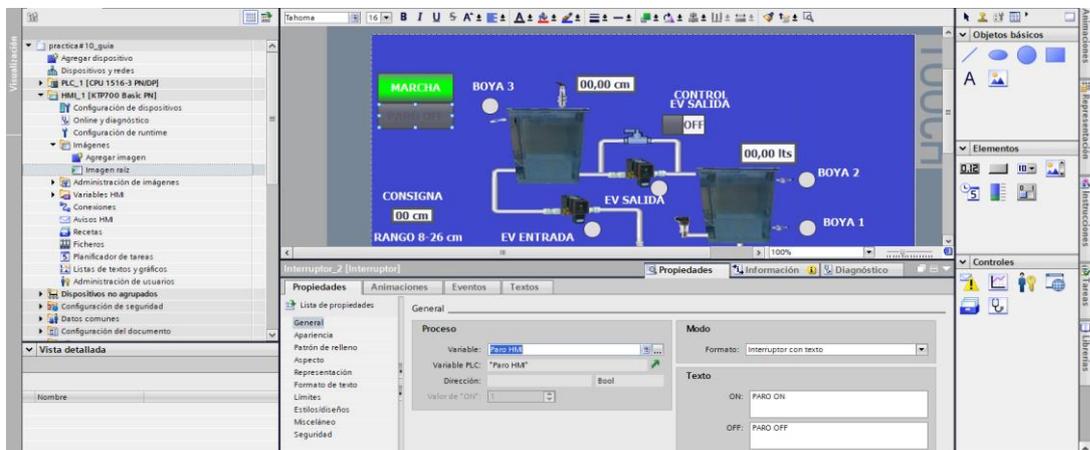


Figura 10.48 Creación de selector para paro general.

#### 45. Continuando con el punto anterior.

Propiedades>Patrón de relleno>Gradiente>Color de fondo seleccionar rojo.

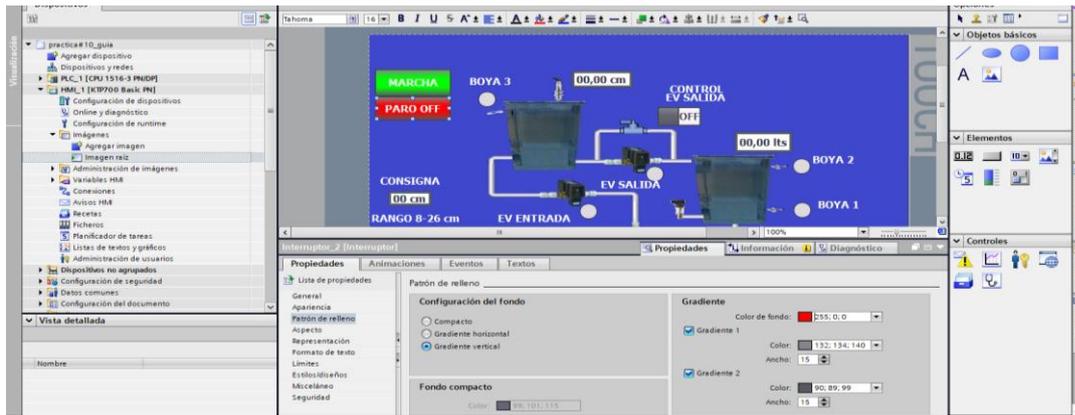


Figura 10.49 Configuración selector Paro general.

46. Para visualización del nivel de forma gráfica se deben crear barras.

En la parte derecha de la pantalla de trabajo en Elementos, seleccionar barra y colocarlas en cada tanque colocar la barra en el tanque alto. Dar clic en la barra>Propiedades>Propiedades>General>Variable>En nombre seleccionar del bloque de datos general “Nivel Real TQ alto” >Proceso>En valor máximo colocar 28>En valor mínimo colocar 3.

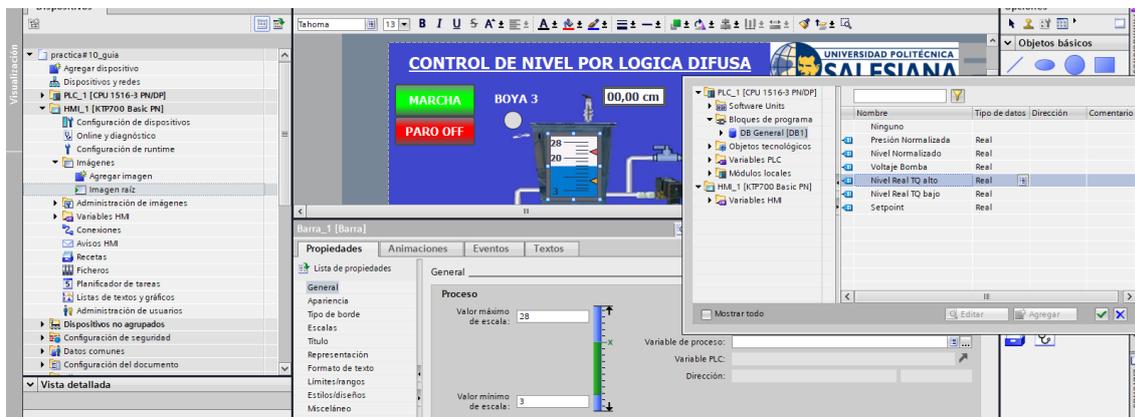


Figura 10.50 Declaración de variable de nivel a la barra para tanque alto.

47. Continuando con el punto anterior y para mejor visualización hacer la barra transparente. Dar clic en la barra>Propiedades>Propiedades>Apariencia>Fondo>Patrón de Relleno, seleccionar transparente>Límites>deshabilitar las opciones que se muestran (no debe estar señalado marcas).

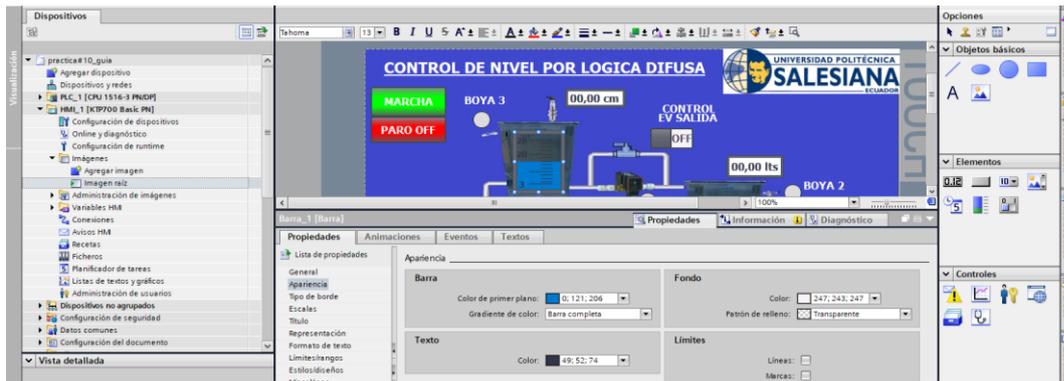


Figura 10.51 Configuración de barra del tanque alto

48. En la parte derecha de la pantalla de trabajo en Elementos, seleccionar barra  
Colocar la barra en el tanque bajo. Dar clic en la barra> Propiedades> General>  
Variable> En nombre seleccionar del bloque de datos general “Nivel Real TQ bajo”  
>Proceso>En valor máximo colocar 10>En valor mínimo colocar 0.

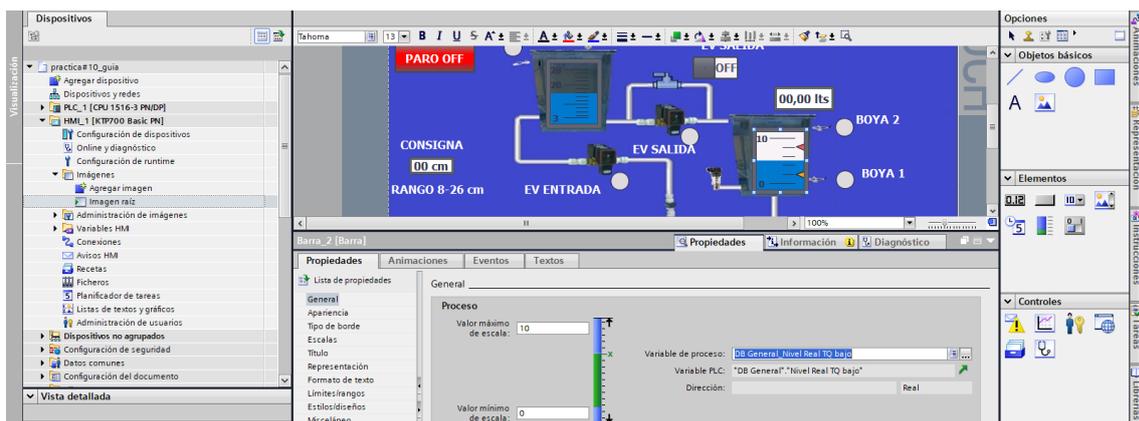


Figura 10.52 Declaración de variable de nivel a la barra para tanque bajo

49. Continuando con el punto anterior y para mejor visualización hacer la barra  
transparente.  
Dar clic en la barra>Propiedades>Apariencia>Fondo>Patrón de Relleno, seleccionar  
transparente>Límites>deshabilitar las opciones que se muestran (no debe estar  
señalado marcas).

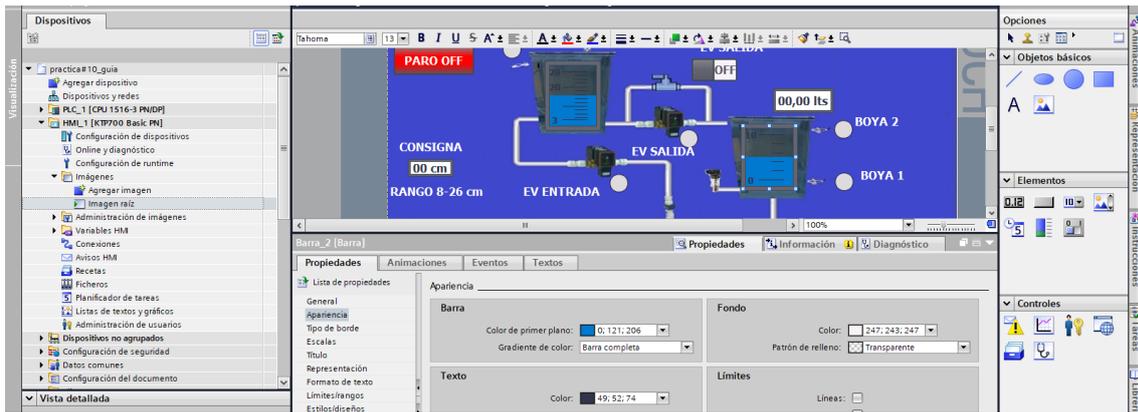


Figura 10.53 Configuración de barra del tanque alto

50. Una visualización de toda la pantalla finalizada.



Figura 10.54 Grafica de planta finalizada

51. Para una interacción más rápida se recomienda cambiar el ciclo de adquisición de datos para las variables que se están utilizando. Seleccionar HMI\_1>Variables HMI>Mostrar todas las variables>Ciclo de adquisición, colocar todas las variables de 1s a 100ms.

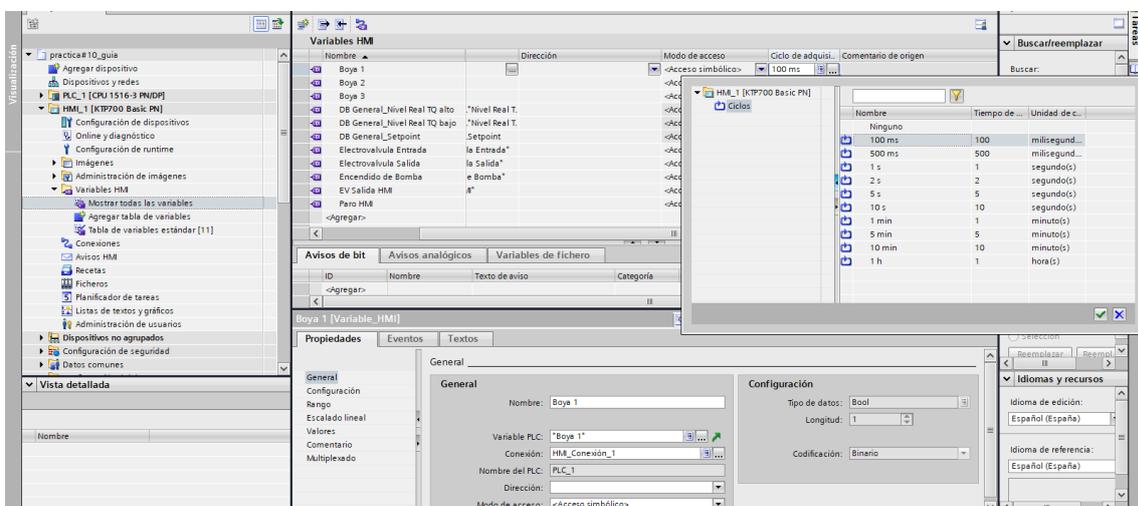


Figura 10.55 Configuración tiempo de adquisición HMI-PLC

52. Abrir el acceso directo del software OPC Servers Administration.

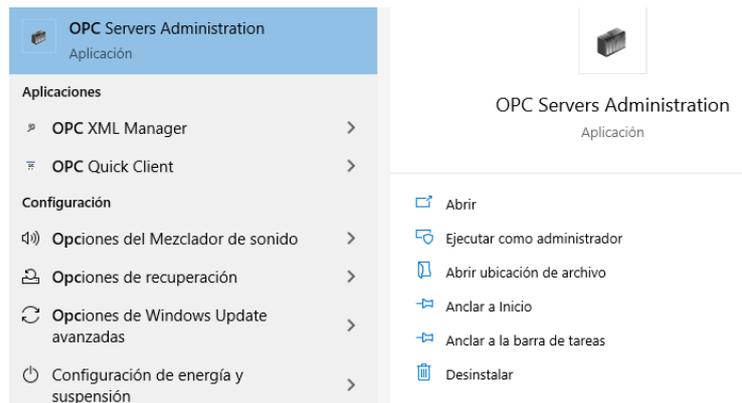


Figura 10.56 Acceso software OPC Servers Administration.

53. Aceptamos los permisos para la aplicación. En la barra de tareas desplegamos otras opciones. Damos clic derecho sobre el icono del OPC Server.

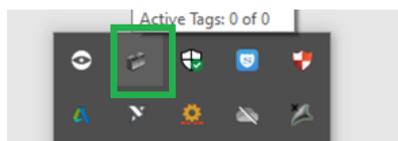


Figura 10.57 Icono de acceso OPC server.

54. Dar clic en el botón "configuration"

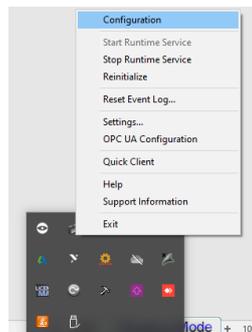


Figura 10.58 Accedemos a "configuration" para poder editar el OPC.

55. Una vez dentro del software, hacemos clic en File> New. Nos aparece una ventana emergente y damos clic en "Yes, Update". Aparecerá la vista principal, en donde se crearán los dispositivos tal como se muestra en la figura 59.

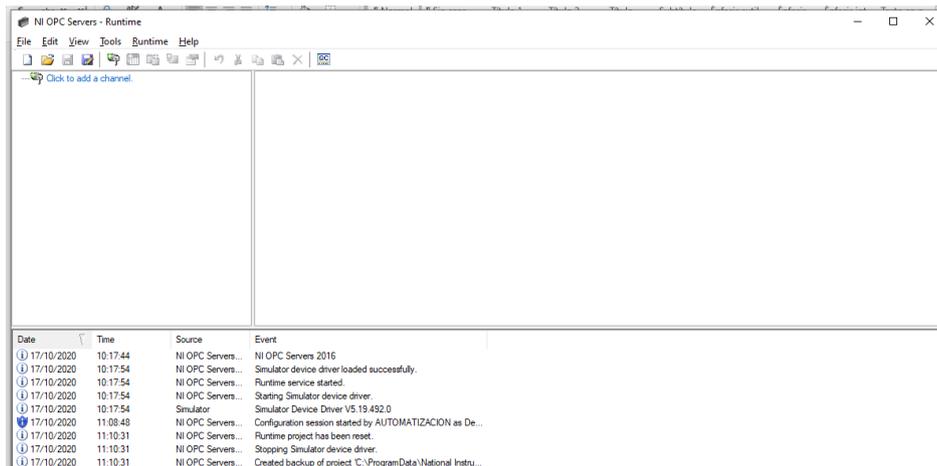


Figura 10.59 Ventana nueva de OPC Server.

56. Hacemos clic en la opción “Clic to add a channel”. Nos aparece una ventana emergente en la cual, asignamos el nombre al canal del OPC Server: “New Channel” donde podemos ver el “Channel name”.

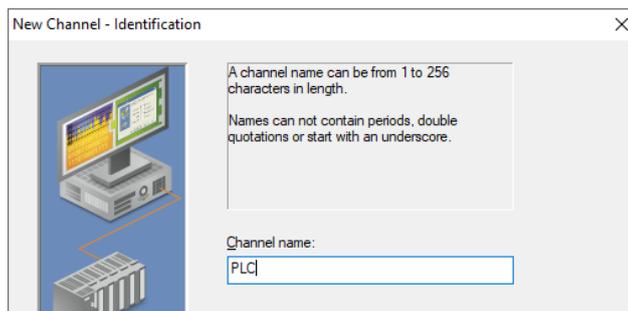


Figura 10.60 Ventana para configurar “Channel name”.

57. En la siguiente ventana procedemos a seleccionar “Siemens TCP/IP Ethernet” de la lista de drivers.

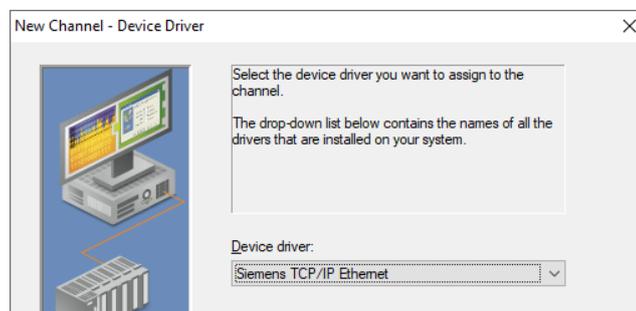


Figura 10.61 Configuración de “Device driver”.

58. En la siguiente ventana tenemos “Network Adapter” y seleccionamos el que nos corresponde al momento.

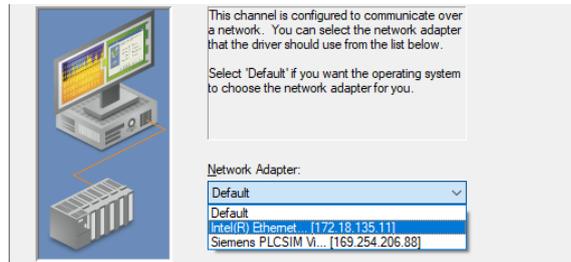


Figura 10.62 Ventana de “Network Adapter”.

59. En la ventana siguiente dejamos las selecciones por default.

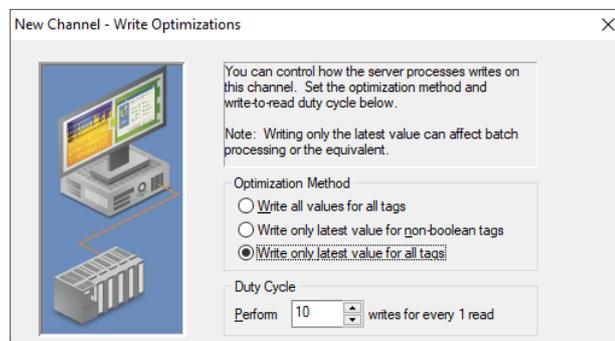


Figura 10.63 Ventana de “Write Optimizations”

60. En la siguiente ventana dejamos los valores por default como se muestra a continuación.

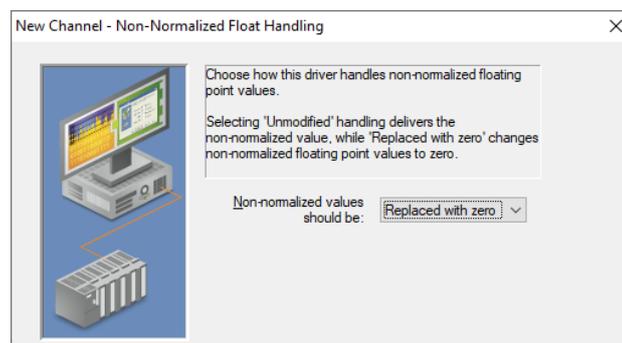


Figura 10.64 Ventana de “Non-Normalized Float Handling”.

61. En la siguiente ventana revisamos que este todo correcto y damos “Finalizar”.

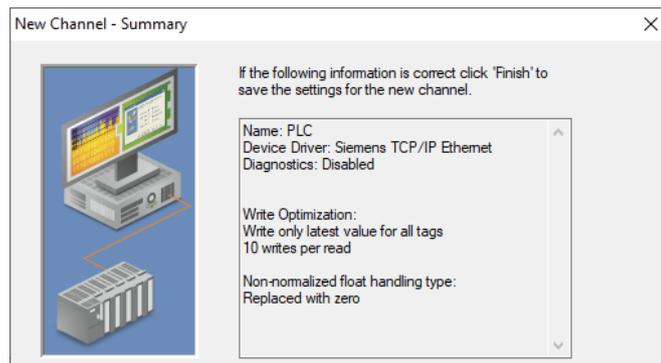


Figura 10.65 Ventana de “Summary”.

62. Una vez finalizado ese proceso, procedemos a dar clic en “Click to add a new device” y nos aparecerá una ventana como la mostrada a continuación.

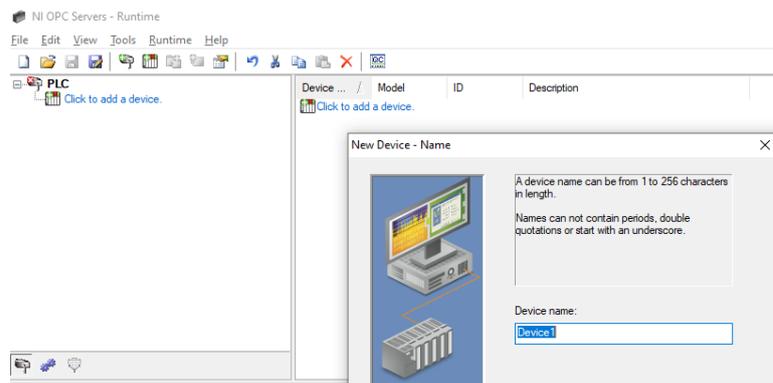


Figura 10.66 Ventana de “Device name”.

63. Le cambiamos el nombre al equipo y escribimos lo siguiente:

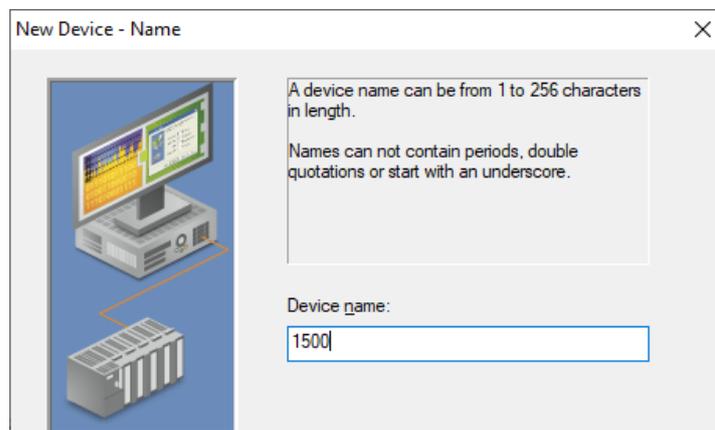


Figura 10.67 Ventana “Device Name”.

64. Al dar siguiente, nos aparece la ventana “Model” y seleccionamos el equipo correspondiente.

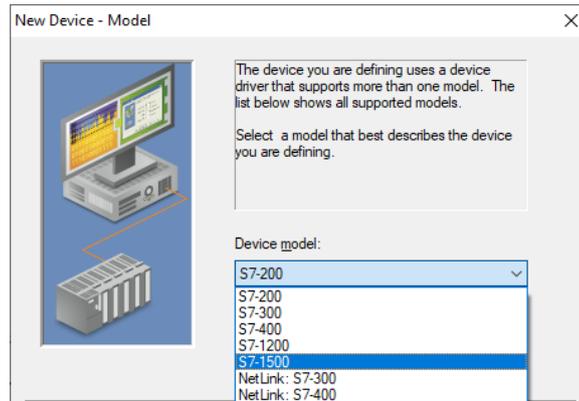


Figura 10.68 Ventana “Device Model”.

