UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA

SEDE GUAYAQUIL

FACULTAD DE INGENIERÍAS

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Proyecto Técnico Previo a la Obtención del Título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

"DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE UN PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW"

AUTORES:

JORGE MARCELO ZABALA JIMÉNEZ

ROMINA STEPHANIA BAILÓN VERA

Tutor de proyecto Técnico:

ING. CARLOS PÉREZ MALDONADO

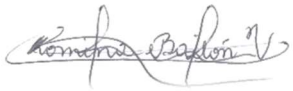
MAYO DEL 2019

GUAYAQUIL-ECUADOR

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA

Nosotros, Zabala Jiménez Jorge Marcelo con cedula de identidad Nº.0940946031 y Bailón Vera Romina Stephania con cedula de identidad Nº.0954765699, declaramos que este trabajo de titulación "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE UN PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW" ha sido implementado bajo los conceptos, análisis y conclusiones considerando los métodos de investigación, así como también el respeto a los derechos intelectuales de terceros, son de exclusiva responsabilidad de los autores; y de la propiedad intelectual de la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA.

Guayaquil, noviembre 2020

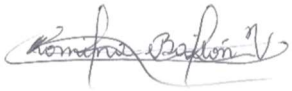


_____	_____
Jorge Zabala Jiménez	Romina Bailón Vera
CI: 0940946031	CI: 0954765699

CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHO

Nosotros, Zabala Jiménez Jorge Marcelo con cedula de identidad Nº.0940946031 y Bailón Vera Romina Stephania con cedula de identidad Nº.0954765699, manifestamos nuestra voluntad de ceder la titulación sobre los derechos patrimoniales de este trabajo de titulación "DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE UN PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW" a la UNIVERSIDAD POLITECNICA SALESIANA según lo establecido por la ley de la propiedad intelectual y por la normativa institucional vigente.

Guayaquil, noviembre 2020



_____ _____

Jorge Zabala Jiménez

CI: 0940946031

Romina Bailón Vera

CI: 0954765699

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 SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE UN PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW" realizado por los estudiantes Zabala Jiménez Jorge Marcelo con cedula de identidad Nº.0940946031 y Bailón Vera Romina Stephania con cedula de identidad Nº.0954765699, el mismo que cumple con los objetivos del diseño de aprobación y todos los requisitos pertinentes.

Guayaquil, noviembre 2020

_____

Ing. Carlos Pérez Maldonado

Tutor

DEDICATORIA

El presente proyecto de titulación se lo dedico principalmente a Dios, por ser quien me motiva y me da la fortaleza para continuar en este proceso de obtener uno de mis anhelos más deseados; por ser quien guía y da sentido a mi existencia.

A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí, porque nunca me dejaron sola, siempre han estado a mi lado y al de mis hermanos con sus consejos y su ejemplo de que no importa de dónde vengas sino a dónde vas. Es un orgullo y privilegio el ser sus hijos, son los mejores padres.

A mis hermanos Fabio y Gabriel por estar siempre presentes con su apoyo incondicional brindado en el transcurso de cada etapa de mi vida, especialmente a lo largo de este proceso de finalización de mi formación universitaria.

También te lo dedico a ti Jorge González, por ser mi cómplice y confidente, con ese espíritu de perseverancia y constancia que tanto admiro, impulsándome a no dejarme desfallecer y porque a pesar de las adversidades que se te han presentado nunca has sido egoísta, has continuado dándome tú apoyo y fuerzas incluso cuando tú las necesitabas más que yo.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todas las personas que me han apoyado y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

Romina Stephania Bailón Vera

DEDICATORIA

Dedico este proyecto de titulación a Dios y a mis Padres por ayudarme a seguir con mis estudios y por brindarme su apoyo en toda mi vida y que considero que les pertenece este logro tanto como a mí, también dedico este proyecto a mi familia con quienes siempre pude contar con sus palabras de aliento y por la motivación que me han brindado a lo largo de los años, sintiendo así su respaldo en todo momento. Parte de este reconocimiento también se lo dedico a mis amigos quienes siempre me apoyaron para llegar a este momento culminante en mi carrera y, por último, a mis profesores por inculcarme los valores y el conocimiento para formarme como un gran profesional.

Jorge Zabala Jiménez

AGRADECIMIENTO

Quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida, quien constantemente me acompaña en cada paso que doy, tomando mi mano y dándome ese empuje en momentos de dificultad, porque nada sería posible si no fuera por su divina gracia y bondad.