65. En la siguiente ventana cambiamos la direccion IP de nuestro PLC-1500

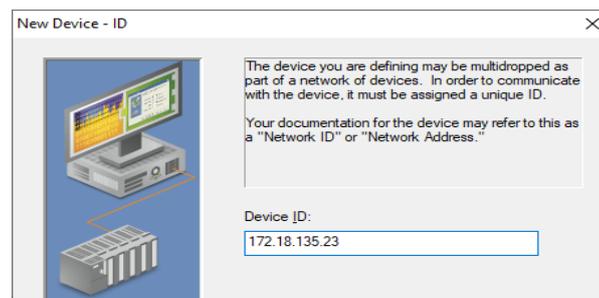


Figura 10.69 Ventana “Device ID”.

66. En la siguiente ventana procedemos a dar continuación con las opciones por default.

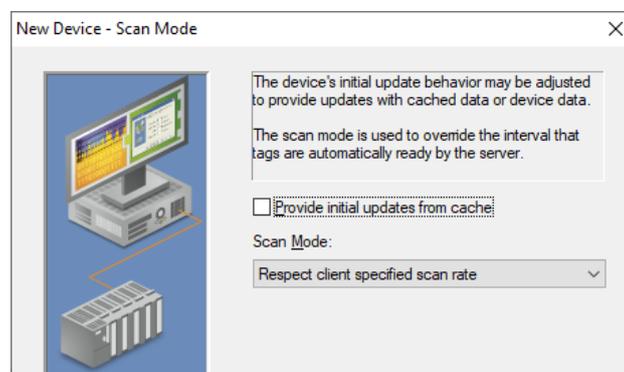


Figura 10.70 Ventana “Scan Mode”.

67. En la ventana siguiente dejamos los valores por default.

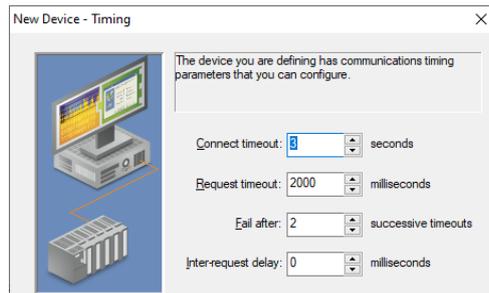


Figura 10.71 Ventana "Timing".

68. En la figura mostrada a continuación, damos clic en siguiente.

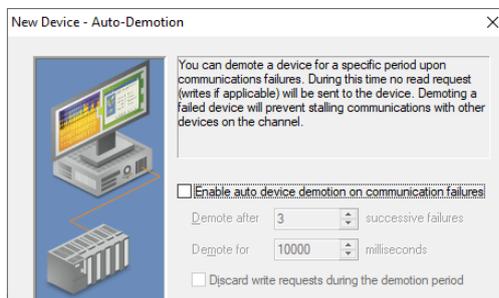


Figura 10.72 Ventana "Auto Demotion".

69. En la figura mostrada a continuación, damos clic en siguiente.

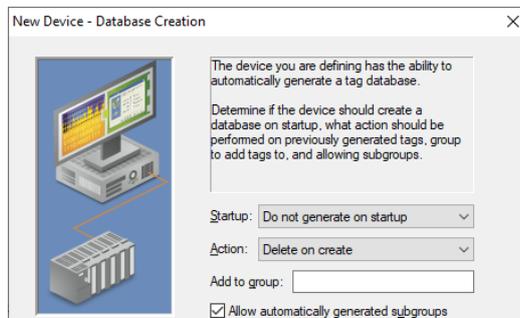


Figura 10.73 Ventana "Database Creation".

70. En la figura mostrada a continuación, se da clic en siguiente.

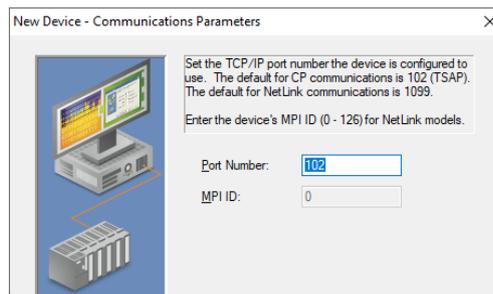


Figura 10.74 Ventana "Communications Parameters".

71. En la figura mostrada a continuación, se da clic en siguiente.

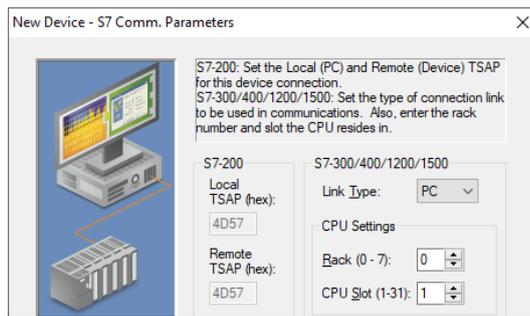


Figura 10.75 Ventana “S7 Com. Parameters”.

72. En la figura mostrada a continuación, damos clic en siguiente.

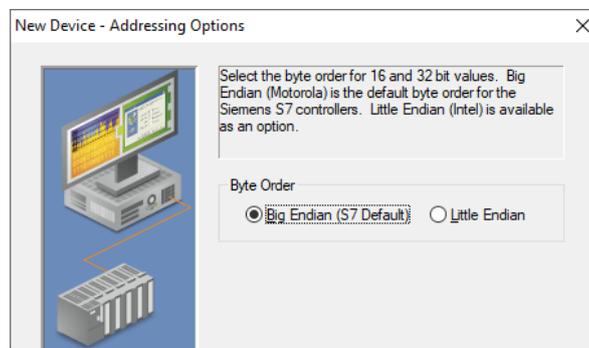


Figura 10.76 Ventana “Addressing Options”.

73. En la figura mostrada a continuación damos clic en “finalizar”.

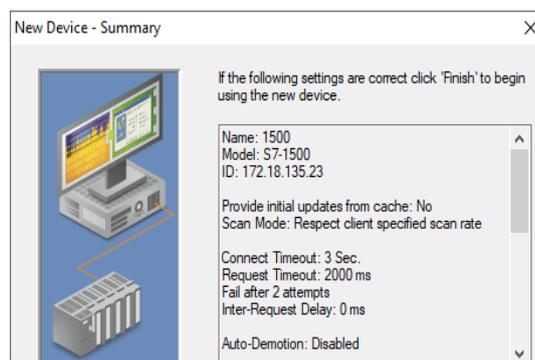


Figura 10.77 Ventana “Summary”.

74. Una vez finalizado te debe salir la ventana como la siguiente.

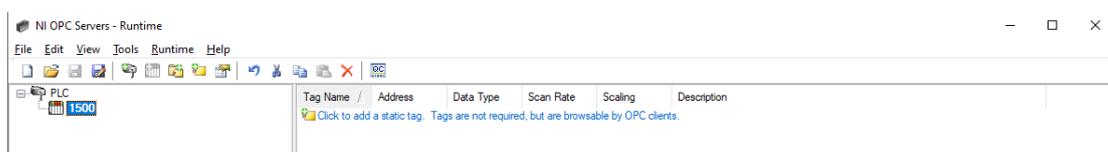


Figura 10.78 Ventana OPC Servers

75. A continuación, procedemos a guardar nuestro archivo dentro de la misma carpeta donde tenemos el programa en Tía Portal. Una vez guardado, damos clic derecho y seleccionamos “New Tag”. Nos va a aparecer una ventana emergente; en la cual, declaramos las variables a utilizar.

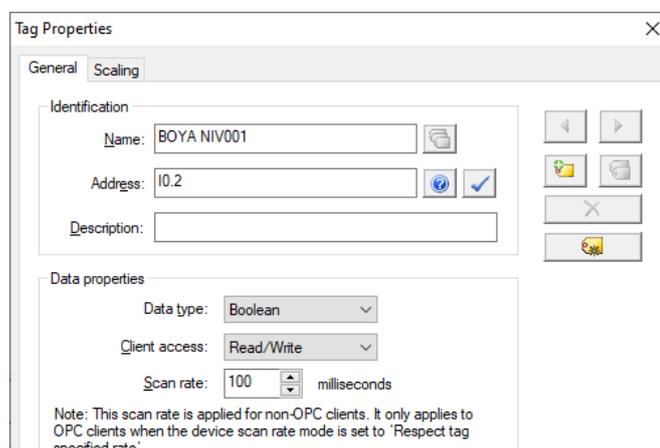


Figura 10.79 Declaración primera variable “BOYA NIV001”.

76. Una vez declarada la variable tendremos la ventana como la siguiente.

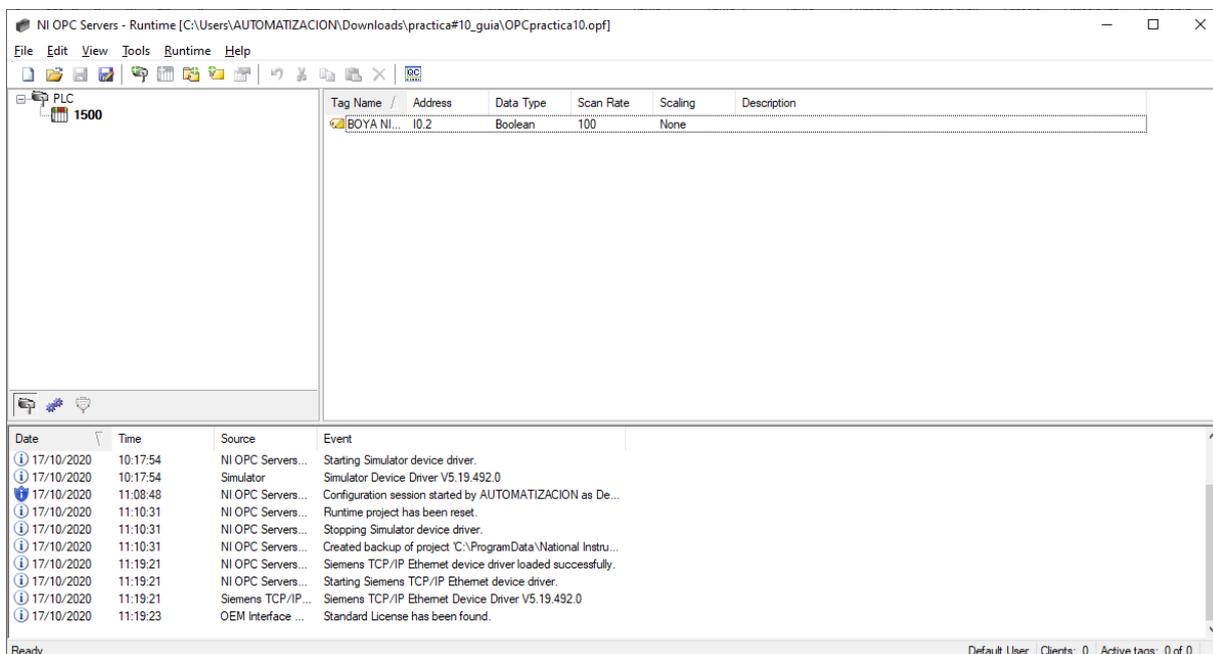


Figura 10.80 OPC Servers con una variable ya declarada

77. Una vez creado el tag, procedemos a crear otro “New Tag” en el cual vamos a declarar otra variable a utilizar.

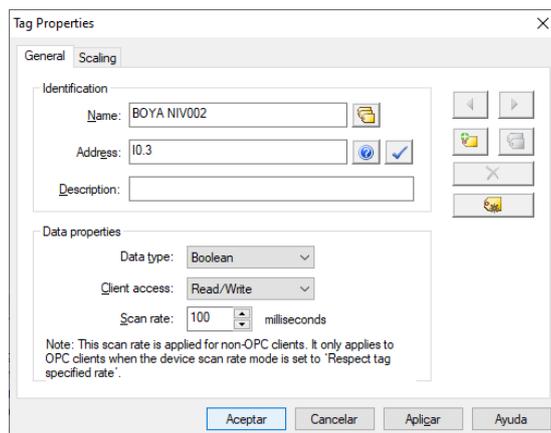


Figura 10.81 Declaración de variable “BOYA NIV002”

78. Continuamos creando otro “New Tag” para la siguiente variable.

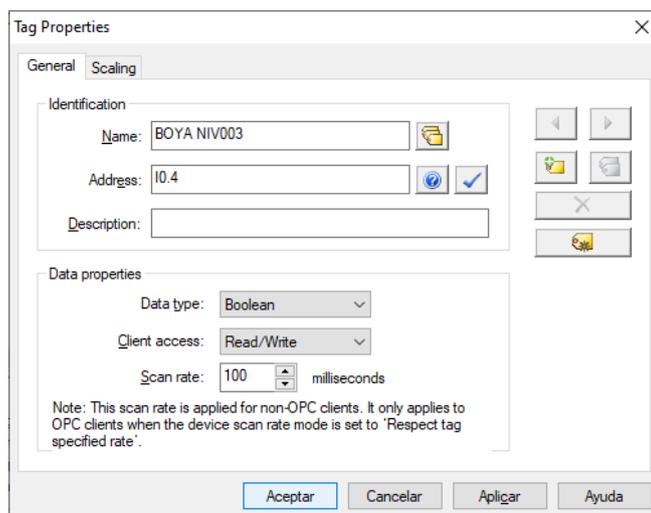


Figura 10.82 Declaración de variable “BOYA NIV003”.

79. Repetimos los últimos pasos para declarar variables hasta completar todas las variables a utilizar.

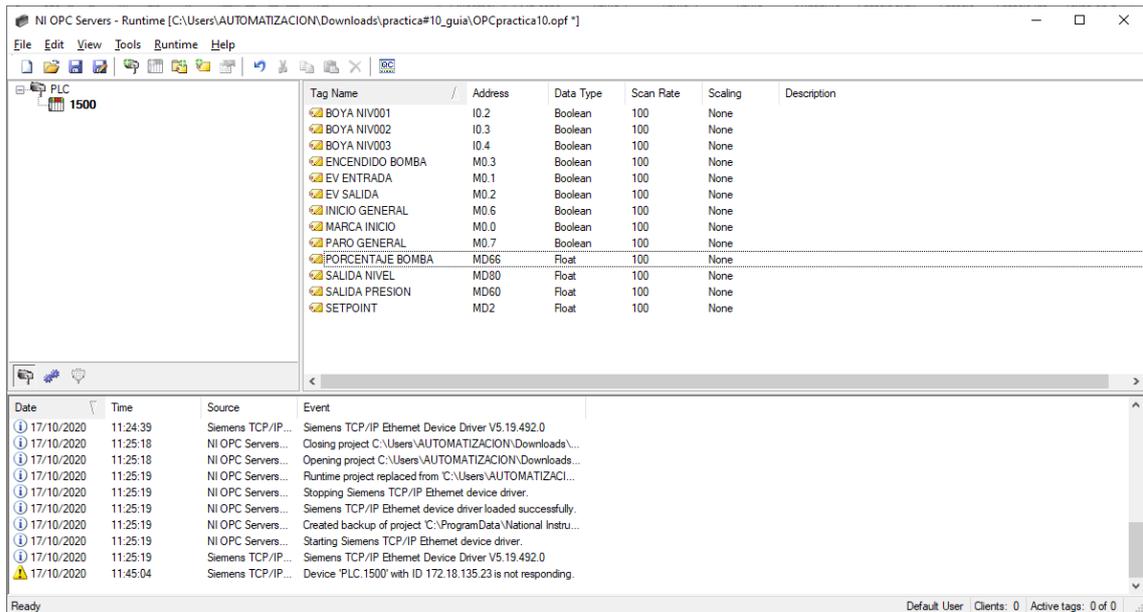


Figura 10.83 Software OPC Servers con todas las variables declaradas

80. Una vez finalizada la comunicación del OPC Servers, procedemos a iniciar la programación de control en el software LabVIEW. Primero ejecutamos LabVIEW(64bits), una vez dentro damos clic en File, New VI. Nos debe aparecer dos ventanas. Una ventana es la “Front Panel” y la otra es “Block Diagram”.

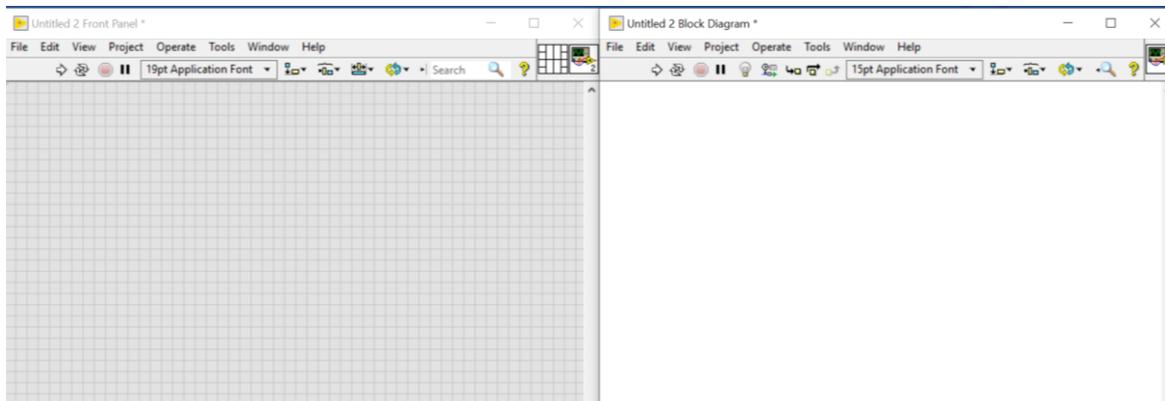


Figura 10.84 Ventanas del software LabVIEW al inicio.

81. Ahora seguimos los siguientes pasos sobre la ventana “Block Diagram”: Clic derecho> Structures> While Loop. En la siguiente figura se muestra la ruta especificada.

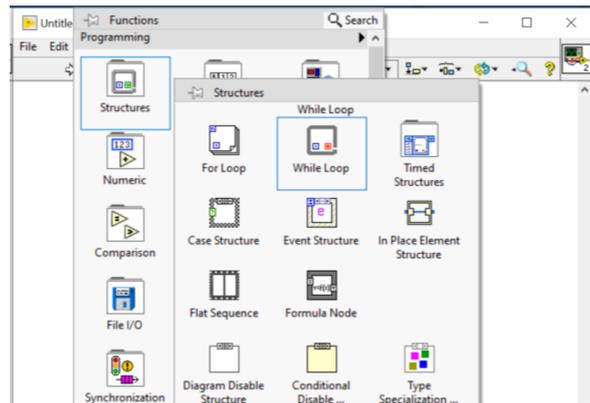


Figura 10.85 Ruta para crear un “While Loop”.

82. Una vez creado, lo asentamos sobre la ventana. Podremos notar que de su lado inferior derecho existe un icono que representa un “Stop” para la estructura. Colocamos el cursor sobre el icono, damos clic derecho y seleccionamos “Create Control”.

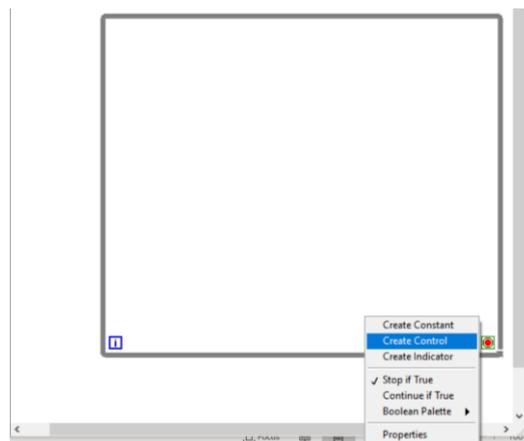


Figura 10.86 Ruta para “Create Control”.

83. Una vez creado, nos debe aparecer de la siguiente manera.

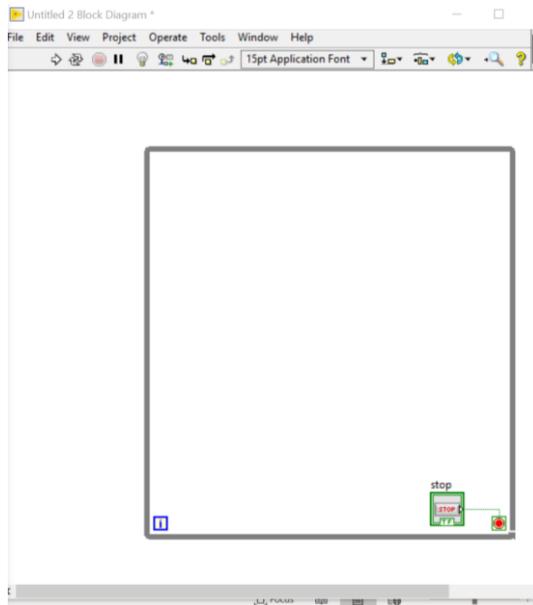


Figura 10.87 “While Loop” en el diagrama de bloques.

84. Para continuar nos dirigimos a la ventana de “Front Panel”. Buscamos dentro de nuestros documentos la imagen raíz en base a nuestra planta y simplemente la arrastramos hacia la ventana.

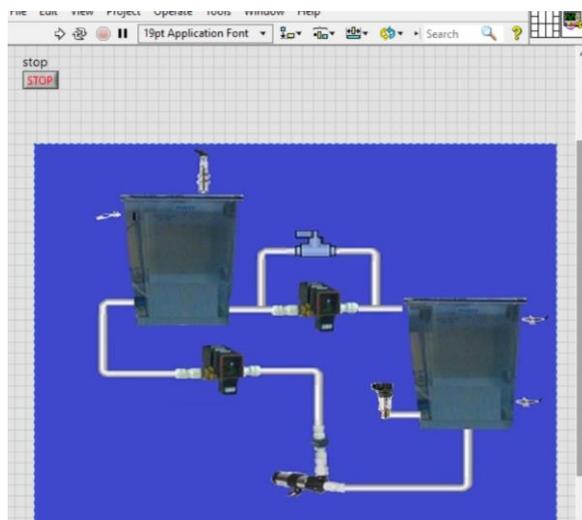


Figura 10.88 ” Ventana “Front Panel” con la imagen de la planta.

85. También tenemos otra imagen que nos sirve para el fondo de nuestro proyecto. Repetimos en paso anterior para insertar la imagen y editamos la vista de la ventana “Front Panel”

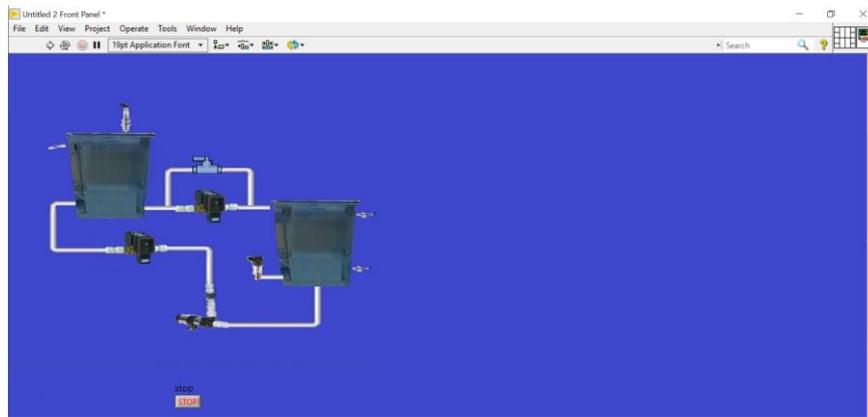


Figura 10.89 Ventana "Front Panel" con fondo arreglado.

86. A continuación, seguimos la ruta especificada: Clic derecho> Decorations> Raised Box. La insertamos en la ventana "Front Panel" y le cambiamos el tamaño de tal manera que cubra la parte superior de nuestro proyecto.

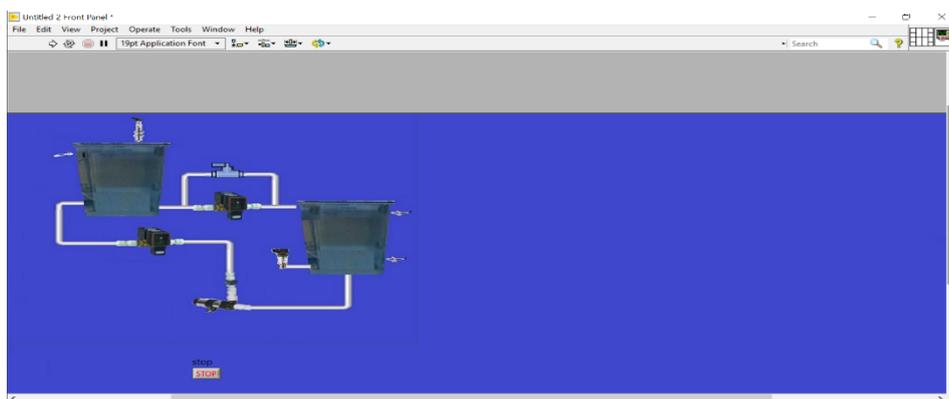


Figura 10.90 Ventana "Front Panel" con "Raised Box" en su parte superior.

87. Hacemos doble clic sobre cualquier lugar de la pantalla para crear un texto. Dentro del recuadro del texto escribimos: "CONTROL DE NIVEL POR LOGICA DIFUSA USANDO OPC CON UN PLC S7-1500".

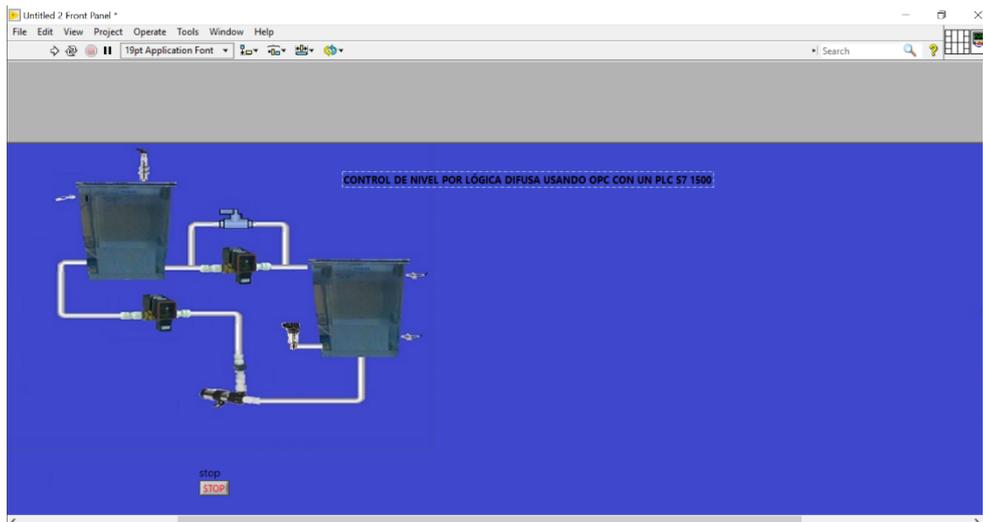


Figura 10.91 Ventana “Front Panel” con el título de la práctica.

88. Seleccionamos todo el texto y seguimos los pasos indicados en la figura 92 para cambiar el tamaño de la letra.

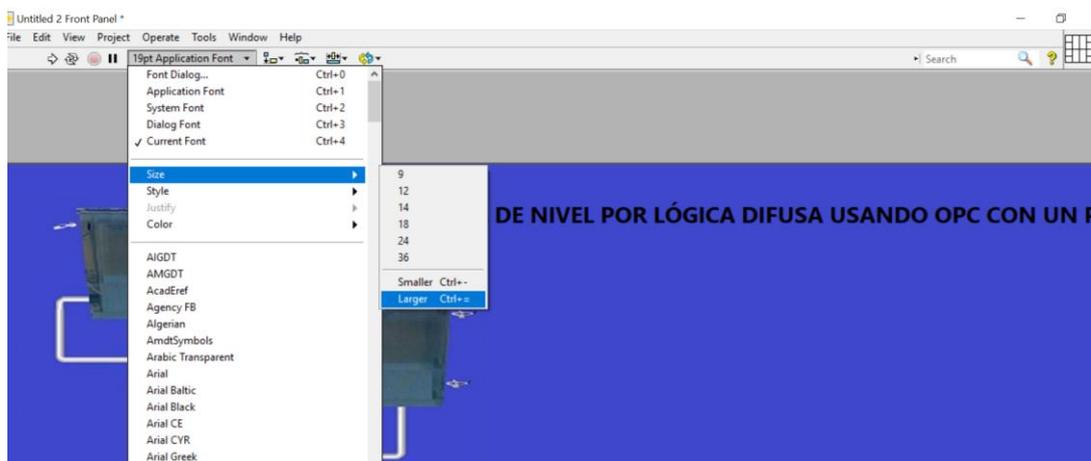


Figura 10.92 Ruta para agrandar el tamaño de la letra.

89. Repetimos el paso anterior hasta llegar a un tamaño de letra de 40pt, cambiamos el tipo de letra a “bold” y colocamos el título centrado en la parte superior de la ventana “Front Panel”.



Figura 10.93 Ventana "Front Panel" con el título de la práctica.

90. A continuación, creamos otro texto en el cual redactaremos el nombre de nuestro tutor encargado. Agrandamos la letra hasta un tamaño de 25pt con letra "bold".



Figura 10.94 Ventana "Front Panel" con el nombre del tutor.

91. A continuación, creamos otro texto en el cual redactaremos los nombres de los autores. Agrandamos la letra hasta un tamaño de 25pt con letra "bold".



Figura 10.95 Ventana "Front Panel" con nombres de los autores.

92. Ahora insertamos el logo de la universidad y lo colocamos en la parte superior.



Figura 10.96 Ventana "Front Panel" con logo añadido.

93. Seguimos la ruta: Clic derecho> Boolean> Round LED. Repetimos este paso hasta tener en total 4 LEDs.



Figura 10.97 Ventana "Front Panel" con los indicadores LED.

94. Ahora, seguimos la ruta: Clic derecho> Boolean> Square LED. Agregamos 2 en total.



Figura 10.98 Ventana "Front Panel".

95. Se coloca el cursor sobre el LED hasta visualizar unos puntos que se utilizan para poder modificar el tamaño de este. Hacemos este proceso para cada uno de los indicadores LED.



Figura 10.99 Ventana “Front Panel”.

96. Seguido de esto, procedemos a mejorar la visualización de los títulos de cada indicador. Le modificamos sus nombres, tipo, color y tamaño de letra y movemos su ubicación para poder leer de manera más fácil.



Figura 10.100 Ventana “Front Panel” con títulos modificados.

97. Seguido de esto, necesitamos crear un objeto siguiendo la siguiente ruta: Clic derecho>Decorations>Horizontal Smooth Box. Una vez creado lo pegamos por debajo del grafico de la planta y agrandamos su tamaño original.

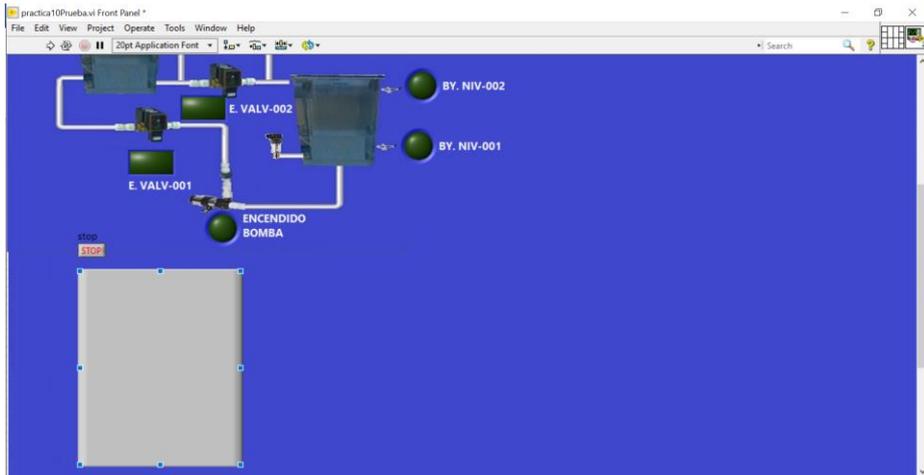


Figura 10.101 Ventana "Front Panel".

98. Clic derecho> Boolean> Push Button, son los pasos para agregar un botón. Agregamos 3 en total y los colocamos dentro del recuadro.

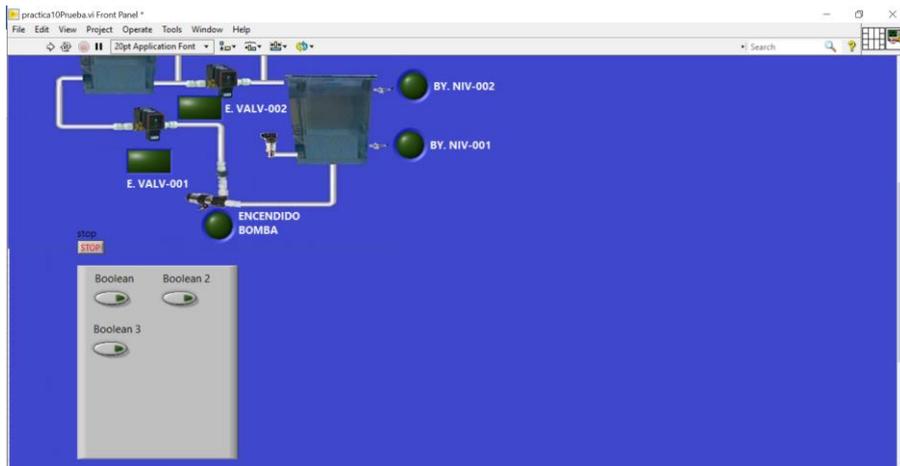


Figura 10.102 Ventana "Front Panel" con booleanos agregados.

99. Clic derecho>Numeric>Numeric Control y lo agregamos dentro del recuadro.

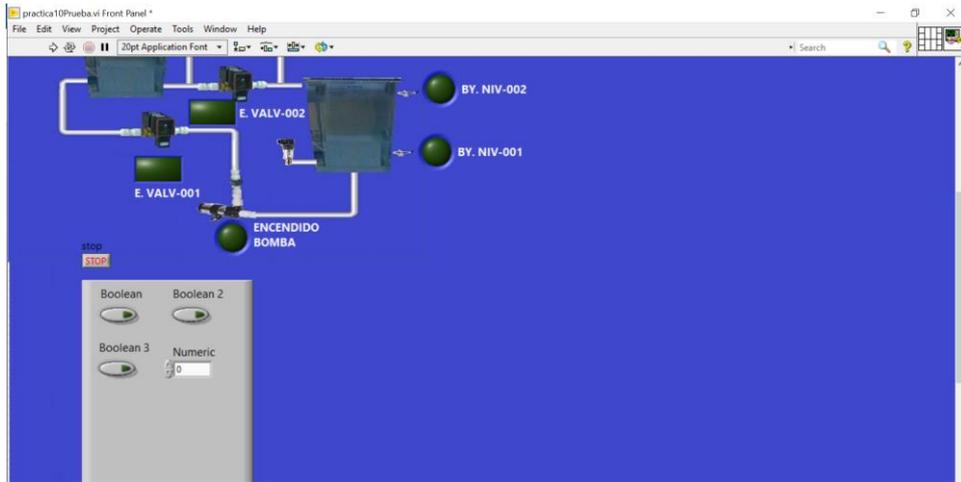


Figura 10.103 Ventana “Front Panel” con “Numeric Control” agregado.

100. Movemos el botón de “STOP” dentro del recuadro. Creamos un “Square Led” y lo colocamos dentro del recuadro. Cambiamos los nombres de los indicadores y controles.

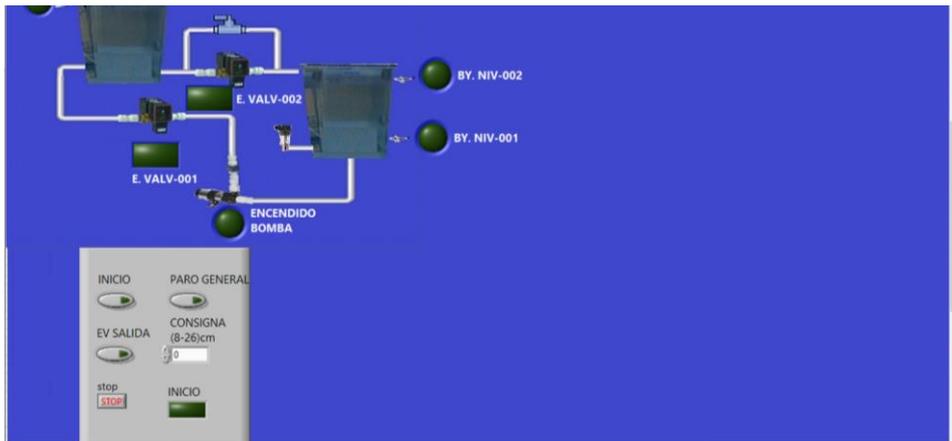


Figura 10.104 Ventana “Front Panel” con nombres actualizados.

101. Agregamos un texto que será el título del recuadro y lo llamaremos “CONTROLES”. Le cambiamos tamaño y tipo de letra.

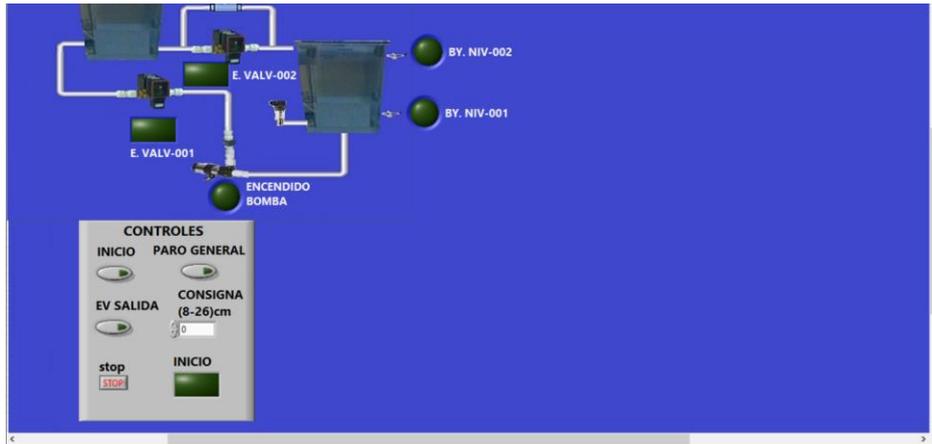


Figura 10.105 Recuadro de “Controles” terminada.

102. Creamos otro recuadro como el usado para “Controles” y lo insertamos a un lado. Creamos un texto “Parámetros de Operación” el cual será el título del recuadro.



Figura 10.106 Recuadro de “Parámetros Operación” creado.

103. Seguimos la ruta: Clic derecho>Numeric>Meter. Agregamos el “Meter” y le cambiamos el nombre por: Voltaje Bomba DC”.

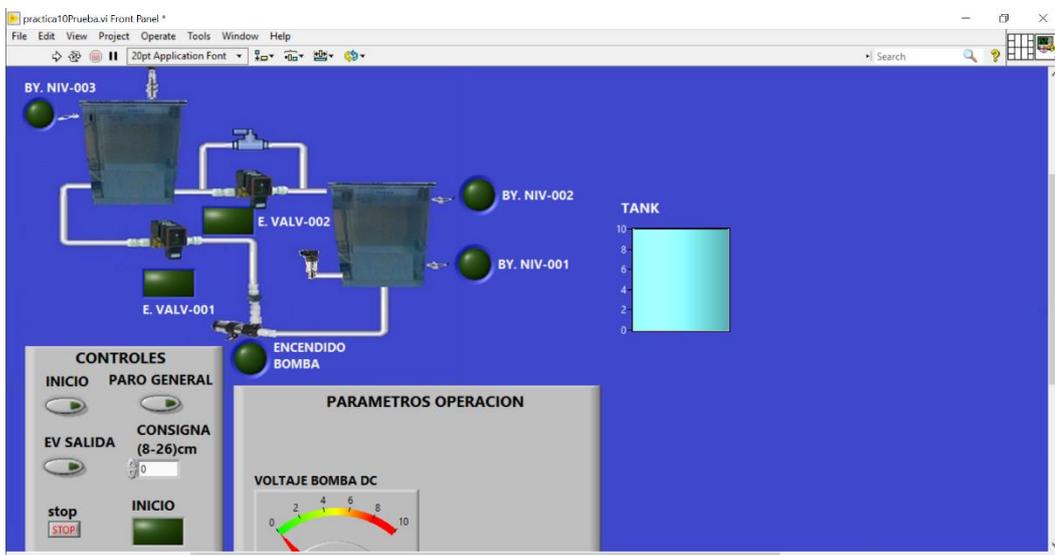


Figura 10.107 Ventana "Front Panel".

104. A continuación, agregaremos los tanques y seguiremos la ruta especificada.

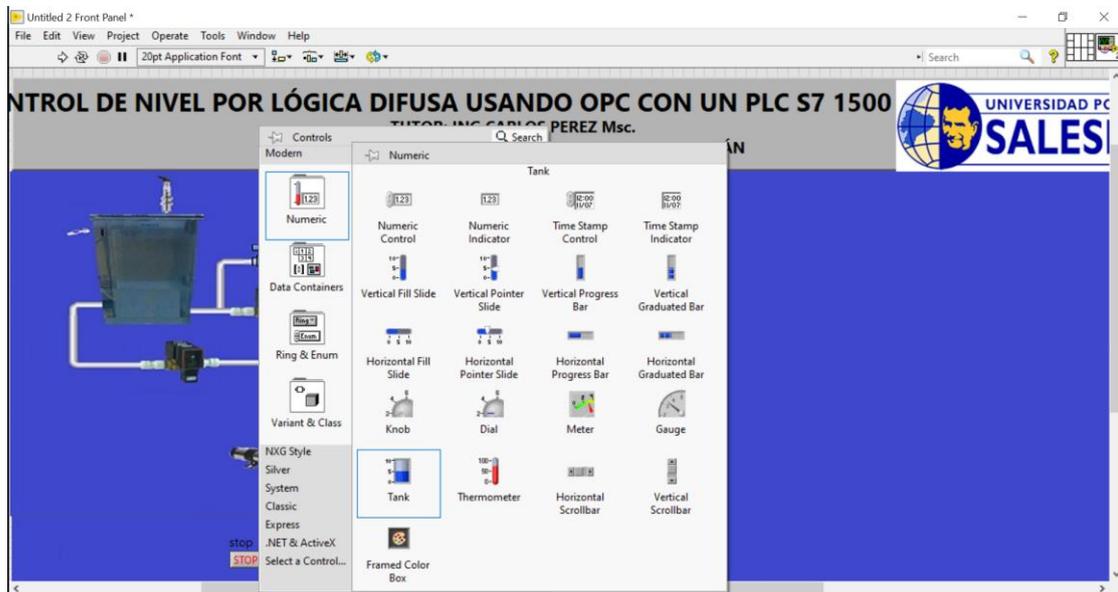


Figura 10.108 Ruta para insertar un "Tank".

105. Una vez insertado, nos dirigimos a View>Tools Palette. Nos debe aparecer la paleta.

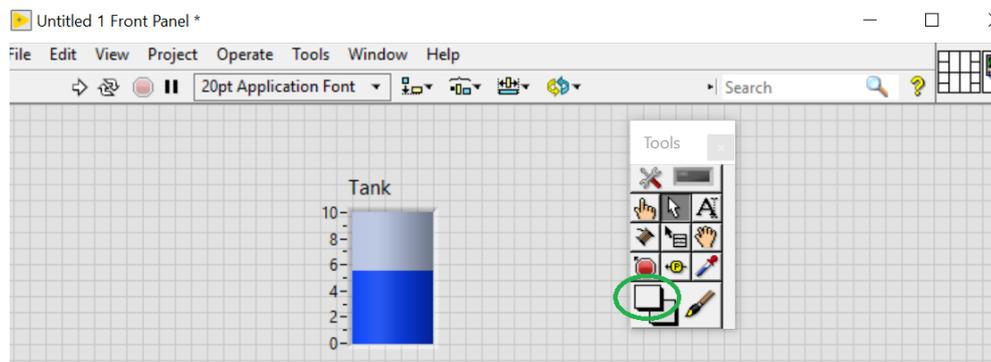


Figura 10.109 Tools Pallette.

106. Hacemos clic sobre el primer cuadro del pincel, como se muestra en la figura anterior y nos debe aparecer una ventana para elegir un color.

Seleccionamos la opción "T".

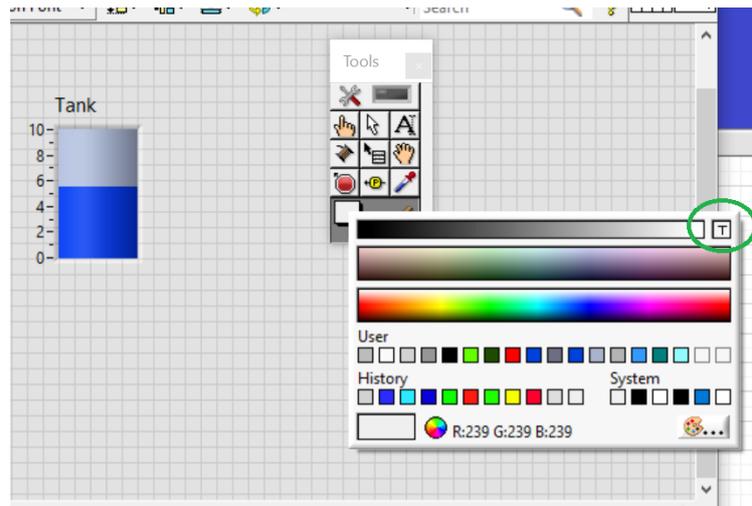


Figura 10.110 Tools Pallette, selección de color "T".

107. Una vez seleccionado, situamos el pincel sobre el "Tank" y le damos un clic para aplicar el cambio al gráfico.

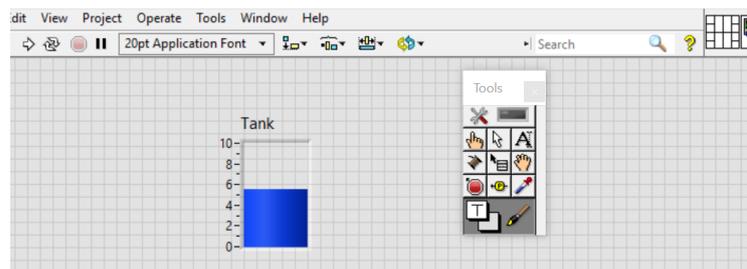


Figura 10.111 "Tank" con fondo transparente.

108. Como siguiente paso, le cambiamos el título al "Tank" por "Tanque 1", le cambiamos la letra a color blanco, tipo "bold" con un tamaño de 20pt y lo colocamos encima del tanque 1.



Figura 10.112 Ventana “Front Panel” con un tanque.

109. Cambiamos la escala del tanque ingresando a sus propiedades. Los pasos son: Clic derecho> Properties. Una vez dentro nos dirigimos a la pestaña “Scale”.

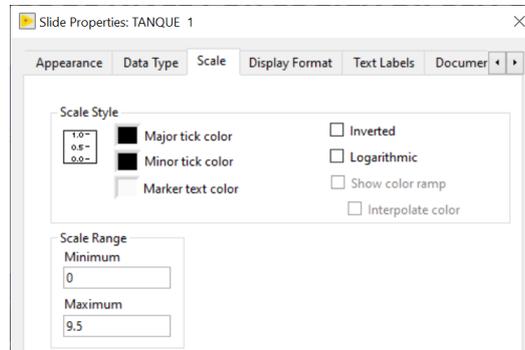


Figura 10.113 Escala para “TANQUE 1”

110. Creamos otro “Tank”, repetimos los pasos anteriores para colocar fondo transparente, cambiamos tamaño y tipo de letra y lo colocamos sobre el grafico.

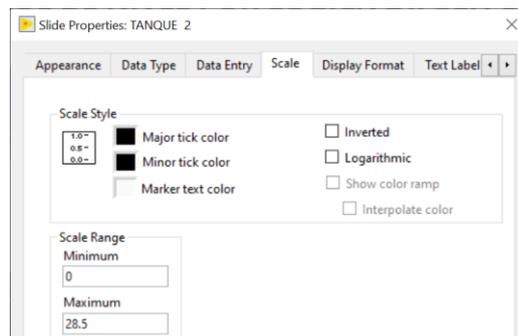


Figura 10.114 Escala para “TANQUE 2”

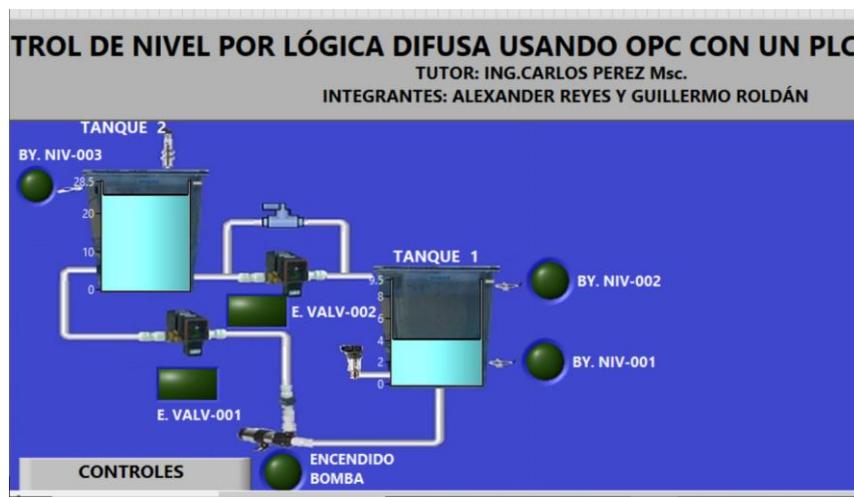


Figura 10.115 Ventana “Front Panel” con dos tanques agregados.

111. Sobre cada tanque repetimos: Clic derecho>Visible Items>Digital Display.

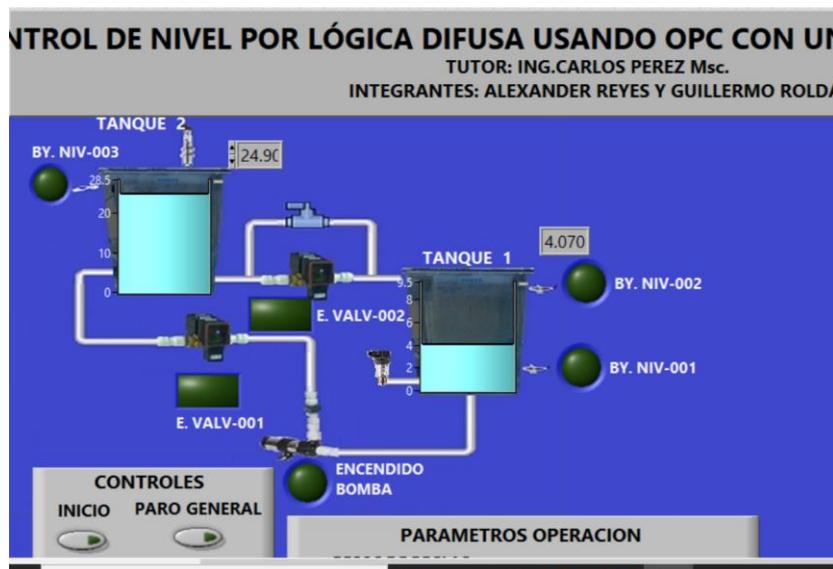


Figura 10.116 Ventana "Front Panel" con Digital Display.