Gracias eternas a mis padres: Jhonny y Larixa, por ser los principales promotores para impulsar mis sueños, por confiar plenamente en mí y creer que soy capaz de conseguir todo lo que me propongo, por los consejos, valores y principios que nos han inculcado a mí y a mis hermanos. Gracias papi y mami por todo lo que han dado y sacrificado por nosotros, mi corazón les pertenece.

A mis hermanos por llenarme de alegría día tras día, por todos los consejos brindados, por compartir horas y horas de películas, series y de muchos paseos juntos, por las peleas, los gritos y herir mi cuerpo de puro amor.

Gracias también a Jorge González por ayudarme a crecer, sobre todo gracias por nunca cortarme las alas y ser mi compañía incondicional. A mi familia entera porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas. A todas mis amigas del colegio, mis grandes amigas de toda la vida, por su apoyo cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día. Y por supuesto a mi querida Universidad Politécnica Salesiana y a todas las autoridades y docentes, por permitirme concluir con una etapa de mi vida, por su contribución a la obtención de mis conocimientos y mi formación académica, personal y humana. Gracias a mi tutor Ing. Carlos Pérez Maldonado por la paciencia, orientación y guiarme en el desarrollo de este proyecto de titulación.

Romina Stephania Bailón Vera

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios y a mis padres por darme la vida, en la cual he adquirido aprendizaje de los buenos y malos momentos al igual que de las instituciones educacionales que me han acogido, las mismas que me han forjado tanto como persona y como un profesional.

Agradezco de todo corazón a mi Padre Marcelo Zabala quien me ha brindado su total apoyo en cada momento de mi carrera.

A mi madre Blanca Jiménez la cual considero es el pilar fundamental, de mi crianza y que me ha mantenido firme a mis principios éticos, morales y profesionales.

Le agradezco a mi familia y a mis amigos por creer siempre en mí y brindarme ánimos además de su apoyo incondicional para seguir mis metas. Hoy en este día tan especial espero cumplir con las expectativas de todos mis seres queridos al culminar mi carrera.

Jorge Marcelo Zabala Jiménez

RESUMEN

AÑO	ALUMNOS	TUTOR DE PROYECTO DE TITULACION	TEMA DE PROYECTO DE TITULACION
2019	ROMINA STEPHANIA BAILÓN VERA JORGE MARCELO ZABALA JIMENEZ.	ING. CARLOS PÉREZ	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE UN PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW

El presente trabajo de titulación tiene la finalidad de establecer el control de llenado de tanque de una planta didáctica, en nuestro caso utilizaremos como controlador principal para las prácticas un control difuso con el objetivo de aumentar la estabilidad de la planta a utilizar, también realizaremos una comparativa entre el uso de un PID Convencional y de uno de tipo difuso para ver la estabilidad que nos dan los dos tipos de control. Este trabajo aporta a los estudiantes una herramienta de aprendizaje práctico ya que permite la simulación de procesos industriales a través de la planta que facilita las actividades didácticas para los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana. Se añade el diseño e implementación de un módulo didáctico en el cual los estudiantes tendrán que realizar las respectivas conexiones para las prácticas pertinentes, también cuenta con una pantalla HMI y de un monitor donde se

visualizará la parte de programación del software correspondiente al funcionamiento y acciones que ocurren en la planta didáctica.

Se proporcionará a los estudiantes un manual con 10 prácticas sugeridas para que los estudiantes de la Carrera de Ingeniería Electrónica puedan familiarizarse con los elementos y componentes y poder materializar, sus conocimientos técnicos adquiridos en materias tales como: Automatización Industrial, Informática Industrial, Redes (SI), Comunicaciones (SI), entre otras.

PALABRAS CLAVES: LABVIEW, PLC S7-1500, DIFUSO, LLENADO DE TANQUE, PLANTA DIDÁCTICA, PID CONVENCIONAL, APRENDIZAJE PRÁCTICO, PROCESOS INDUSTRIALES MÓDULO DIDÁCTICO, CONTROL DE NIVEL, MANUAL DE PRÁCTICAS.

ABSTRACT

YEAR	STUDENTS	DIRECTOR OF TECHNICAL PROYECT	TECHNICAL PROYECT THEME
2019	ROMINA STEPHANIA BAILÓN VERA. JORGE MARCELO	ENG. CARLOS PEREZ	DESIGN AND IMPLEMENTATION OF A DIFFUSIVE CONTROL SYSTEM FOR FILLING TANK THROUGH AN PLC S7-1500 AND COMMUNICATION WITH LABVIEW

	ZABALA JIMENEZ.		