112. Agregamos dos textos para representar las unidades de cada tanque.

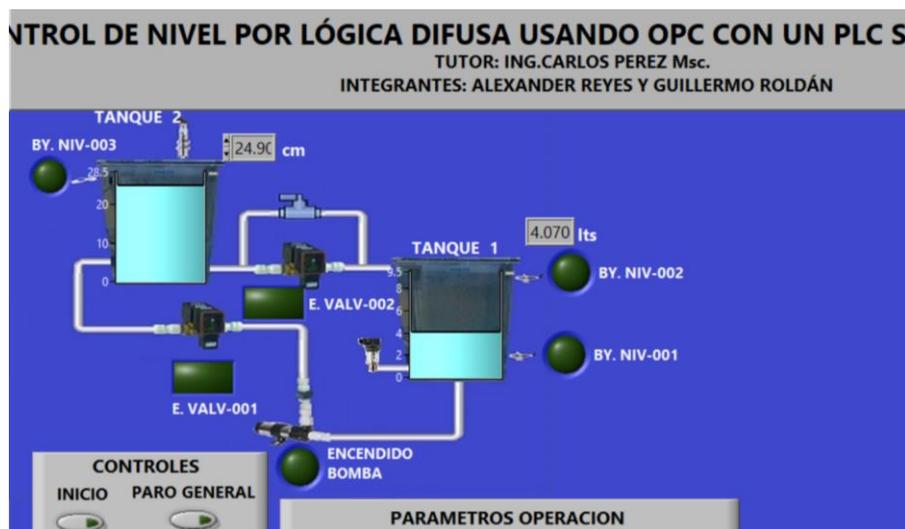


Figura 10.117 Ventana "Front Panel" con tanques agregados.

113. A continuación, agregaremos una herramienta para poder graficar los resultados. Clic derecho>Graph>Waveform Chart. Lo insertamos del lado derecho. Seguido de esto, se cambian las propiedades del gráfico.

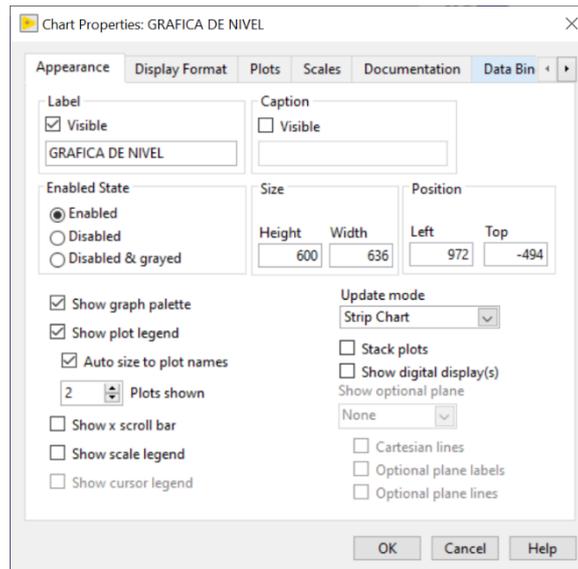


Figura 10.118 Propiedades "Waveform Chart": Appearance.

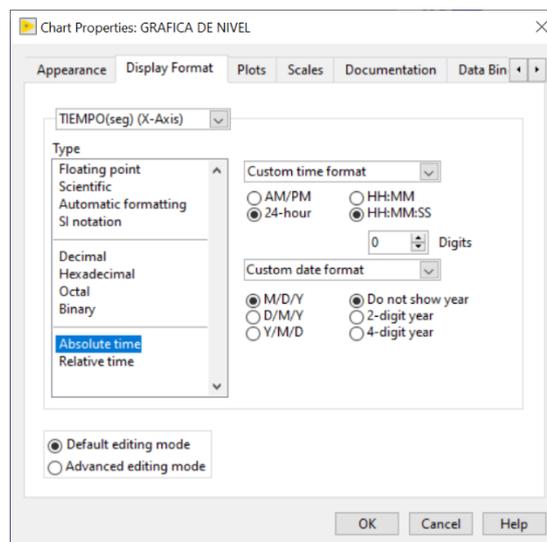


Figura 10.119 Propiedades "Waveform Chart": Display Format

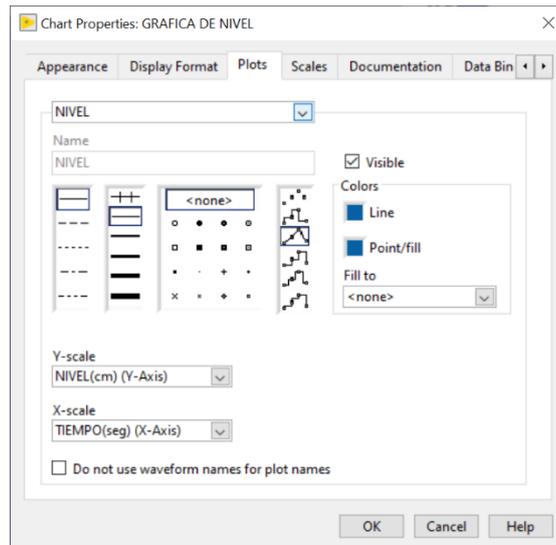


Figura 10.120 Propiedades “Waveform Chart”: Plots.

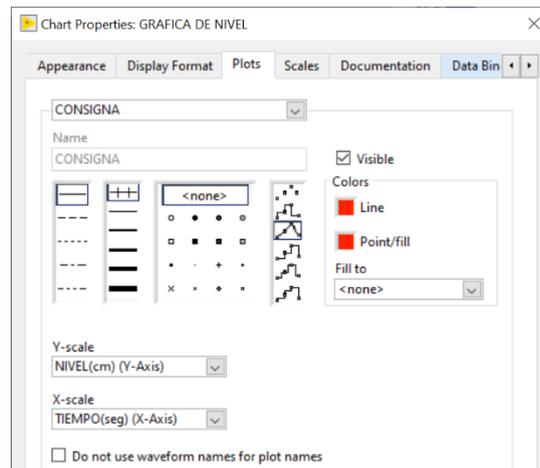


Figura 10.121 Propiedades “Waveform Chart”: Plots.

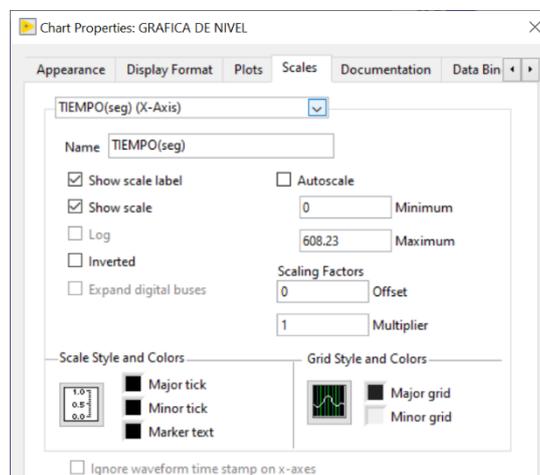


Figura 10.122 Propiedades “Waveform Chart”: Scales.

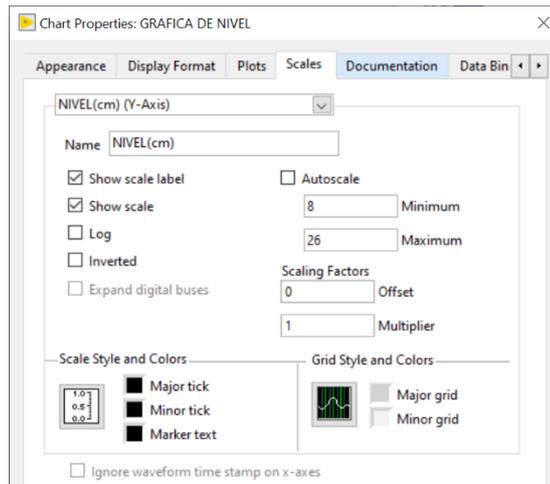


Figura 10.123 Propiedades “Waveform Chart”: Scales.

114. Una vez finalizado, damos clic en “OK”. Luego cambiamos el tamaño de las letras a 24pt y colocamos letra tipo “bold”.

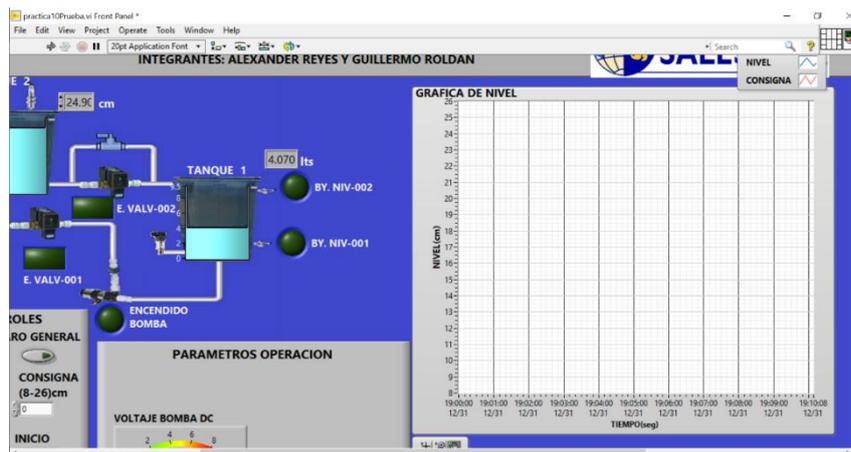


Figura 10.124 Ventana “Front Panel”.

115. Seguido de esto, iniciaremos la comunicación con el OPC Servers. A continuación, se muestran las propiedades de “Data Binding” de cada señal a ser leída.

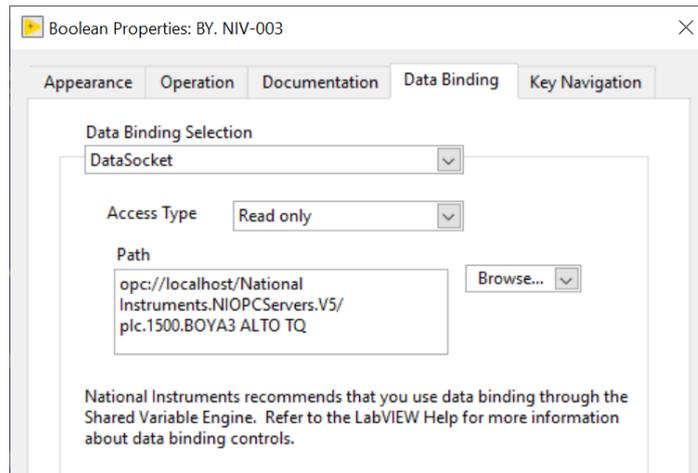


Figura 10.125 Data Binding BY. NIV-003.

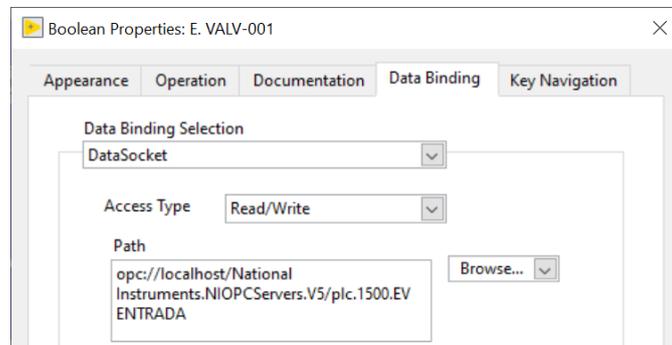


Figura 10.126 Data Binding EV ENTRADA.

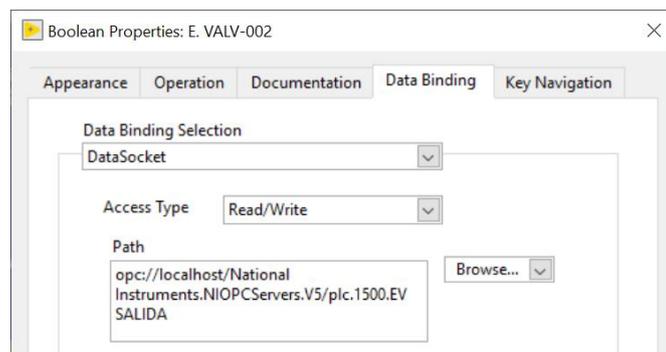


Figura 10.127 Data Binding EV SALIDA.

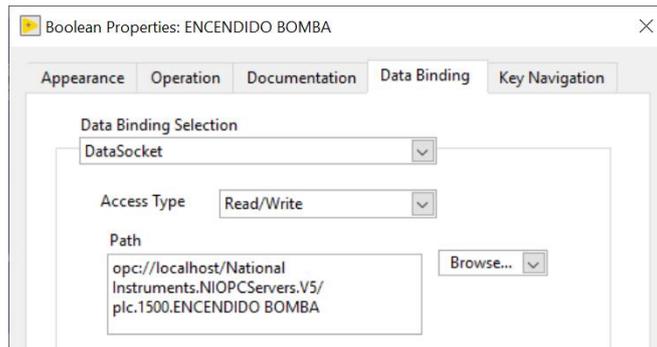


Figura 10.128 Data Binding ENCENDIDO BOMBA.

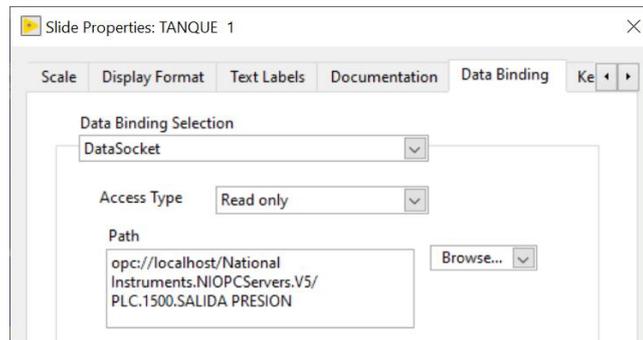


Figura 10.129 Data Binding SALIDA PRESION.

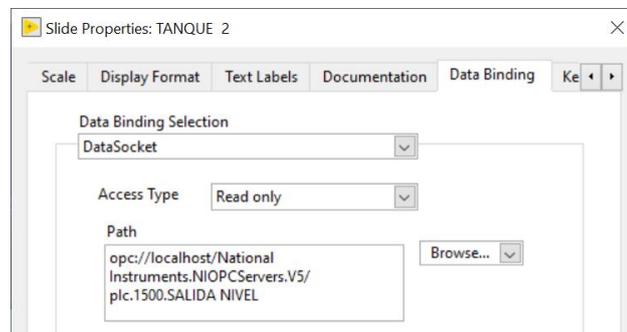


Figura 10.130 Data Binding SALIDA NIVEL.

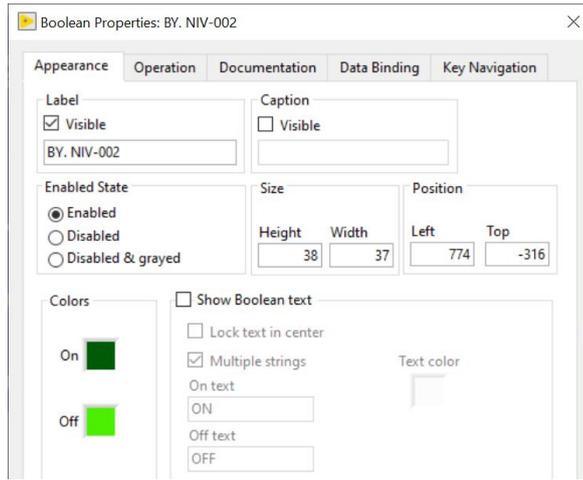


Figura 10.131 Appearance BY. NIV-002.

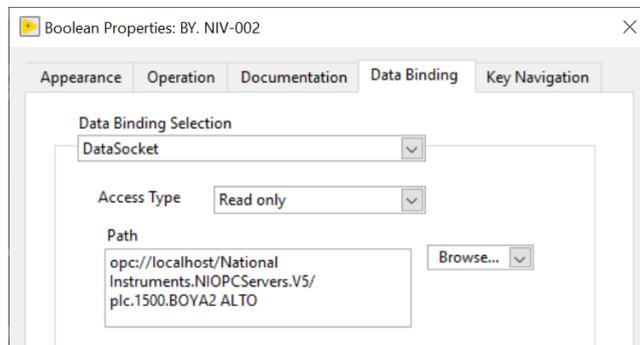


Figura 10.132 Data Binding BY. NIV-002.

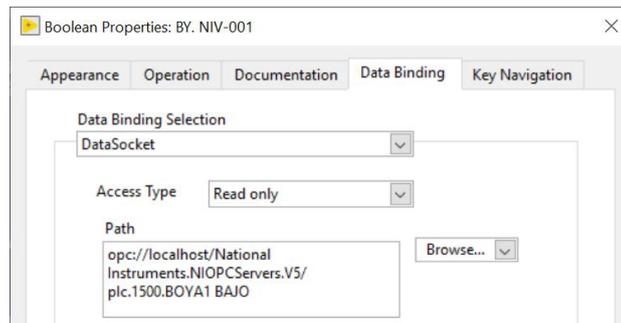


Figura 10.133 Data Binding BY. NIV-001.

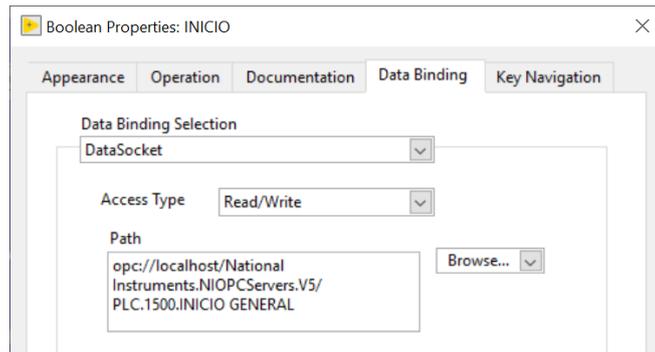


Figura 10.134 Data Binding INICIO GENERAL.

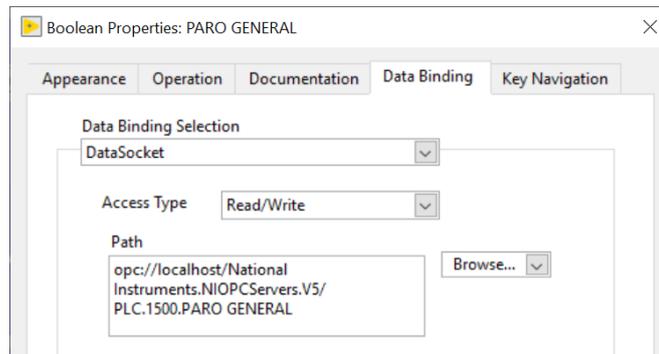


Figura 10.135 Data Binding PARO GENERAL

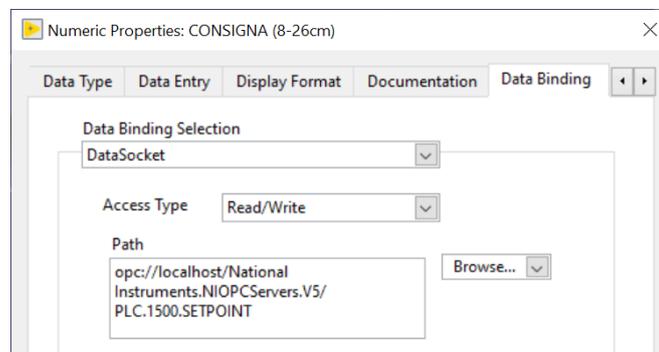


Figura 10.136 Data Binding CONSIGNA

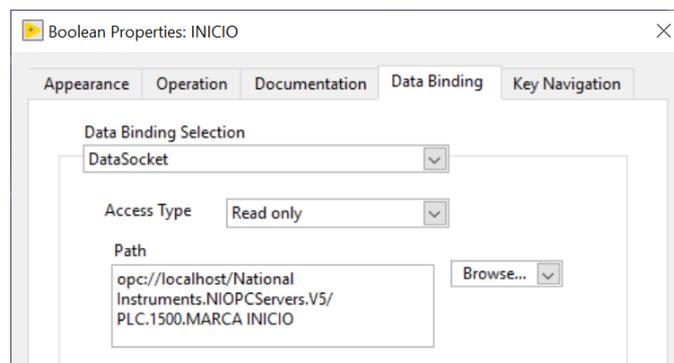


Figura 10.137 Data Binding MARCA INICIO

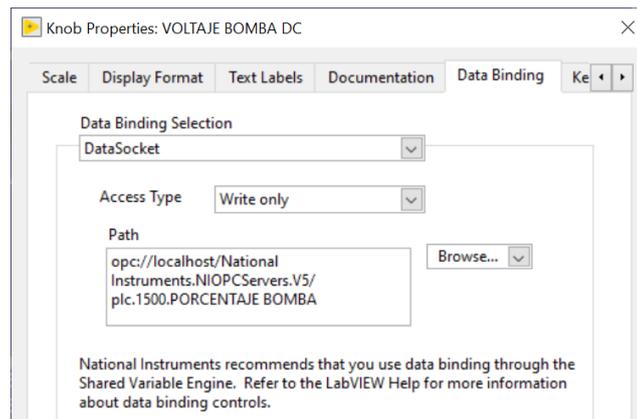


Figura 10.138 Data Binding PORCENTAJE BOMBA

116. Una vez finalizado deberíamos tener nuestra pantalla de la siguiente manera.

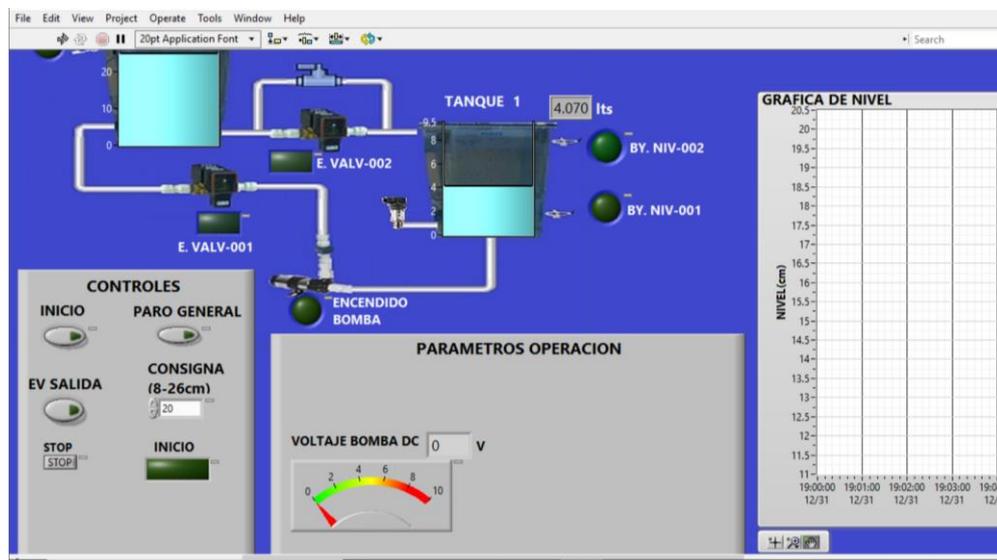


Figura 10.139 Ventana "Front Panel".

117. Clic derecho>Numeric>Numeric Indicator, para agregar un visualizador numérico. Le cambiamos el nombre a "ERROR".

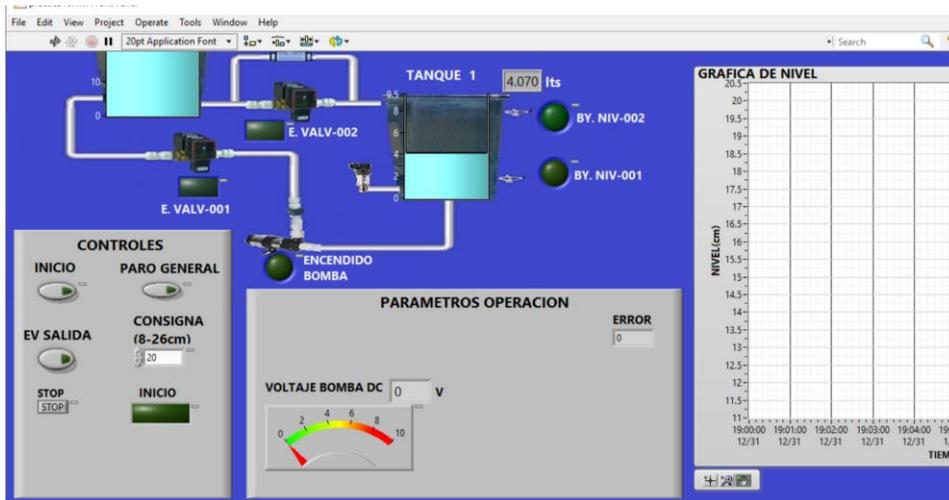


Figura 10.140 Ventana "Front Panel".

118. Click derecho>String & Path>String Indicator. Agregamos 6 en total, las ordenamos una encima de la otra e insertamos un texto que titule "ALARMAS"

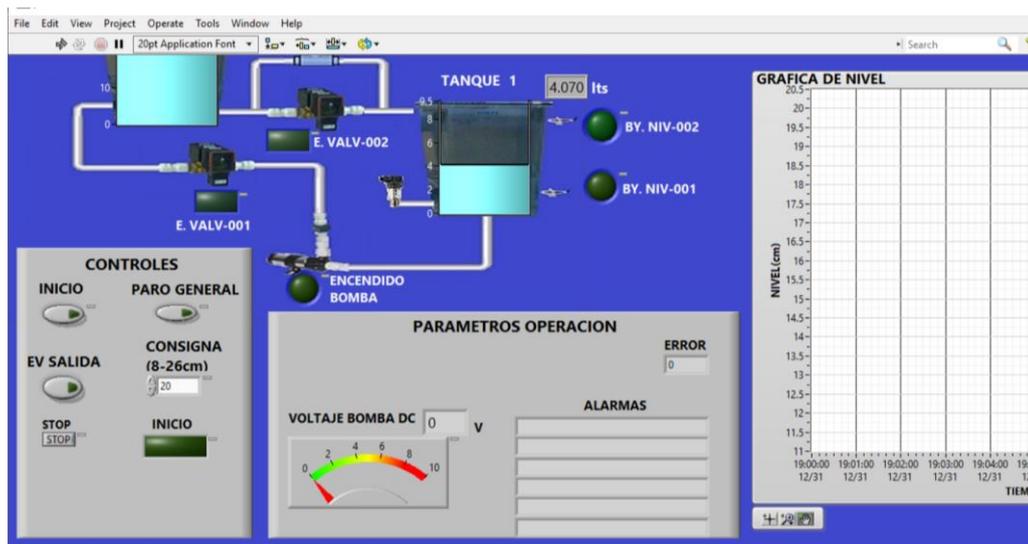


Figura 10.141 Ventana "Front Panel".

119. Una vez finalizada esa parte, nos dirigimos a la ventana "Block Diagram" para continuar con la programación.

120. Dentro de la ventana "Block Diagram", movemos todos los elementos dentro del "While Loop" creado anteriormente.

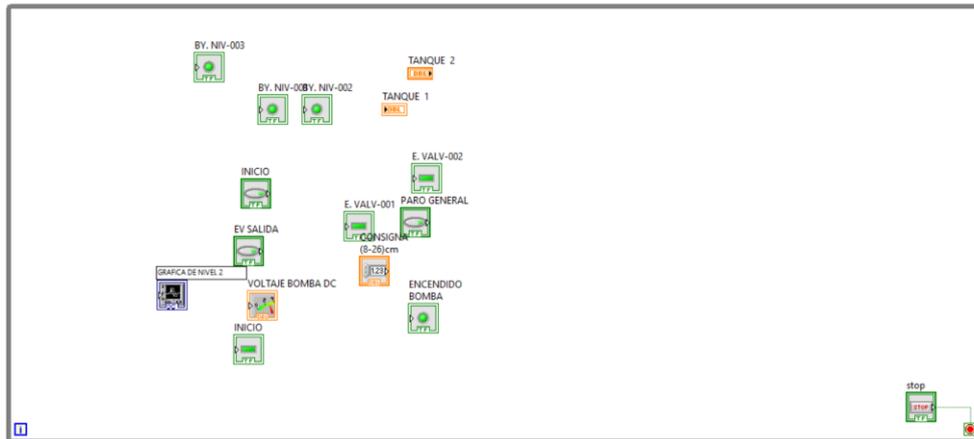


Figura 10.142 Ventana "Block Diagram".

121. Ordenamos los elementos del lado izquierdo de la ventana. Creamos una nueva estructura. Hacemos clic derecho> Structures> Case Structure.

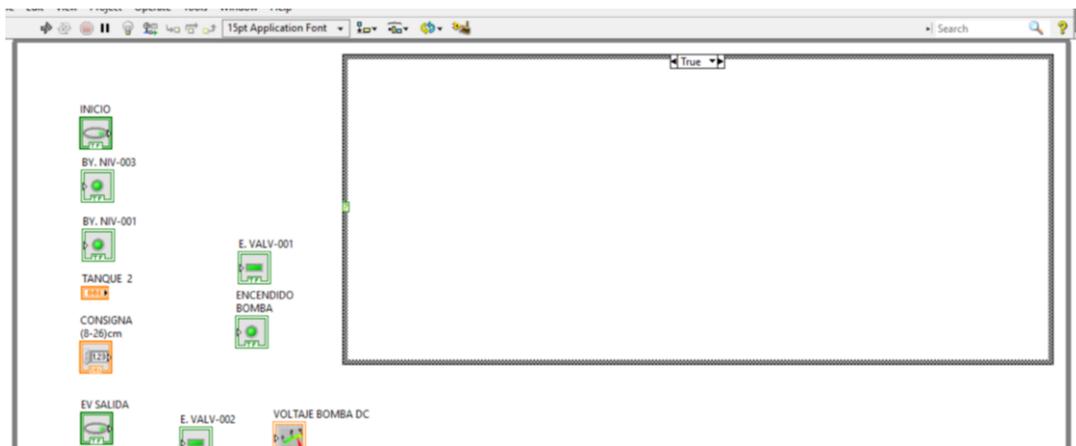


Figura 10.143 Ventana "Block Diagram" con "Case Structure".

122. Click derecho>Boolean>Compound Arithmetic. Lo insertamos y colocamos el cursor en su parte inferior y arrastramos hasta que se haga de 5 entradas.

123. Nos colocamos en el icono de "BY. NIV-003" y le damos clic derecho>Change to control. Ahora insertamos un "not" con la ruta: Clic derecho> Boolean> Not. Ahora cableamos la "BY. NIV-003" al "not" y después al "Compound Arithmetic". El booleano de "INICIO" también cableamos.

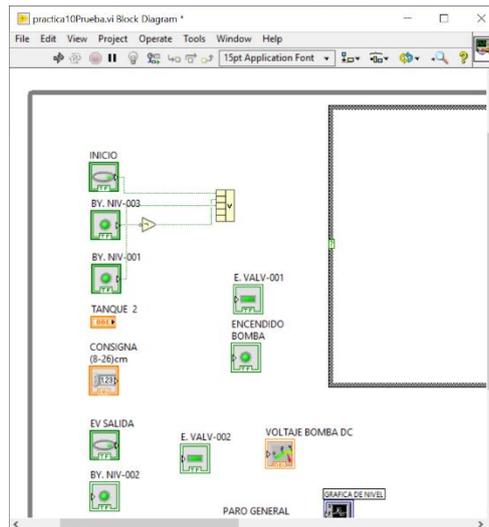


Figura 10.144 Cableado “Compound Arithmetic”.

124. A continuación, creamos un comparador “Less” y le creamos una constante.

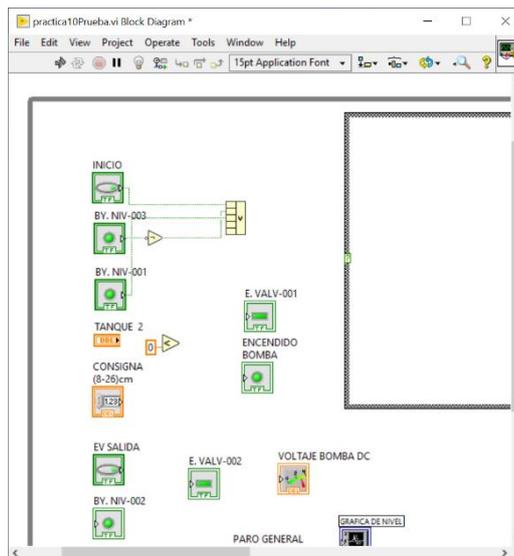


Figura 10.145 Comparador “Less”.

125. Creamos las condiciones para la consigna y para el “TANQUE 2”

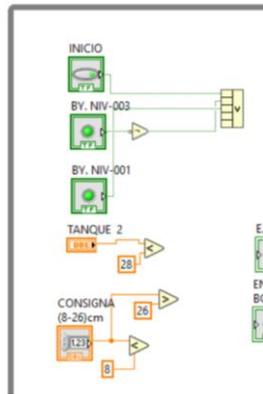


Figura 10.146 Condiciones de consigna y nivel de tanque.

126. Procedemos a cambiar el modo del elemento “Compound Arithmetic” de “OR” a “AND”. Terminamos de cablear las entradas.

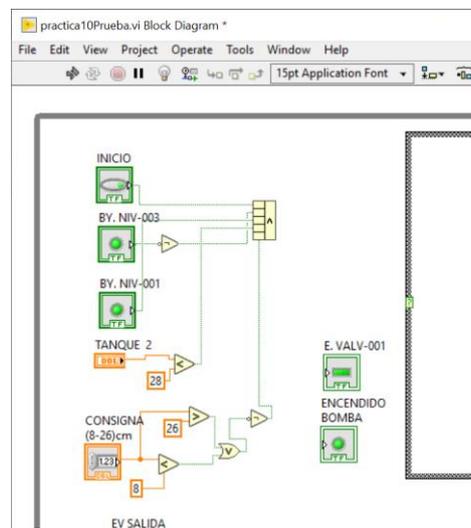


Figura 10.147 Condiciones de inicio cableadas.

127. Ahora en cada elemento, hacemos clic derecho > View as Icon, para disminuir el tamaño de los elementos y tener más espacio.

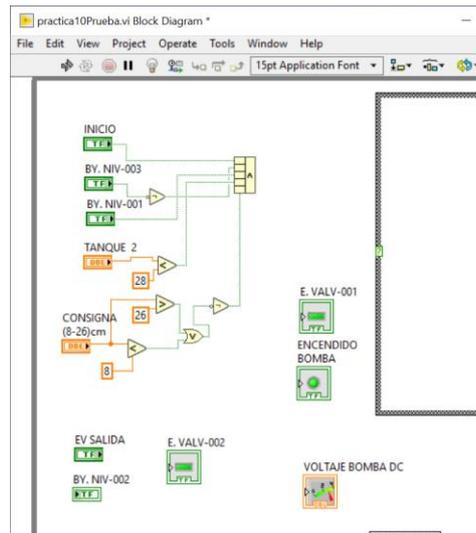


Figura 10.148 Elementos cambiados a iconos.

128. Con el elemento “BY. NIV-002” hacemos lo siguiente: Clic derecho>Change to Control. Ahora creamos un boolean “AND” y de entrada tendremos la “EV SALIDA” con la “BY. NIV-002”, y la salida la conectamos a “E. VALV-002”.

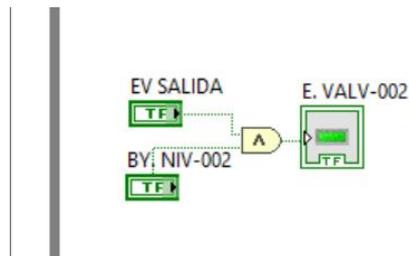


Figura 10.149 Condición de apagado de “EV SALIDA”.

129. Para agregar un texto hacemos doble clic sobre el lugar donde lo queremos insertar y empezamos a escribir los encabezados de cada grupo de elementos.

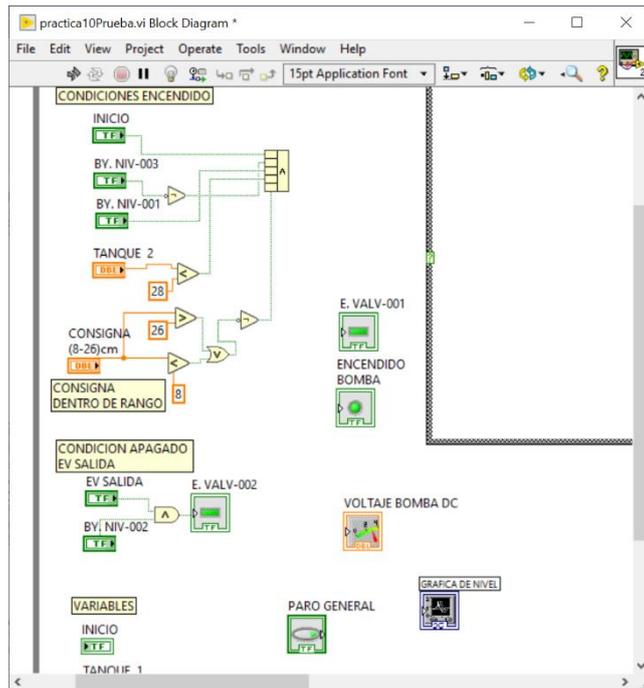


Figura 10.150 Encabezados.

130. Tenemos los "Strings" del 1-5 por lo cual le vamos a cambiar los nombres.

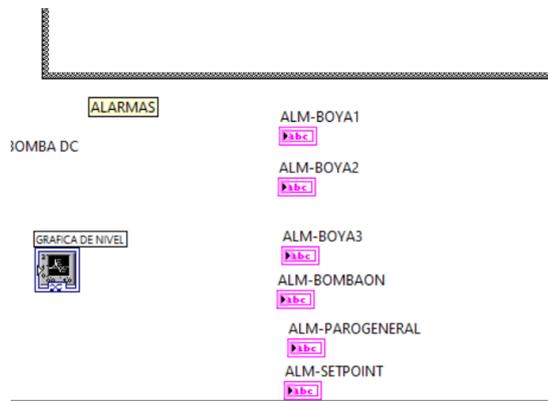


Figura 10.151 Cambio de nombre en variables tipo string.

131. Seguimos la ruta: Clic derecho>Structures>Case Structure. Agregamos 6 en total y los ordenamos uno encima del otro.

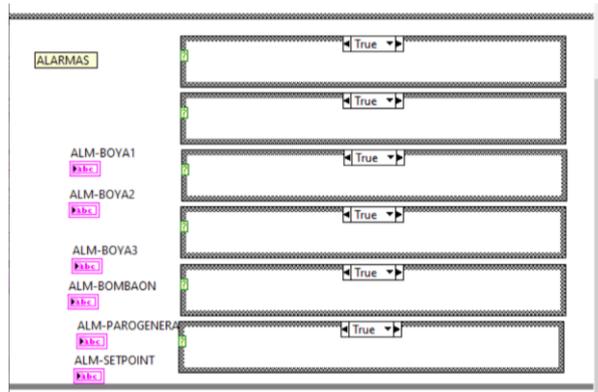


Figura 10.152 “Case Structures” para alarmas.

132. A continuación: Clic derecho> Structures> Local Variable, seleccionamos la variable “BY. NIV-002”. Cambiamos la variable a modo lectura con clic derecho>Change to Read, sobre la variable “BY. NIV-002”. Una vez hecho eso entramos en clic derecho>boolean>not y lo insertamos. Unimos la variable con el primer Case Structure como se muestra en la figura a continuación.

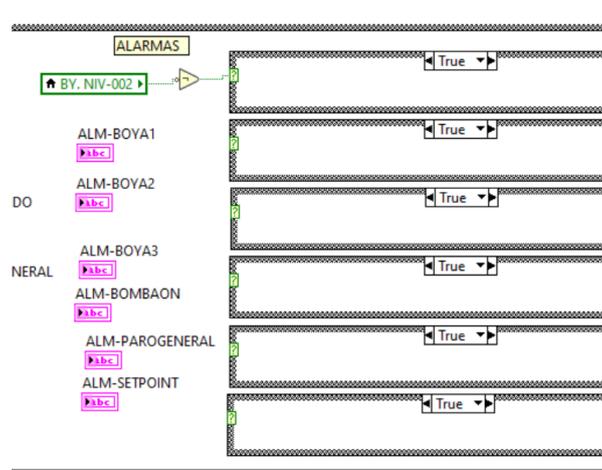


Figura 10.153 Habilitación primera alarma.

133. Ahora creamos un “String Constant” y le escribimos la primera alarma “TANQUE 1 BOYA NIVEL ALTO ACTIVADA” y la cableamos a la variable “ALM-BOYA2” tal como se muestra a continuación.

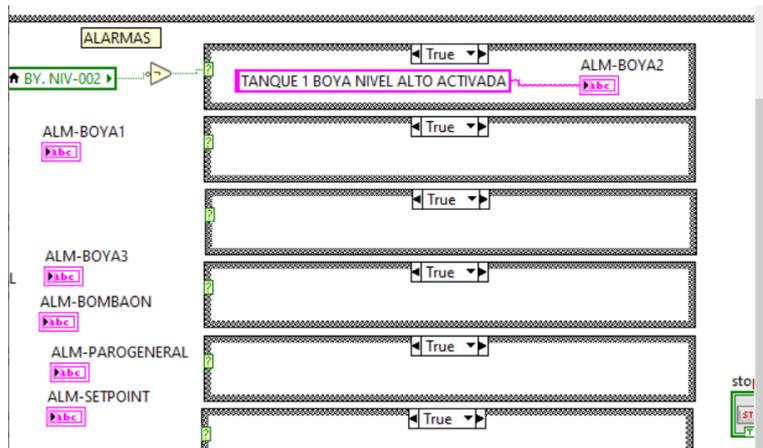


Figura 10.154 Case “true” de la primera alarma cableada.

134. A continuación, cambiamos el “Case Structure” a modo “False” usando las flechas que se encuentran en la parte superior del Structure y agregamos otro “String Constant” pero ahora le asignamos vacío a la variable “ALM-BOYA2” como se muestra a continuación.

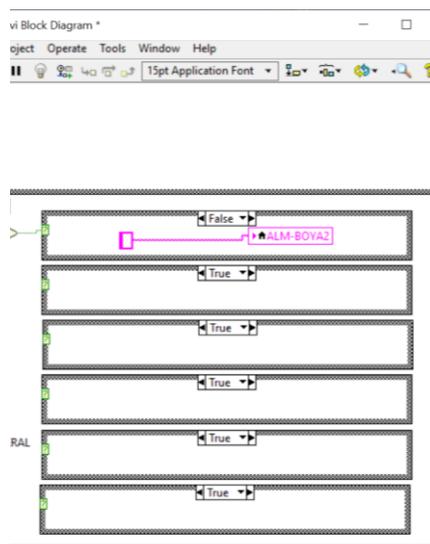


Figura 10.155 Case “false” de la primera alarma cableada

135. Repetimos los pasos de la primera alarma para cablear la que sigue. A continuación, se muestra la siguiente alarma.

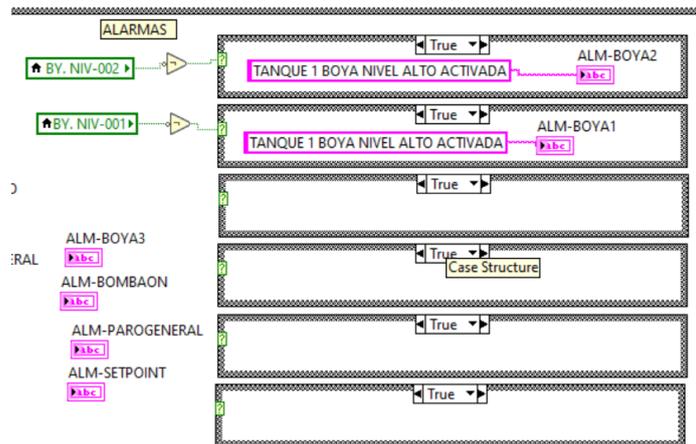


Figura 10.156 Case “true” de la segunda alarma cableada.

136. Ahora repetimos los pasos para el case “false”

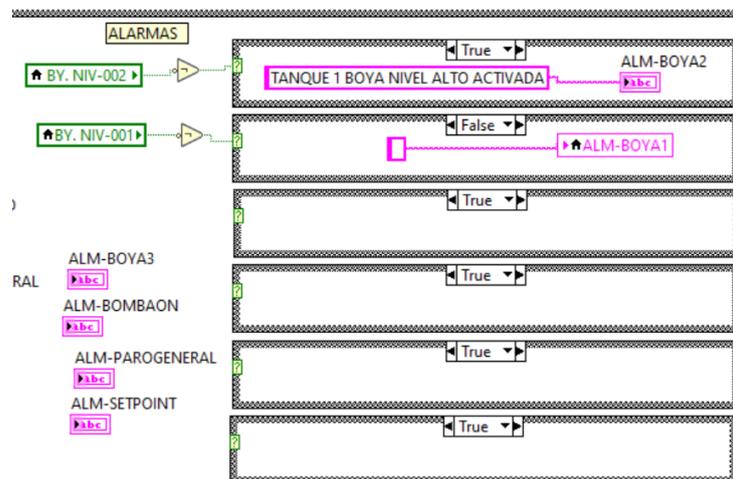


Figura 10.157 Case “false” de la segunda alarma cableada.

137. Lo mismo hacemos con todas las demás alarmas. Para la habilitación de la alarma de consigna, cableamos la señal de salida de la condición “Consigna fuera de rango”. El resultado de todas las alarmas cuando sean verdaderas.

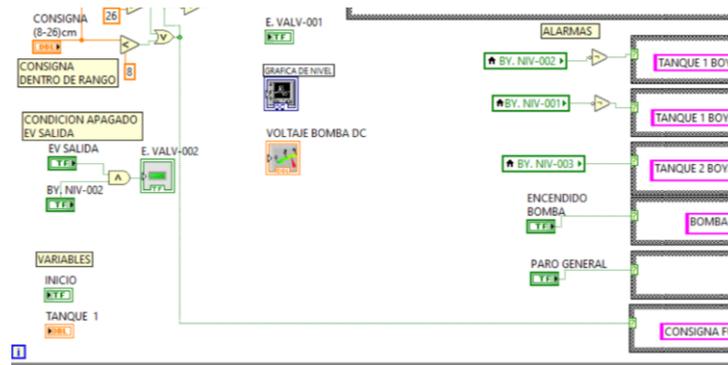


Figura 10.158 Cableado habilitación de alarma de consigna.

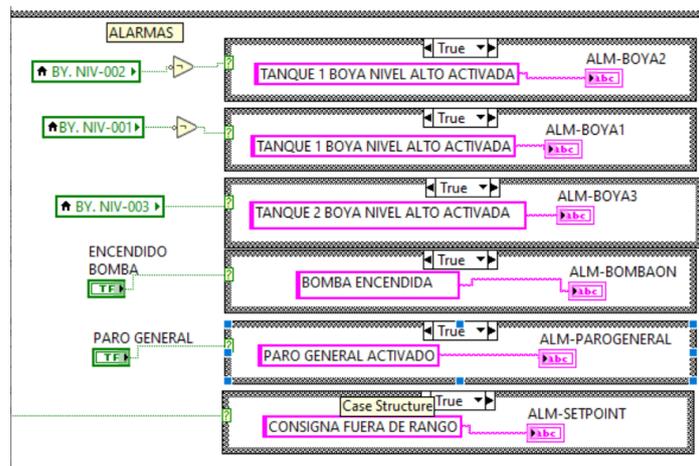


Figura 10.159 Case "true" de todas las alarmas cableadas.

138. Lo mismo se hace con las alarmas cuando son falsas. A continuación, se puede apreciar su programación.

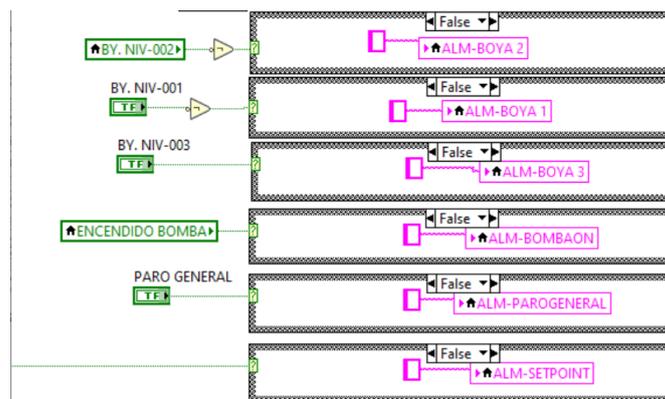


Figura 10.160 Case "false" de todas las alarmas cableadas.

139. Seguido de esto, conectamos el "Compound Arithmetic" a la entrada del "Case Structure".

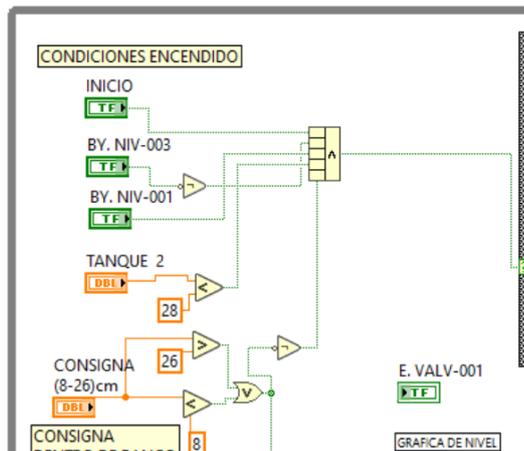


Figura 10.161 Cableado de condiciones de inicio al "Case Structure".