The purpose of this paper is to establish the control of the tank filling of a didactic plant, in our case we will use a diffuse control as the main controller for the practices to increase the stability of the plant to be used, we will also carry out a comparison between the use of a Conventional PID and a fuzzy one to see the stability that the two types of control give us. This work provides students with a hands-on learning tool that allows the simulation of industrial processes through the plant that facilitates didactic activities for students of the Electronic Engineering Career of the Salesian Polytechnic University. The design and implementation of a module is added in which the students will have to make the respective connections for the pertinent practices, it also has an HMI screen and a monitor where the programming part of the software corresponding to the operation and actions that occur in the didactic plant will be displayed.

Students will be provided with a manual with 10 suggested practices so that students of the Electronic Engineering Career can become familiar with the elements and components and be able to materialize their technical knowledge acquired in subjects such as: Industrial Automation, Industrial Informatics, Networks (IS), Communications (SI), among others.

KEY WORDS: Labview, PLC S7-1500, Fuzzy, Tank Filling, Didactic Plant, Conventional PID, Hands-on Learning, Industrial Processes, Didactic Module, Level Control, Practice Manual.

Tabla de contenido

CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORIA ..... **II**
CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHO ..... **III**
CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DE TRABAJO DE TITULACIÓN ..... **IV**
DEDICATORIA ..... **V**
AGRADECIMIENTO ..... **VII**
RESUMEN ..... **IX**
Tabla de contenido ..... **XII**
Tabla de Figuras ..... **XV**
Introducción **1**
1. EL PROBLEMA **2**
1.1 Planteamiento Del Problema 2
1.2 Delimitación. 3
1.2.1. Temporal **3**
1.3 Objetivos. 4
1.3.1 Objetivos Generales **4**
1.3.2 Objetivos Específicos **4**
1.4 Justificación 4
1.5 Metodología 5
1.5.1 Métodos de Investigación. **5**
1.5.2 Método Exploratorio - Descriptivo **6**
1.5.3 Técnica. **6**
1.5.3.1 Técnica de Campo **6**
1.5.3.2 Técnica Documental **6**
1.5.4 Instrumentos de Investigación y Recolección de datos **7**
1.6 Descripción de la Propuesta 7
1.6.1 Beneficiarios. **7**
1.6.2 Impacto **8**
2. MARCO TEÓRICO **9**
2.1 Control De Procesos 9
2.1.1 Controladores Lógicos Programables PLC. **9**
2.1.2 Estructura de un PLC **10**

2.2 Sistema de Control 10
2.2.1 Introducción a los Sistemas de Control 10
2.2.2 Variable controlada y señal de control o Variable manipulada 11
2.2.3 Planta 12
2.2.4 Procesos 12
2.2.5 Sistemas 12
2.2.6 Perturbaciones 12
2.2.7 Control realimentado 12
2.2.8 Sistema de control en lazo cerrado 13
2.2.9 Sistema de control en lazo abierto 13
2.3 Reglas de Ziegler-Nichols para la sintonía de controladores PID 13
2.3.1 Control PID de plantas 14
2.4 Matlab 15
2.4.1 System Identification Toolbox 16
2.4.2 Simulink Control Design 16
2.5 Nivel 16
2.5.1 Lista De Métodos De Medición De Nivel 16
2.5.2 Control De Lazo Cerrado. 17
2.6 Elementos Básicos De Un Controlador. 18
2.7 Identificación De Sistemas. 20
2.8 Proceso De Muestreo 20
2.8.1 Muestreo y Retenedor (S/H) 20
2.8.2 Convertidor A/D 21
2.8.3 Convertidor D/A 21
2.8.4 Transductor 21
2.9 Cuantificación Y Errores De Cuantificación. 21
2.10 Tarjeta Arduino. 22
2.11 Lógica Difusa 23
2.11.1 Conceptos básicos de conjuntos difusos. 23
2.11.2 Inferencia Difusa 26
2.11.3 Desfusificación 27
2.12 Sistemas Scada's 29