140. Antes de continuar con la programación del diagrama de bloques, vamos a iniciar la parte del controlador con la herramienta "Fuzzy System Designer" la cual podemos acceder haciendo clic en Tools>Control and Simulation>Fuzzy System Designer. Nos va a aparecer una ventana como la mostrada a continuación.

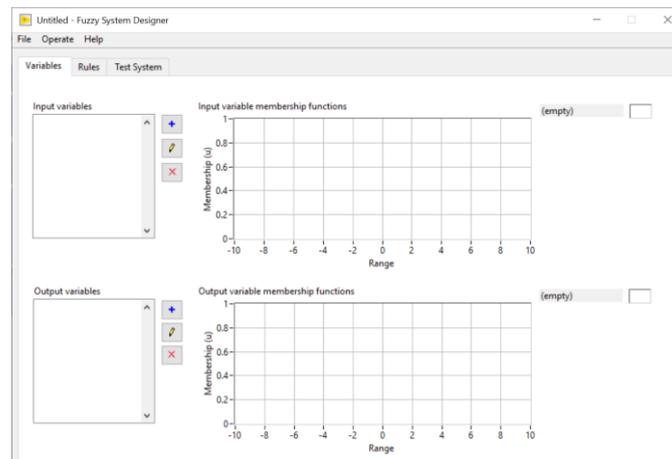


Figura 10.162 Ventana principal "Fuzzy System Designer".

141. A continuación, hacemos clic sobre el "+" de color azul que se encuentra en las "Input Variables". Nos debe aparecer otra ventana emergente mostrada a continuación.

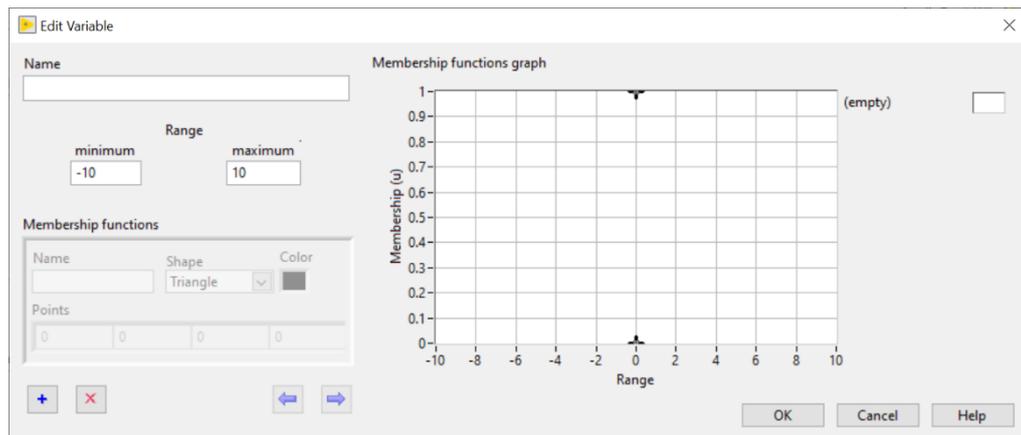


Figura 10.163 Ventana para editar variables de entrada.

142. En la ventana “Edit Variable” primero le asignamos un nombre a la variable de entrada. Seguido de esto le cambiamos los valores de rango dependiendo de nuestra variable. A continuación, vamos a dar clic en el botón “+” para crear una nueva función de membresía. Se edita “Name”, “Shape”, “Color” y “Points”.

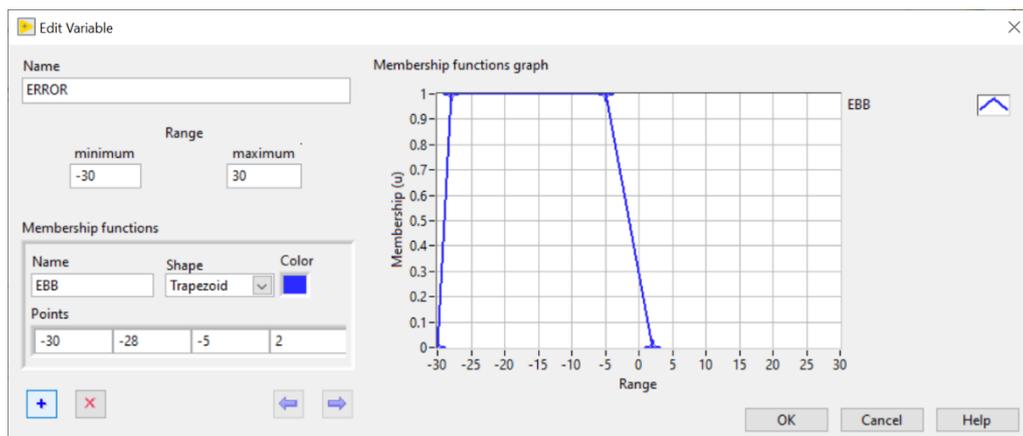


Figura 10. 164 Declaración de variable de entrada y primera función de membresía “EBB”.

143. A continuación, se da clic en el “+” de la parte inferior para agregar otra nueva función de membresía.

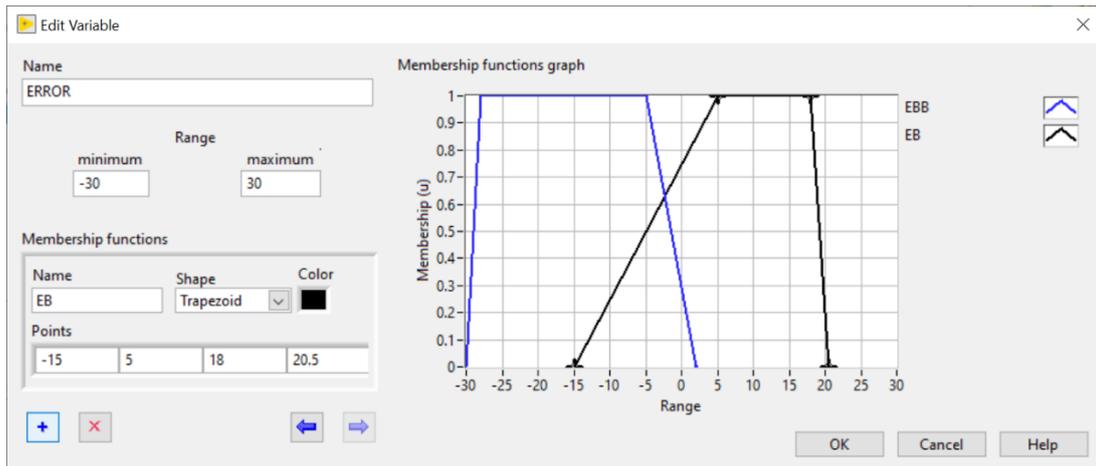


Figura 10.165 Declaración de la función de membresía “EB”.

144. Por último, se agrega una nueva función de membresía con los siguientes datos.

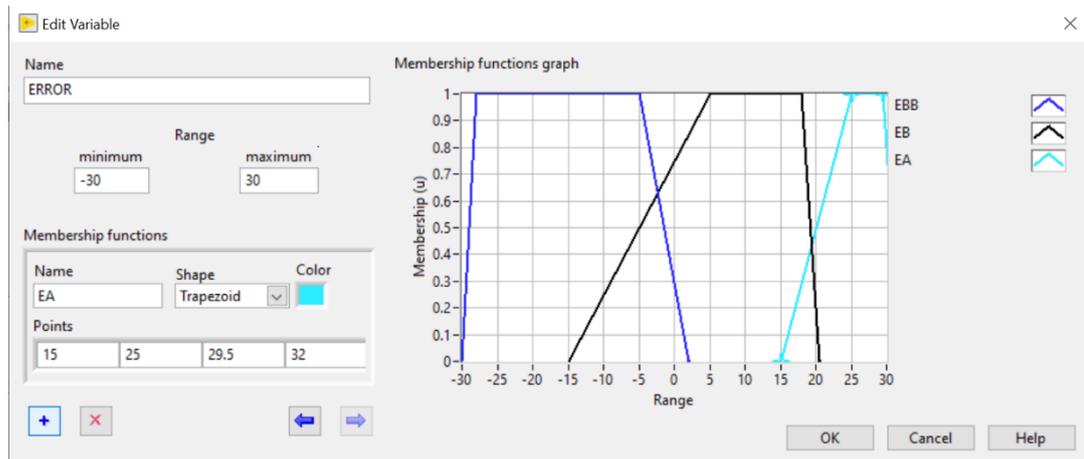


Figura 10.166 Declaración de la función de membresía “EA”.

145. Al final, damos clic en “ok”.

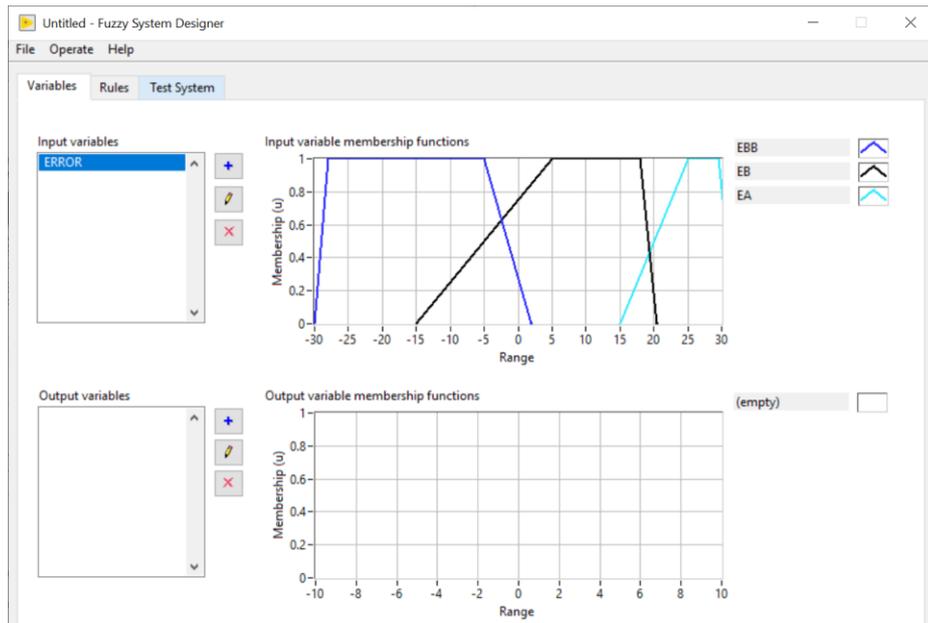


Figura 10.167 Variable de entrada "ERROR".

146. Ahora procedemos a dar clic nuevamente sobre el botón "+" para agregar una segunda variable de entrada. Una vez dentro, le asignamos nombre, rango y creamos una función de membresía.

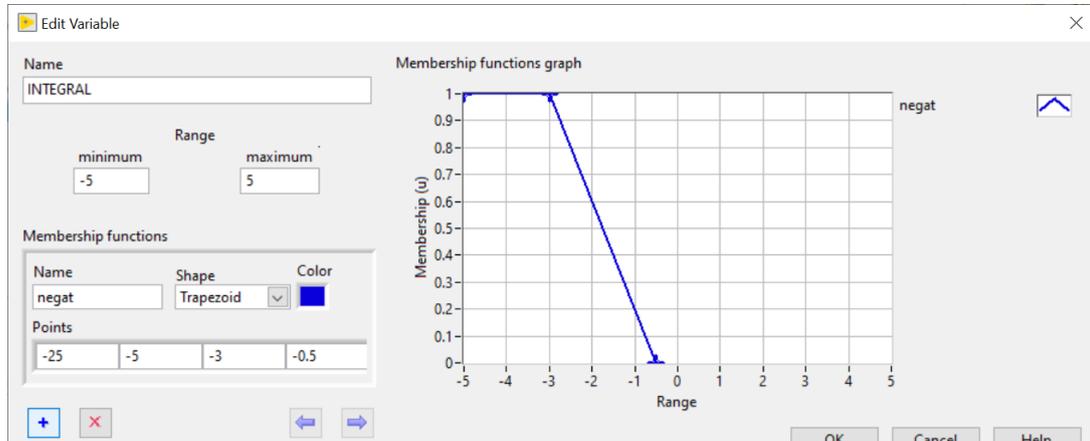


Figura 10.168 Variable "INTEGRAL" con la función de membresía "negat".

147. A continuación, se muestran los valores de las siguientes 2 funciones de membresías más que se deben agregar para el controlador.

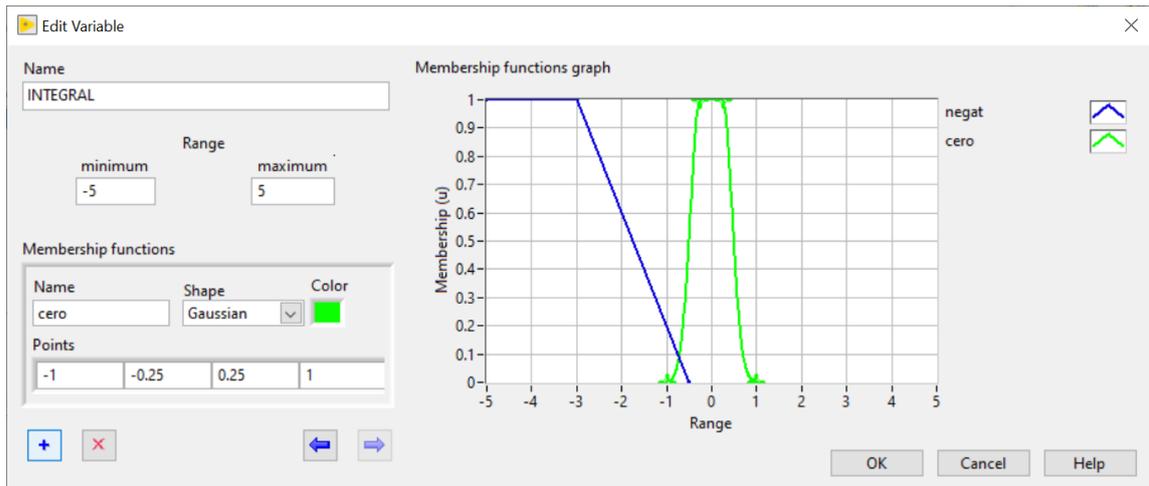


Figura 10.169 Variable "INTEGRAL" con la función de membresía "cero".

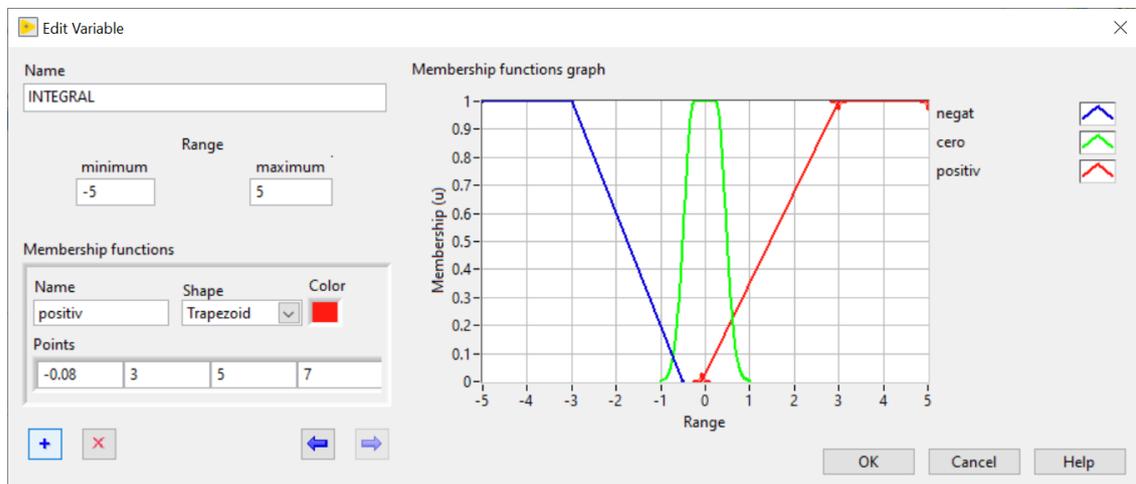


Figura 10.170 Variable "INTEGRAL" con la función de membresía "positiv".

148. Al final nos deben quedar los graficas de las funciones de membresía declaradas.

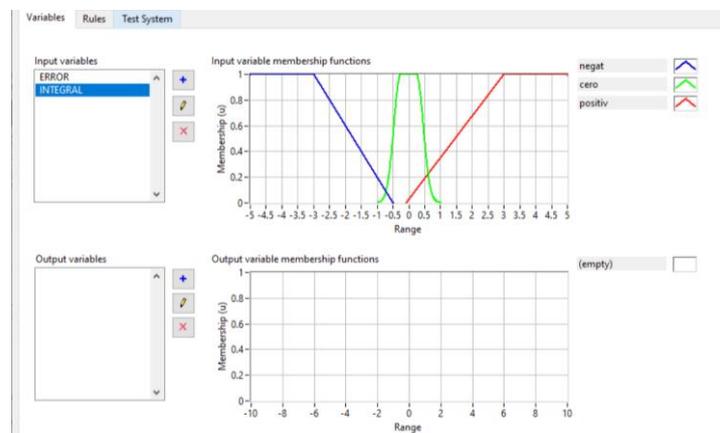


Figura 10.171 Variable de entrada "INTEGRAL".

149. A continuación, creamos una variable de salida la cual será la velocidad de la bomba. Para crear damos clic en el botón “+” de las variables de salida y nos aparece la ventana emergente para crear las funciones de membresía. Le asignamos el nombre de “VELOCIDAD” a la variable, escribimos los datos del rango y creamos la primera función de membresía llamada “VBAJO”.

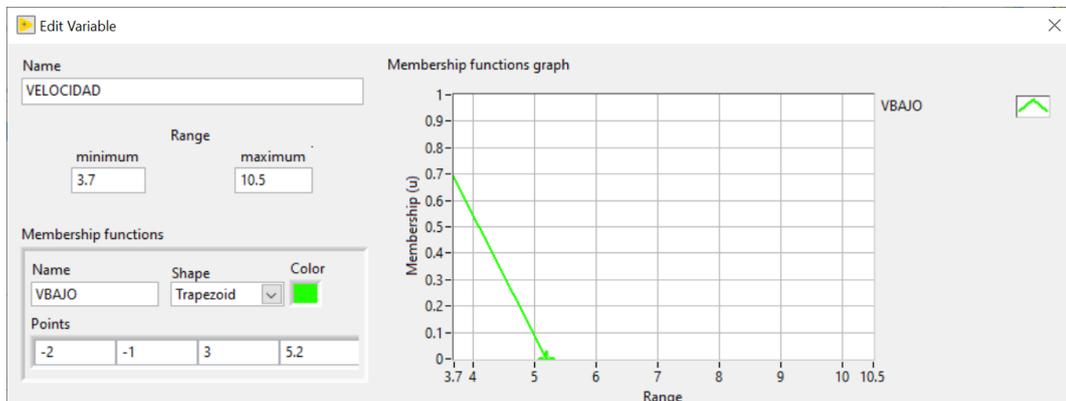


Figura 10.172 Variable “VELOCIDAD” con la función de membresía “VBAJO”.

150. A continuación, declaramos dos funciones de membresía más las cuales veremos los detalles en las figuras siguientes.

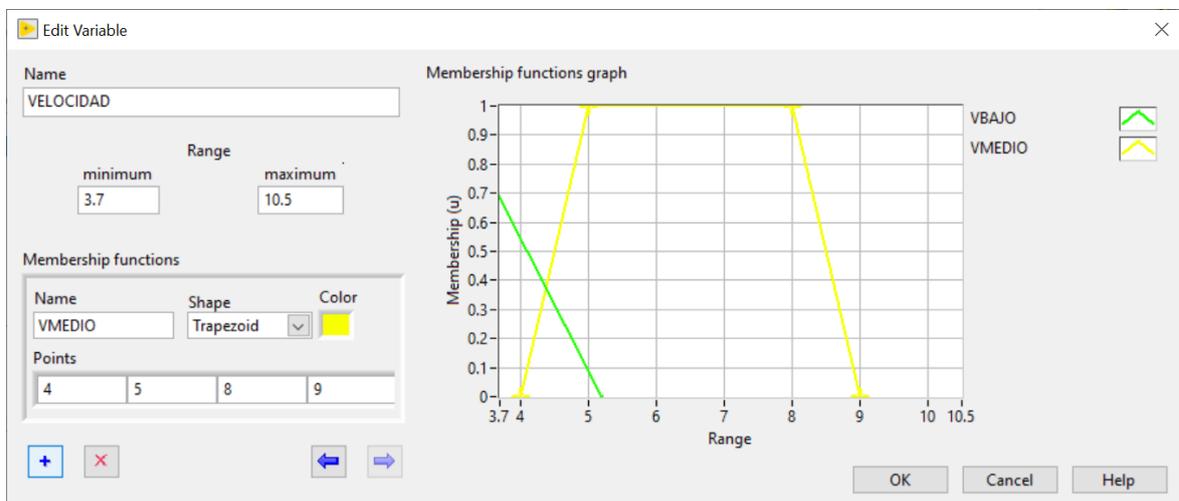


Figura 10.173 Variable “VELOCIDAD” con la función de membresía “VMEDIO”

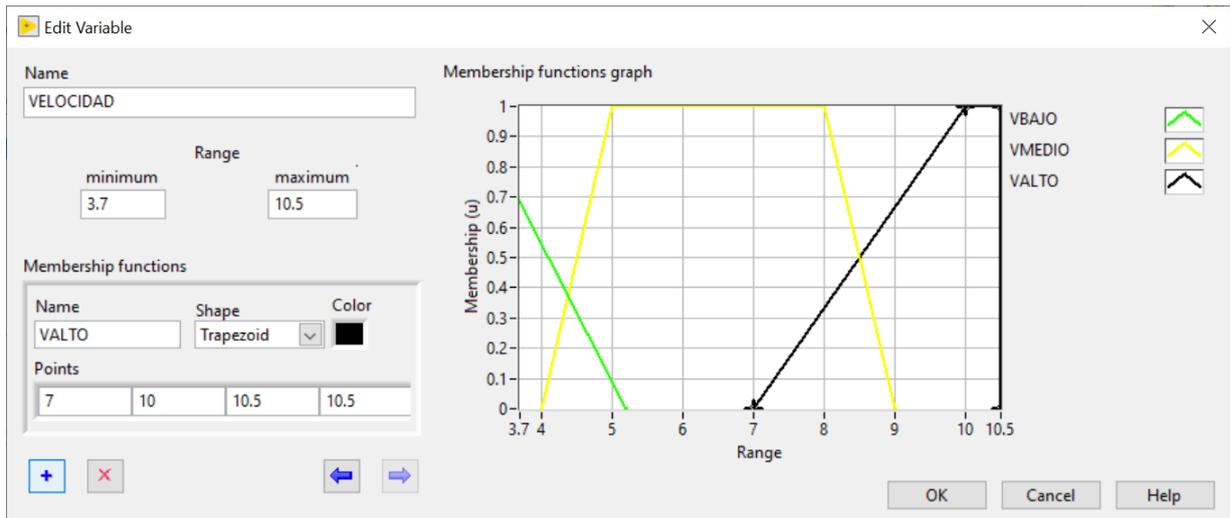


Figura 10.174 Variable “VELOCIDAD” con la función de membresía “VALTO”.

151. Al finalizar tendremos todas nuestras variables de entrada y salida declaradas.

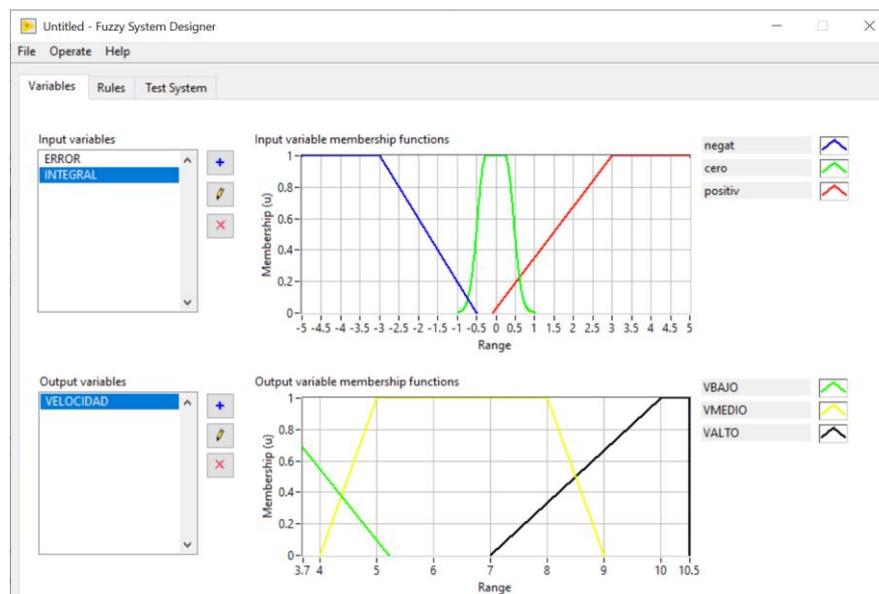


Figura 10.175 Ventana principal “Fuzzy System Designer”.