3. MARCO METODOLÓGICO 30

3.1 Diseño e Implementación del Módulo Didáctico..... 31

3.1.2 Lámina de Pantalla HMI..... 31

3.1.3 Lámina de PLC S7-1500 CPU1516 3PN/DP..... 32

3.1.4 Lámina Fuentes De Alimentación..... 33

3.1.5 Láminas de Mando y Señalización 34

3.1.6 Lámina de Medidores Digitales D.C..... 34

3.1.7 Lámina de Distribución..... 35

3.1.8 Lámina de Variador de Frecuencia V20..... 36

3.1.9 Lámina de Módulo Relés..... 37

3.2 Planta didáctica industrial con aplicaciones para el control de nivel en un reservorio 38

3.3 Elaboración de conectores Plugs..... 38

4. RESULTADOS 40

4.1 Práctica #1: Declaración de variables de entradas y salidas para un control de marcha y paro..... 40

4.2 Práctica #2: Lectura de entradas analógicas con funciones de normalizar y escalar. 41

4.3 Práctica #3: Control de salida mediante el uso de contadores y comparadores. 42

4.4 Práctica #4: Utilización de 6 salidas físicas digitales para control de un semáforo con simulación en HMI. 43

4.5 Práctica #5: Control secuencial de motor a través de un variador de frecuencia. 44

4.6 Práctica #6: Comparación entre función de pertenencia de un conjunto triangular vs función de pertenencia de un conjunto trapezoidal para control difuso de llenado de tanque. 45

4.7 Práctica #7: Llenado de tanque mediante uso de función de pertenencia con conjunto triangular y trapezoidal en un solo control difuso para el llenado de tanque de la planta utilizando Fuzzy Designer en LabVIEW con OPC Server para comunicación con TIA Portal para control de proceso. 46

4.8 Práctica #8: Llenado de tanque mediante modelado discreto y continuo de la planta utilizando Fuzzy Designer en Labview con OPC Server para comunicación con TIA Portal para control de proceso. 48

4.9 Práctica #9: Control de nivel de tanque utilizando controlador PID Difuso elaborado en Labview utilizando DSC (sistemas de control distribuido. El sistema de control distribuido controla todos los tipos de variables de proceso a la vez, a través de esto podemos controlar toda la planta) y monitoreo en HMI. 50

4.10 Práctica #10: Comparación de Control de nivel de tanque utilizando controlador PID convencional (Proporcional, Integral y Derivativo) vs PID Difuso (conjuntos difusos relacionados con las acciones proporcionales y derivativas, sumándose la parte integral) elaborado en LabVIEW utilizando DSC y monitoreo en HMI. 52

5. CONCLUSIONES..... 57
6. RECOMENDACIONES 58
7. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS..... 59
8. PRESUPUESTO DE LOS AUTORES..... ¡Error! Marcador no definido.
9. PRESUPUESTO DE LA UNIVERSIDAD ..... ¡Error! Marcador no definido.
10. ANEXOS..... ¡Error! Marcador no definido.
PRÁCTICA #1 ..... ¡Error! Marcador no definido.
PRÁCTICA #2 ..... ¡Error! Marcador no definido.
PRÁCTICA #3 ..... ¡Error! Marcador no definido.
PRÁCTICA #4 ..... ¡Error! Marcador no definido.
PRÁCTICA #5 ..... ¡Error! Marcador no definido.
PRÁCTICA #6 ..... ¡Error! Marcador no definido.
PRÁCTICA #7 ..... ¡Error! Marcador no definido.
PRÁCTICA #8 ..... ¡Error! Marcador no definido.
PRÁCTICA #9 ..... ¡Error! Marcador no definido.
PRÁCTICA #10 ..... ¡Error! Marcador no definido.

Tabla de Figuras

Figura 1 Estructura básica de un PLC 10

Figura 2 Control PID de una planta 15

Figura 3 Control de lazo cerrado 17

Figura 4 Control de retroalimentación de lazo 17

Figura 5 Elementos básicos de un controlador 18

Figura 6 El proceso de identificación 20

Figura 7 Tarjeta Arduino Mega 23

Figura 8 Elementos de los conjuntos difusos..... 24

Figura 9 Conjuntos convexos y no convexos 25

Figura 10 Conjuntos Difusos 26

Figura 11 Bloques correspondientes a la Inferencia Difusa 26

Figura 12 Bloque Fusificador 27

Figura 13 Bloque Desfusificador..... 27

Figura 14 Pirámide de Automatización 29

Figura 15 Elaboración del módulo didáctico. 30

Figura 16 Diseño terminado del módulo didáctico..... 31

Figura 17 Lámina de pantalla HMI..... 32

Figura 18 Lámina de PLC S7-1500 CPU 1516 3PN/DP. 33

Figura 19 Lámina de Fuentes de alimentación 33

Figura 20 Lámina de Mando y Señalización. 34

Figura 21 Lámina de Medidores Digitales DC. 35

Figura 22 Lámina de Distribución. 36

Figura 23 Lámina de Variador de Frecuencia. 37

Figura 24 Lámina de Módulos de Relés. 37

Figura 25 Planta didáctica industrial. 38

Figura 26 Proceso para elaboración de plugs banana 39

Figura 27 Proceso de elaboración y pruebas de las láminas 54

Figura 28 Pruebas de conexión en las láminas 55

Figura 29 Programación en TIA Portal para diseño de prácticas 55

Introducción

El presente proyecto se basa en la implementación de un sistema de control difuso para control de llenado de tanque por medio de un PLC S7-1500 y comunicación con LabVIEW. Es decir, mediante comunicación Profinet se comunicará el PLC S7-1500 de nuestro módulo didáctico con el PLC S7-1200 que controla la planta de llenado de tanques. Utilizaremos el software OPC Server el cual servirá para llevar todas las variables que lea el módulo didáctico a un programa hecho en LabVIEW, y cuyo diseño SCADA vamos a visualizar en la pantalla HMI del módulo didáctico. El proyecto está enfocado en los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana Sede Guayaquil.

El objetivo principal de este proyecto de titulación es convertirlo en un aporte como herramienta didáctica y de apoyo para la enseñanza e ilustración de los alumnos, y de esta manera los estudiantes puedan poner en práctica sus conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera. Para ello se realizan prácticas básicas propuestas por los autores, centrándose en el tema de titulación. Se explicará diversos procesos y aplicaciones que un estudiante puede lograr con el módulo didáctico, beneficiándolos y alentándolos a crear e innovar más procesos con los módulos didácticos.

1. EL PROBLEMA

1.1 Planteamiento Del Problema

En la Facultad de Ingenierías de la Universidad Politécnica Salesiana se presenta una deficiencia en el ámbito experimental, puesto que no consta con el número de laboratorios y módulos necesarios para la gran afluencia de futuros profesionales presentes en las aulas. En relación con lo mencionado se plantea el diseño e implementación de un módulo con control difuso para llenado de tanque como proyecto de titulación, para poder ofrecer a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica, la oportunidad de fortalecer sus conocimientos prácticos en materias como por ejemplo: Automatización Industrial I y II, Informática Industrial, Redes de Computadoras entre otras; al brindarles un equipo robusto y moderno en automatización industrial, en el cual podrán aplicar los conocimientos vistos en materias como Comunicaciones Industriales, Automatización Industrial I, Automatización Industrial II y redes de computadoras III. Es decir, materias en las cuales podemos utilizar el software TIA Portal para programar los PLC S7-1500 con sus respectivas pantallas HMI y realizar prácticas guiadas por los docentes.

Al momento la sede cuenta con módulos didácticos, pero desactualizados, excluyendo equipos modernos y vanguardistas como el PLC S7-1500 y pantallas HMI, por lo que el proyecto de titulación viene a ser una idea afable de la cual tanto estudiantes como docentes se pueden beneficiar. Para probar el desempeño de este proyecto se realizarán prácticas, acorde a los temas sugeridos por el docente para ver la viabilidad de este proyecto de titulación.

Se realizarán prácticas con el tema de diseño de controlador difuso para el manejo de llenado de un tanque, en el cual deberemos utilizar conocimientos tanto de Informática Industrial como de Automatización Industrial I y II.

1.2 Delimitación.

1.2.1. Temporal

El proyecto se diseñará y desarrollará en la ciudad de Guayaquil, Ecuador en el periodo 2019-2020.

1.2.2. Espacial

El proyecto se desarrollará en las instalaciones del Laboratorio de Automatización Industrial de la carrera Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil, que se encuentra ubicada en la Av. Domingo Comín y callejón Chambers.

1.2.3. Académica

A través del diseño e implementación y desarrollo de este proyecto de titulación se aplicarán conocimientos técnicos adquiridos durante los cursos regulares y seminarios profesionales dictados en el trascurso de la carrera en las materias como Redes de Computadoras III, Informática Industrial, Automatización Industrial I y II, programación utilizando Tía Portal para el desarrollo del SCADA y LabVIEW para la lectura de variables con OPC Server (el OPC es un estándar de comunicación en lo que conocemos como campo de control y supervisión de los procesos industriales), ofrece una interfaz común para comunicación la cual nos permite q dos software individuales interactúen y compartan datos.