152. Seguido de esto, procedemos a dirigirnos a la pestaña “Rules”. En esta ventana crearemos las reglas a ser utilizadas por nuestro controlador. Para añadir una regla, damos clic en el botón “+” de color azul. Nos deberá aparecer una regla por default.

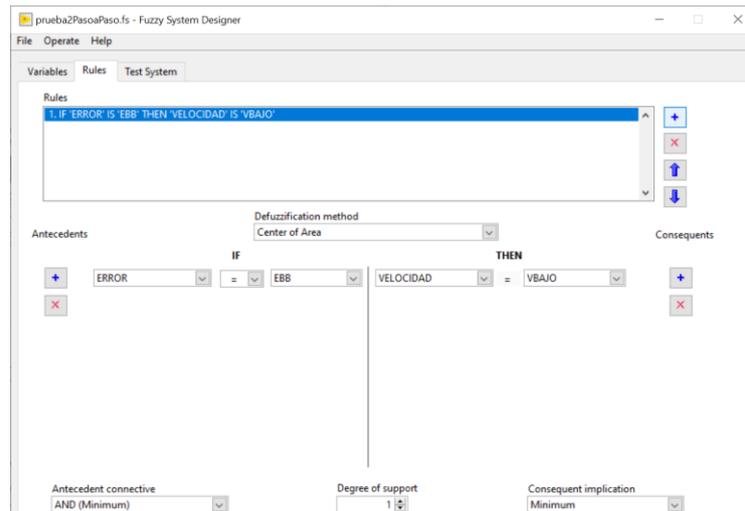


Figura 10.176 Declaración de reglas.

153. A esa regla le vamos a agregar la variable "Integral" en los antecedentes dando clic en el botón "+" y seleccionamos "Integral". Una vez hecho eso, nos debe quedar la regla.

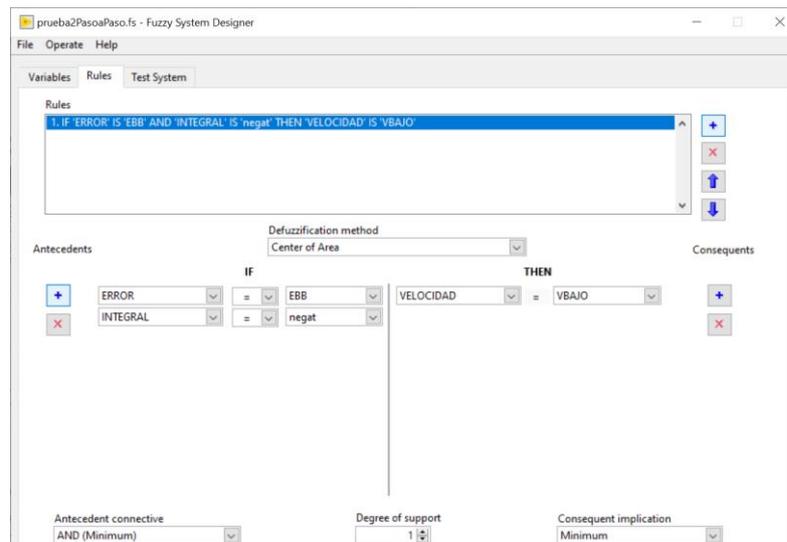


Figura 10.177 Primera regla declarada

154. Para la siguiente regla, damos clic nuevamente en el botón "+" para agregar la siguiente regla mostrada a continuación.

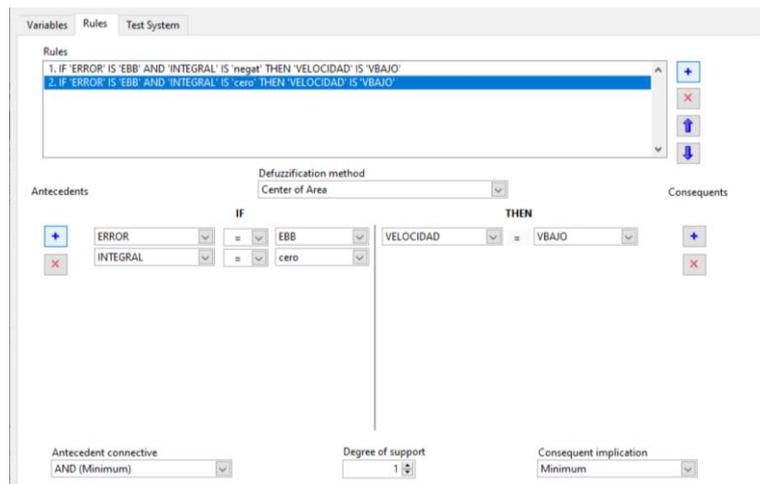


Figura 10.178 Segunda regla declarada.

155. Para las demás reglas, repetimos los pasos anteriores. Al finalizar debemos tener todas las reglas.

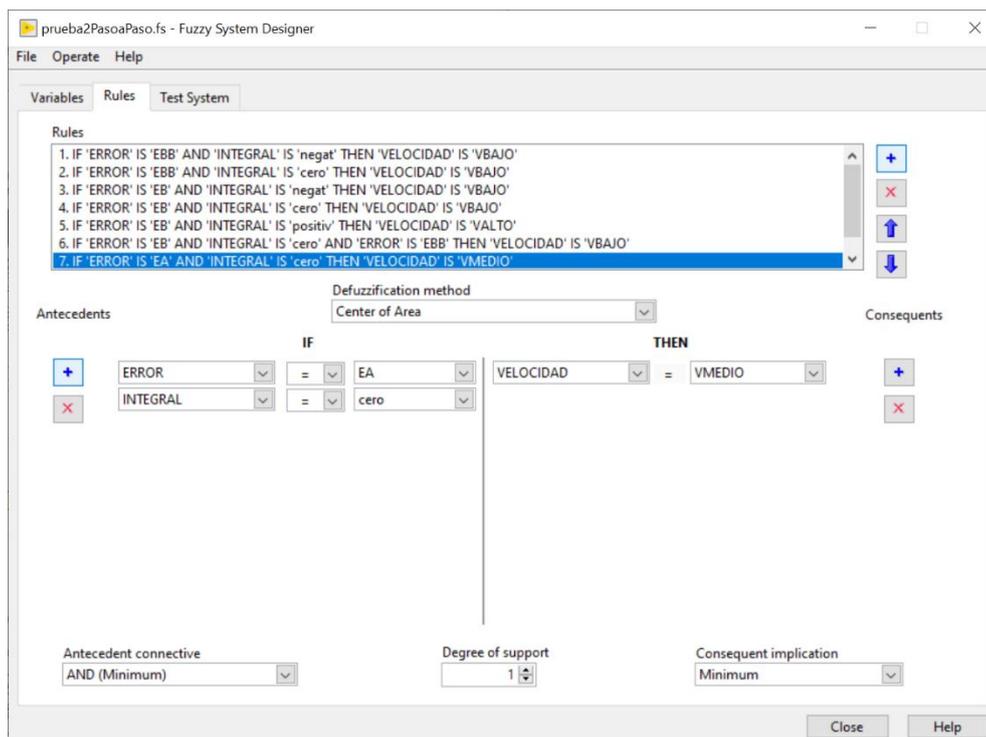


Figura 10.179 Todas las reglas declaradas.

156. Una vez culminado, guardamos el archivo y le damos la ruta en la cual este nuestro programa de LabVIEW para tener una ubicación que sea fácil de buscar, acceder y cerramos la ventana de “Fuzzy System Designer”. Ahora dentro de la ventana del diagrama de bloques, hacemos el siguiente procedimiento: Clic derecho>Control & Simulation>Fuzzy Logic>FL Load Fuzzy System y agregamos este

icono a nuestro programa.

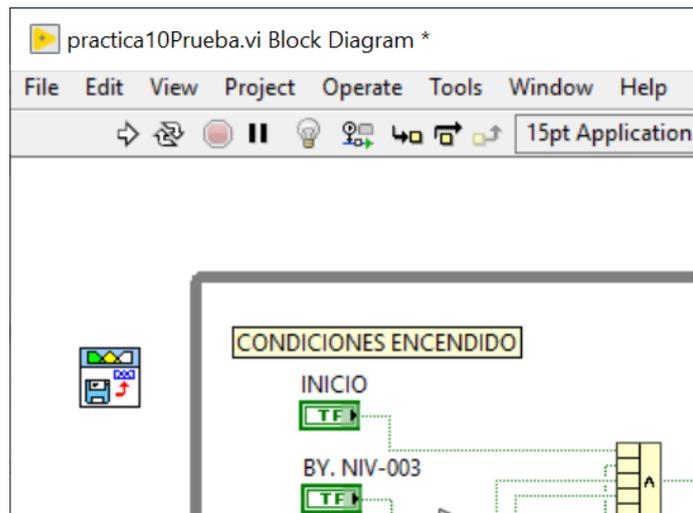


Figura 10.180 Elemento “FL Load Fuzzy System” agregado.

157. Colocamos el cursor sobre la esquina superior izquierda del icono y donde dice “File Path”, le damos clic derecho>Create Constant. Nos debe aparecer un recuadro vacío. Ahí escribiremos la ruta para acceder al archivo. fs creado por la herramienta “Fuzzy System Designer”.

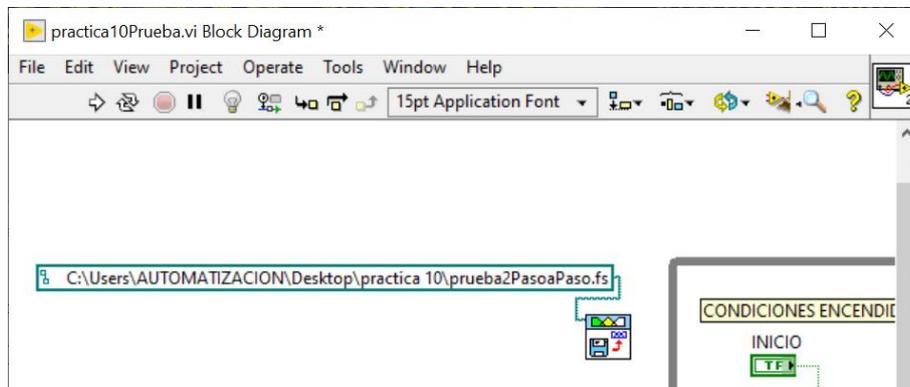


Figura 10.181 Ruta para acceder al archivo. fs del controlador.

158. A continuación, seguimos la siguiente ruta para crear un icono de Fuzzy Controller. Clic derecho>Control & Simulation>Fuzzy Logic>FL Fuzzy Controller. Agregamos el icono al diagrama de bloques dentro del Case Structure.



Figura 10.182 Icono “FL Fuzzy Controller” de una entrada y una salida.

159. Hacemos clic sobre la flecha y seleccionamos “Múltiple Input-Single Output” y nos debe cambiar el icono de la siguiente manera.

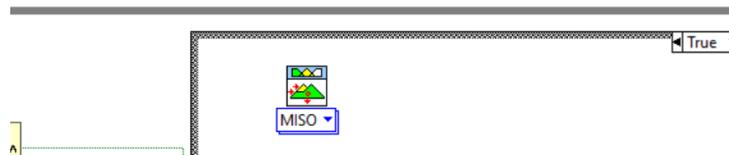


Figura 10.183 Icono “FL Fuzzy Controller” de dos entradas y una salida.

160. Seguido de esto, procedemos a unir el “FL Fuzzy Controller” con el “FL Load Fuzzy System”.

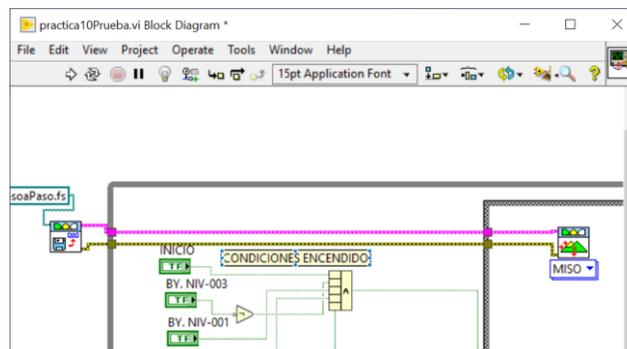


Figura 10.184 Todas las reglas declaradas

161. Una vez culminado, procedemos a calcular el error para poder usarlo como entrada al sistema Fuzzy. Creamos dos “Local Variables” en las cuales vamos a leer los datos actuales de “Consigna” y “Tanque2”. Vamos a restar esos datos y lo conectamos a un “Build Array”. La ruta para acceder a este icono es: Clic derecho> Array>Build Array. Una vez obtenida la resta, procedemos a conectarlo con el “Build array”.

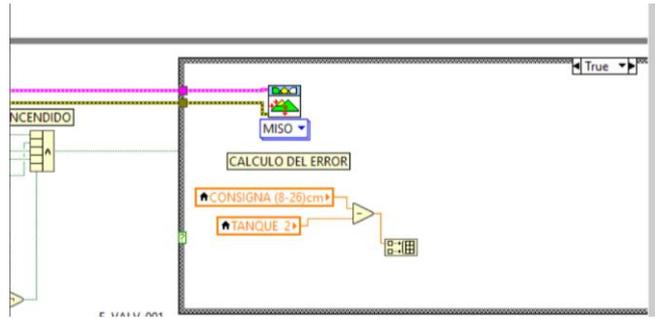


Figura 10.185 Cálculo del error.

162. Ahora procedemos a calcular la integral del error. Para agregar una integral seguimos la ruta: Clic derecho>Signal Processing>Point by Point>Integ & Diff>Integral x(t). Una vez insertado el elemento, procedemos a crear dos “Numeric Constant”, una para “Initial Condition” y otra para “dt”.

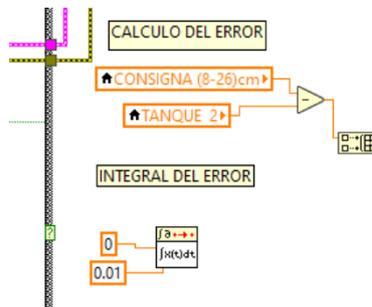


Figura 10.186 Integral del error.

163. A continuación, procedemos a cablear la entrada “x” de la integral desde la salida del error, mientras que la salida de la integral la multiplicamos por 100 y la cableamos a la segunda entrada del “Build array”. También cableamos el “initialize” de la integral.

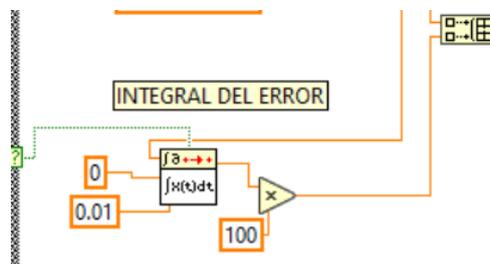


Figura 10.187 Integral del error.

164. A continuación, calculamos el % de error. Para este cálculo, debemos dividir el error para la consigna y lo multiplicamos por 100. Esto nos dará el error en porcentaje.

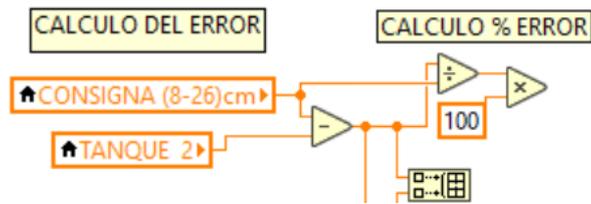


Figura 10.188 Porcentaje del error.

165. Para poder visualizar el % error creamos un “Numeric Indicator” en la ventana de Front Panel.



Figura 10.189 Numeric Indicator para visualizar el % Error.

166. Procedemos a cablear la salida del cálculo del error al indicador. Al indicador de “Error” le damos clic derecho “View as Icon”.

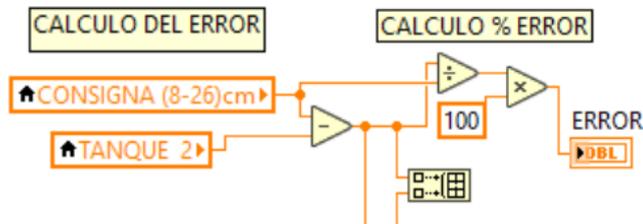


Figura 10.190 Cálculo del % Error cableado a su indicador numérico para visualización.

167. Ahora nos dirigimos al FL Fuzzy Controller y sobre el lado derecho hay una salida que cita “Rule Weights”. Ahí le daremos Clic derecho>Create Indicator.

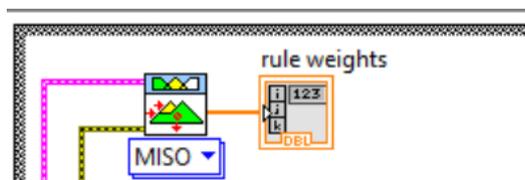


Figura 10.191 Pesos de las reglas.

168. Ahora nos dirigimos a la ventana “Front Panel” para acomodar las “Rule Weights”. En el grafico creado de “Rule Weights”, sobre su lado derecho, nos posicionamos hasta que nos aparezcan los botones para agrandar los elementos.

Hacemos clic y arrastramos hacia la derecha hasta que tenga en total 7 slots. Arreglamos la apariencia de las alarmas, eliminamos también los “Labels” de las alarmas. El indicador del error lo colocamos en un lugar donde se pueda visualizar mejor.



Figura 10.192 Ventana Parámetros de Operación.

169. Ahora continuamos con la programación en el diagrama de bloques. Vamos a visualizar e interpretar la salida del controlador, y para eso tenemos que utilizar las variables.

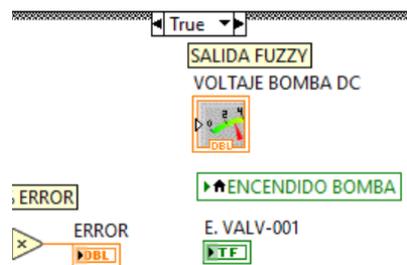


Figura 10.193 Ventana Parámetros de Operación.

170. Cableamos el “Output Value” del elemento “FL Fuzzy Controller” al voltaje de la bomba DC. El mismo valor lo comparamos si es mayor a “0”, entonces debe habilitar el bit de “Encendido Bomba” y al mismo tiempo “E.Valv-001”.

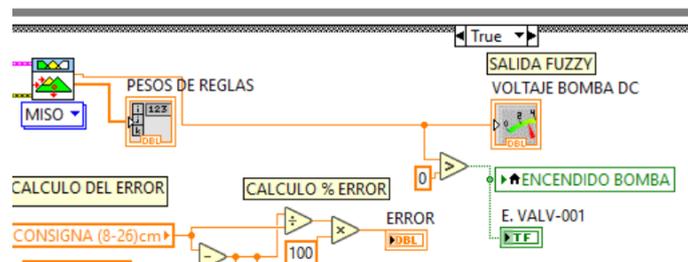


Figura 10.194 Cableado de la salida del controlador y condición de encendido de bomba.

171. A continuamos nos dirigimos a la paleta de funciones con Clic

derecho>Timing>Wait(ms)

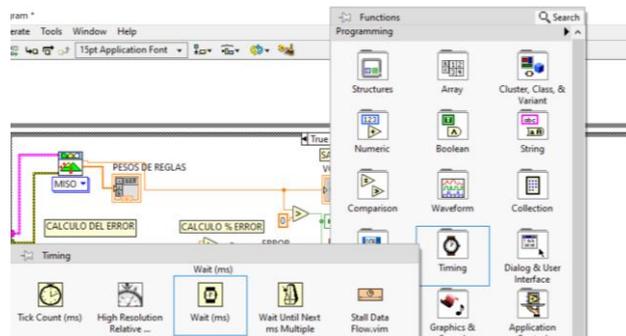


Figura 10.195 Ruta para acceder a un "Wait(ms)".

172. Una vez insertado el elemento, sobre su lado izquierdo damos Clic derecho> Create Constant and le damos un valor de "250".

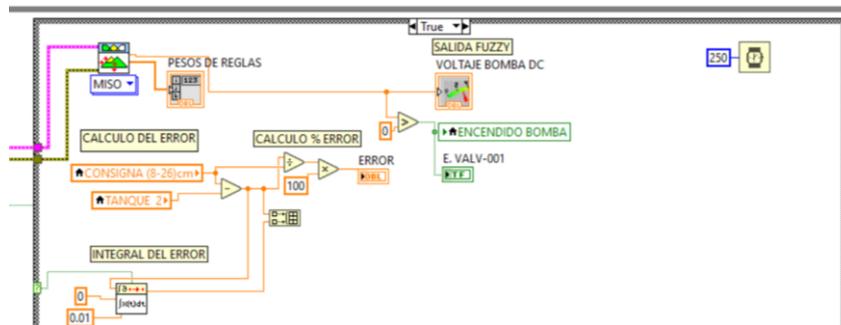


Figura 10.196 Ventana "Block Diagram".

173. Para registrar los datos obtenidos en una hoja Excel: Clic derecho>FILE I/O>Write Meas File, seguimos esos pasos y nos debe aparecer una ventana emergente en la cual vamos a ingresar la ruta donde queremos guardar nuestro archivo y el formato.

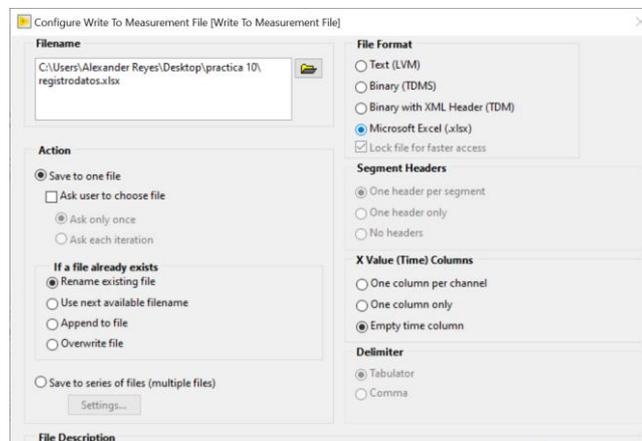


Figura 10.197 Ventana para configurar nuestro registro de datos.

174. Damos clic en ok y nos aparece el icono. Lo insertamos y damos clic derecho>View as Icon.

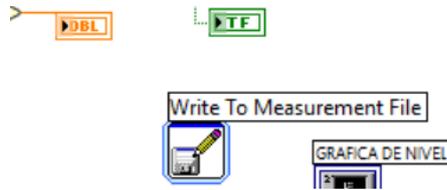


Figura 10.198 “Write to Measurement File” para registrar datos.

175. A continuación, damos Clic derecho>Express>Sig Manip>Merge Signals.

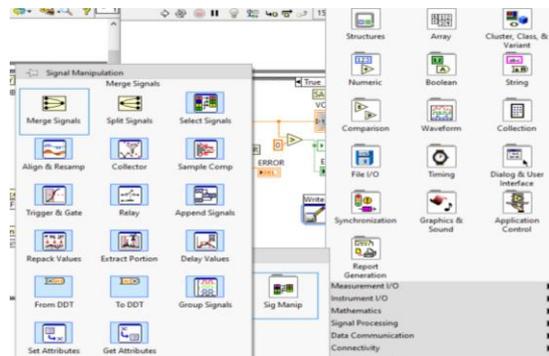


Figura 10.199 Ruta para crear un “Merge Signals”.

176. Insertamos el elemento, aparte creamos dos “local variable” en los cuales vamos a leer el valor de “CONSIGNA (8-26) cm” y nivel del “TANQUE 2”.

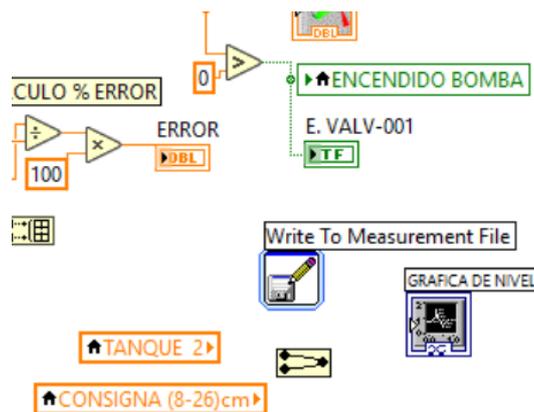


Figura 10.200 Llamado de variables “TANQUE 2” y “CONSIGNA (8-26) cm”

177. Procedemos a cablear ambas señales al “Grafica de Nivel” pasando por el elemento “Merge Signals”.

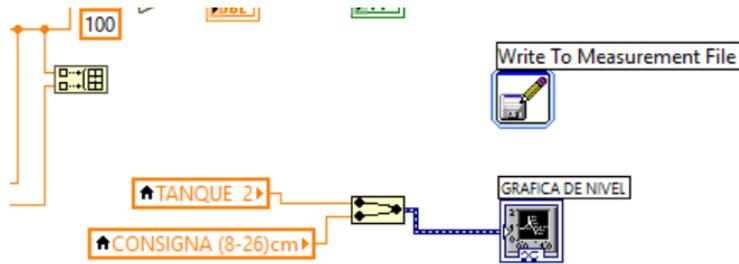


Figura 10.201 Cableado de variables “TANQUE 2” y “CONSIGNA (8-26) cm”

178. En el “Write to Measurement File” cableamos la entrada “Enable” con la condición del “Case Structure”

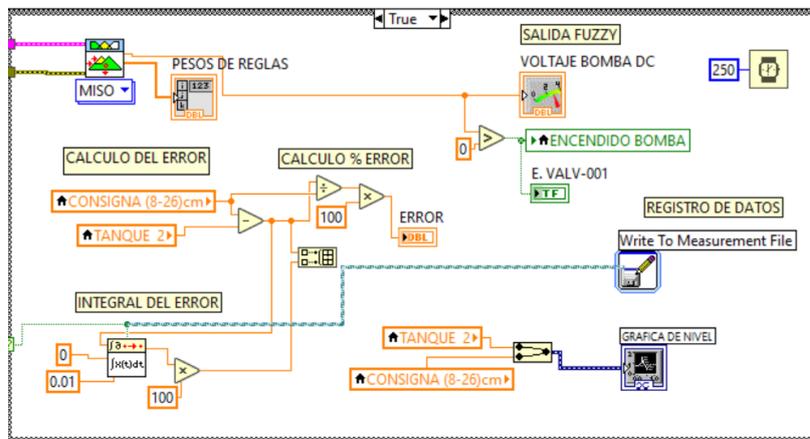


Figura 10.202 Cableado del “Enable” para habilitar el “Write to Measurement File”.

179. Ahora cableamos las señales a ser registradas en la entrada “Signals”

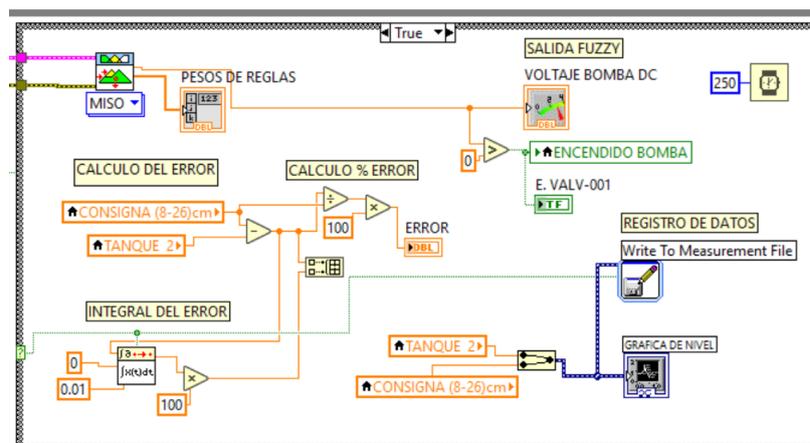


Figura 10.203 Cableado de las señales hacia el “Write to Measurement File”.

180. Por último, revisamos que este todo conectado, añadimos los comentarios que sean necesarios y al culminar nos debe quedar como se muestra a continuación.

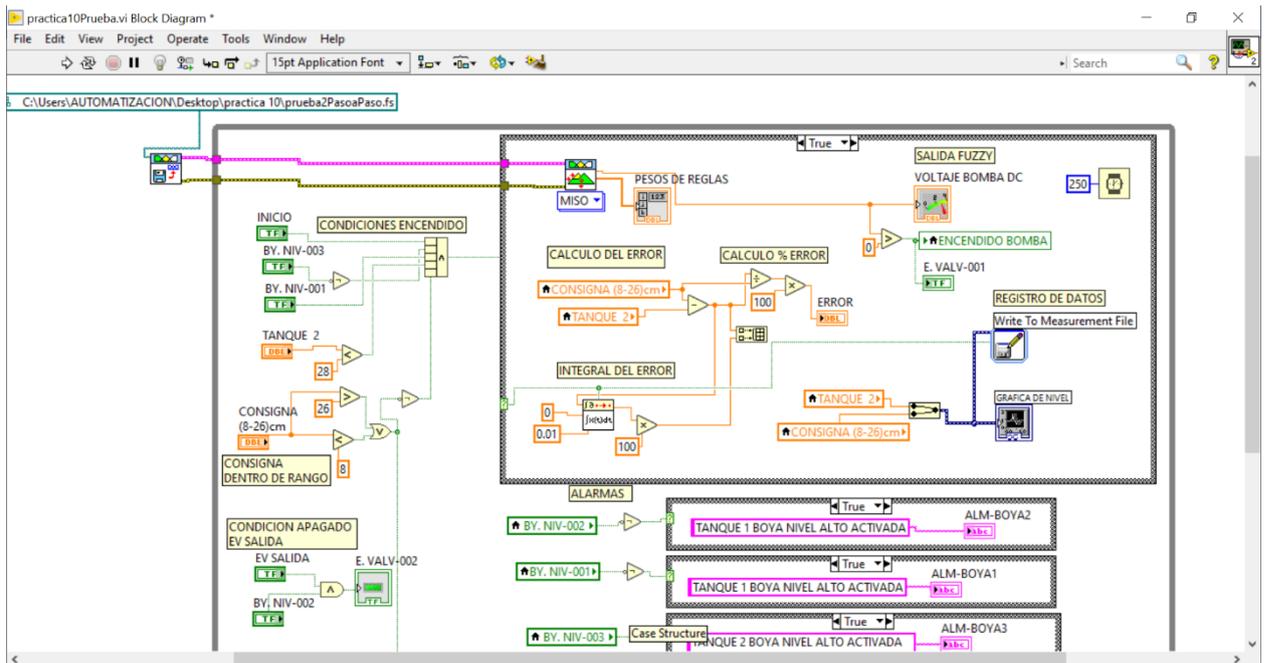


Figura 10.204 Ventana “Block Diagram” culminada, parte 1.

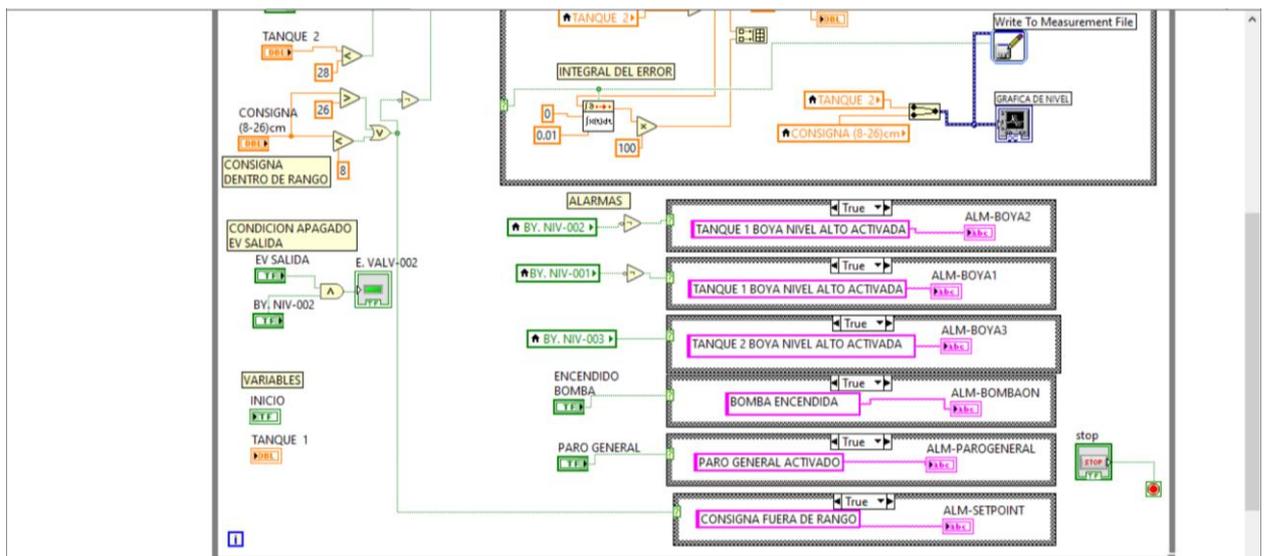


Figura 10.205 Ventana “Block Diagram” culminada, parte 2.

181. Ahora revisamos la ventana “Front Panel” que este todo en orden y completo. El resultado se muestra en las figuras a continuación.



Figura 10.206 Ventana "Front Panel" finalizada, parte 1.



Figura 10.207 Ventana "Front Panel" finalizada, parte 2.



Figura 10.208 Pantalla HMI en funcionamiento.

El PLC en modo RUN, cargada su respectiva programación detallada en el marco procedimental y se observa la conexión del PLC con el módulo de nivel.

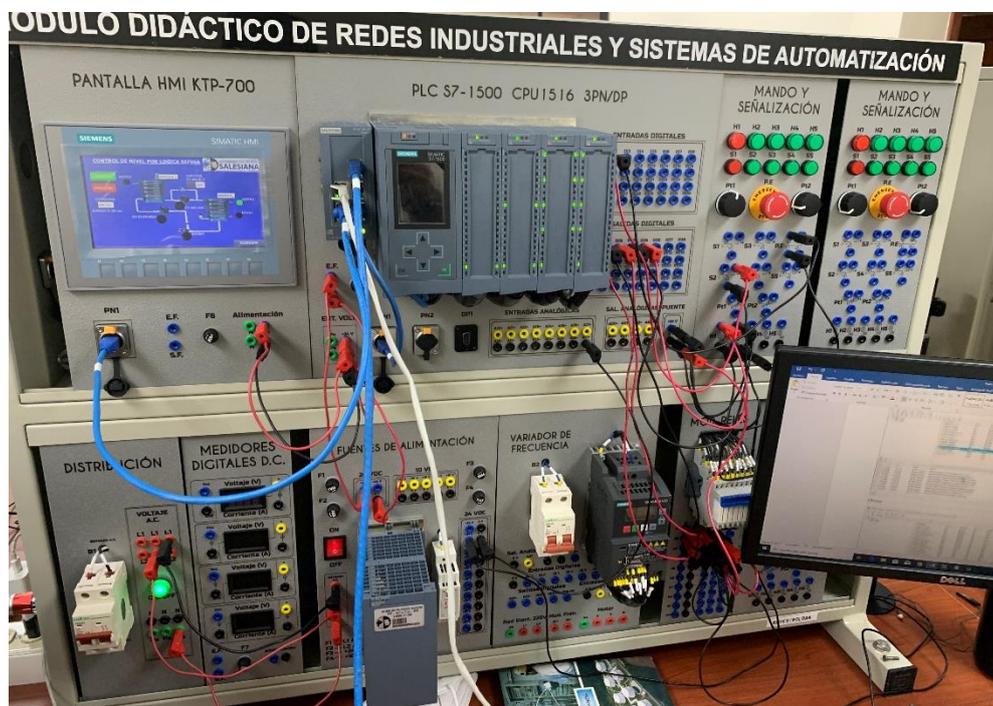


Figura 10.209 Conexiones en el tablero

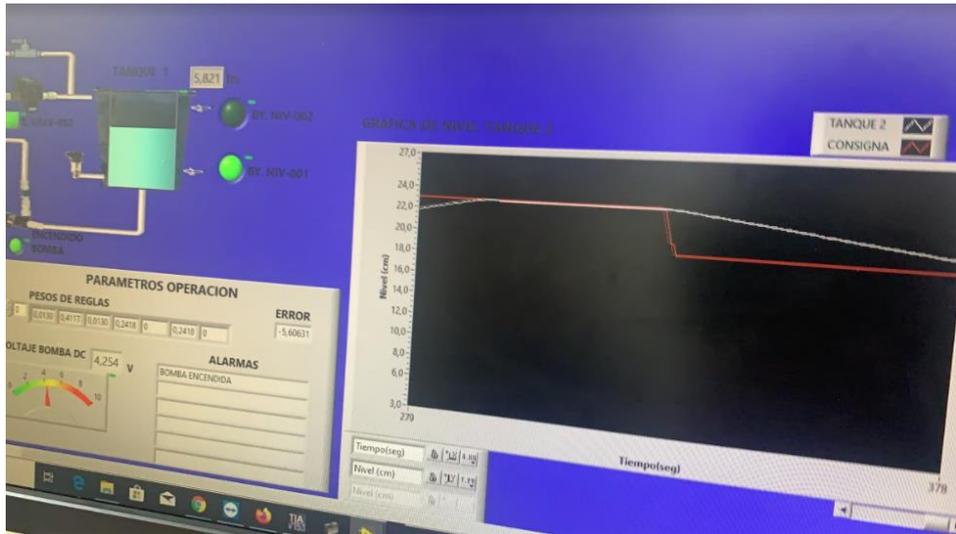


Figura 10.210 Curve de funcionamiento presentada en el SCADA

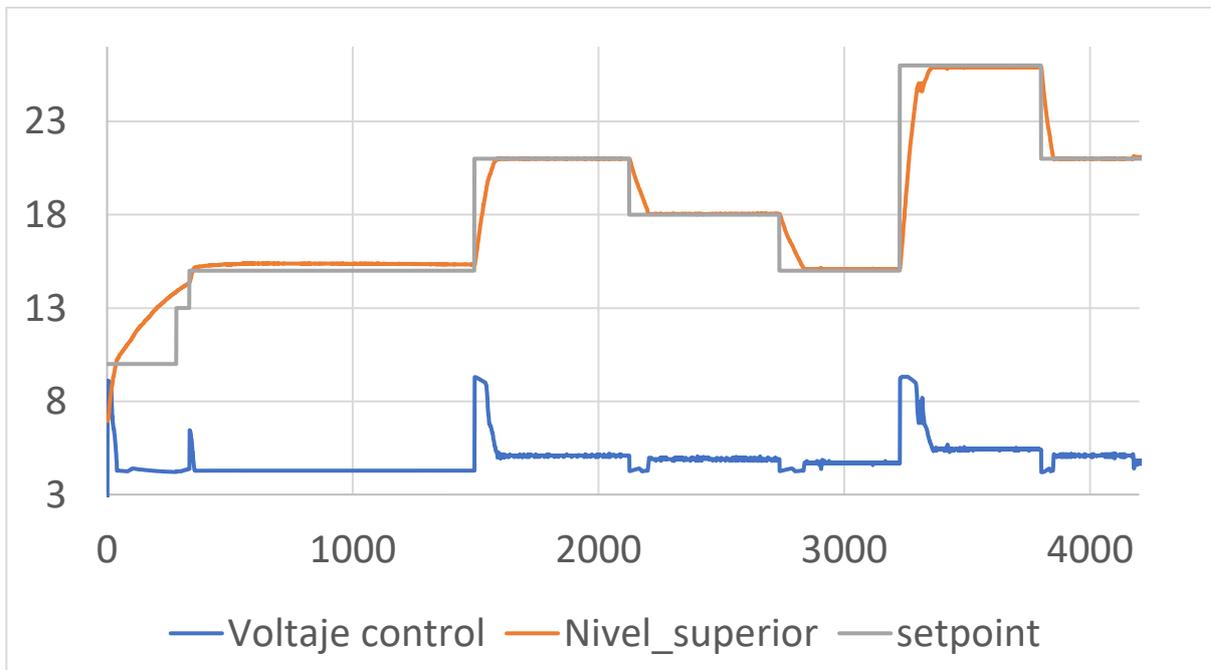


Figura 10.211 Cambio en las referencias y resultados en el nivel

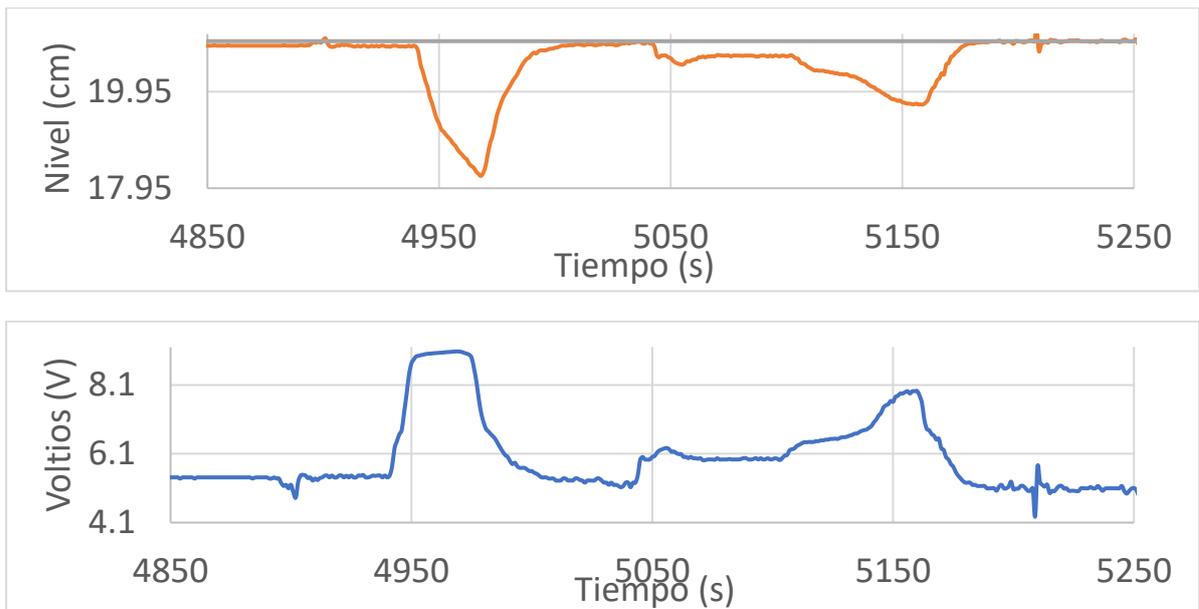


Figura 10.212. Perturbación apertura de válvula manual al 100%

#### D. RECURSOS UTILIZADOS

- a. Una computadora con software TIA Portal V15.1.
- b. Una lámina con PLC Siemens S7-1500.
- c. Una lámina de Distribución.
- d. Una lámina de Fuente de Alimentación.
- e. Una lámina de Mando y Señalización.
- f. Una lámina de Relés.
- g. Módulo de tanques de nivel

# E. DIAGRAMA DE CONEXIONES

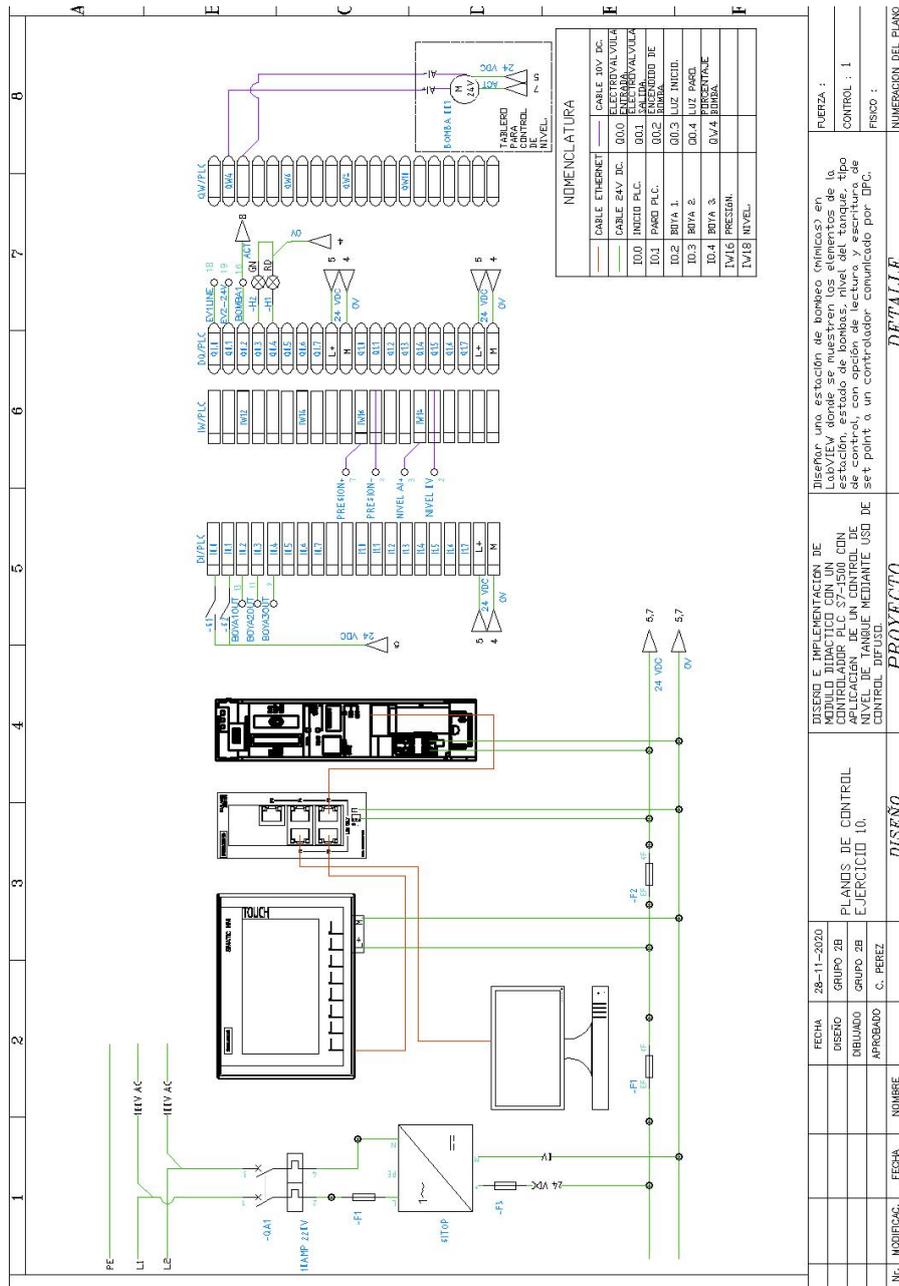


Figura 10.213 Diagrama de fuerza y control Práctica #10

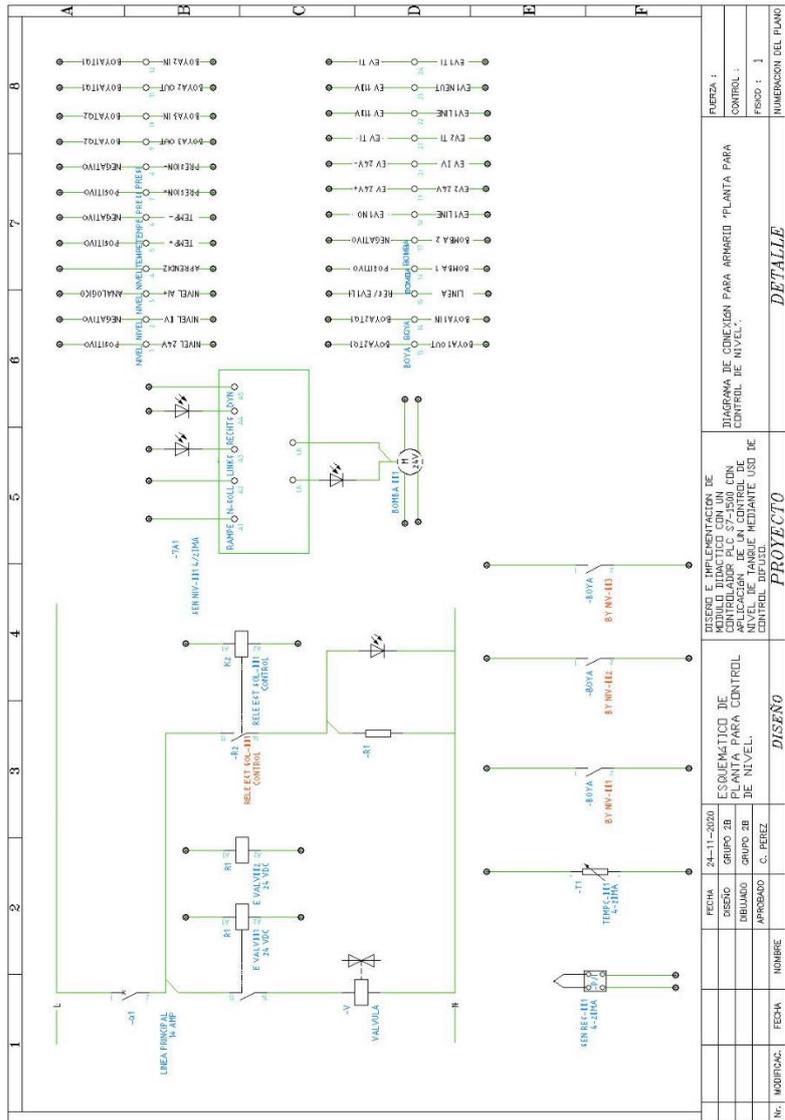


Figura 10.214 Diagrama del tablero tanque de nivel Práctica #10.

FECHA	24-11-2020	ESQUEMATICO DE CONTROLADOR PLC S7-300 CON NIVEL DE TANQUE MEDIANTE LOS DE CONTROL DIFERED.	DIAGRAMA DE CONEXION PARA ARRANQUE PLANTA PARA CONTROL DE NIVEL.	FUERZA :
DISEÑO	GRUPO 2B	ESQUEMATICO DE CONTROLADOR PLC S7-300 CON NIVEL DE TANQUE MEDIANTE LOS DE CONTROL DIFERED.	DIAGRAMA DE CONEXION PARA ARRANQUE PLANTA PARA CONTROL DE NIVEL.	CONTROL :
APROBADO	C. PEREZ	ESQUEMATICO DE CONTROLADOR PLC S7-300 CON NIVEL DE TANQUE MEDIANTE LOS DE CONTROL DIFERED.	DIAGRAMA DE CONEXION PARA ARRANQUE PLANTA PARA CONTROL DE NIVEL.	FUSIBLES :
NOMBRE		DISEÑO	PROYECTO	NUMERACION DEL PLANO
FECHA			DETALLE	
MODIFICACION				