1.3 Objetivos.

1.3.1 Objetivos Generales

Diseñar e implementar un controlador difuso para el llenado de un tanque por medio de un controlador lógico programable (PLC) S7-1500 y comunicación con LabVIEW.

1.3.2 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 nuevo laboratorio de Automatización Industrial el módulo didáctico con el fin de desarrollar las prácticas propuestas como parte del proyecto.

- Realizar las 10 prácticas para el módulo que se construirán en el laboratorio de Automatización Industrial con la finalidad de que los estudiantes utilicen estas prácticas como guía para el manejo de los módulos.

- Elaborar manual de 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 el monitoreo y control del tanque.

1.4 Justificación

Actualmente la Universidad Politécnica Salesiana al encontrarse con instalaciones antiguas y desactualizadas en relación a los requerimientos para los nuevos profesionales y sobre todo a la cantidad de población estudiantil que están acogiendo, se ha visto en la necesidad de efectuar un

proceso de mejoras, y es aquí donde el presente proyecto de titulación aporta en mejoras en la enseñanza práctica de los estudiantes , pues gracias a este proyecto de titulación y otros, se ha implementado un nuevo Laboratorio de Automatización para cubrir proporcionalmente con la cantidad de estudiantado. El módulo didáctico de este proyecto se ha diseñado e implementando con nuevos y modernos equipos, con el fin de complementar los conocimientos teóricos y prácticos a través de equipos electrónicos de última generación en el área industrial. Por lo tanto, mediante nuestro trabajo se logra satisfacer una necesidad y crear un ambiente de aprendizaje completo a los estudiantes que cursen materias como Automatización Industrial I, Automatización Industrial II y Redes de Computadoras III.

Por lo mencionado se plantea el desarrollo de un módulo didáctico con un controlador PLC S7-1500 para prácticas universitarias con el uso del software Tía portal, el mismo que será implementado en el laboratorio de Automatización Industrial de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil. Esto será de gran ayuda para los estudiantes, ya que permitirá mejorar, afianzar y perfeccionar la formación de futuros Ingenieros familiarizándolos con la programación en PLC.

1.5 Metodología

1.5.1 Métodos de Investigación.

Para el diseño e implementación de este proyecto de titulación se ha seleccionado del abanico que ofrece la investigación, los siguientes métodos, con el objetivo de obtener la mejor metodología para el trabajo propuesto, tales como:

1.5.2 Método Exploratorio - Descriptivo

Se tomó el método Exploratorio- descriptivo al realizar pruebas de obtención de datos de los sensores de la planta de llenado de tanques, mediante la comunicación de los dos PLCs para la adquisición de la información.

1.5.3 Técnica.

Con lo anteriormente expuesto, se detalla a continuación las técnicas utilizadas durante el transcurso del proyecto de graduación, tales como:

1.5.3.1 Técnica de Campo

Por medio de la implementación práctica en el laboratorio de automatización industrial del módulo didáctico utilizando los equipos suministrados por la Universidad Politécnica Salesiana y por los estudiantes que desarrollan el proyecto de titulación.

1.5.3.2 Técnica Documental

Mediante la obtención de información apoyada en investigaciones que recopilaron datos de diferentes fuentes internas y externas con el fin de aportar en los conocimientos en comunicaciones industriales, automatización, programación de controladores y las diversas áreas vinculadas. De esta forma se establecerá el correcto diseño y posteriormente la implementación de nuestro módulo con el fin de la correcta adaptación a la planta didáctica.

1.5.4 Instrumentos de Investigación y Recolección de datos

Para el desarrollo del Proyecto se emplearon varios instrumentos que permitió acceder a los valores acertados para el correcto desempeño de nuestro módulo y planta, tales como:

-Sustentación en tesis anteriores con temas similares

-La obtención de datos mediante el software LabVIEW

-Adecuación de las medidas y forma de elementos del módulo mediante CAD 2018

-Lectura de los datos de los sensores para visualizar en funcionamiento correcto de la planta

1.6 Descripción de la Propuesta

Diseñar un módulo didáctico para realizar prácticas estudiantiles con el PLC S7-1500 que es entregado por la universidad como tema de titulación para los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica con mención en Automatización Industrial.

La implementación de este módulo didáctico se elaborará en las instalaciones de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil en el Laboratorio de Automatización. Las prácticas principales del proyecto de titulación consistirán en el control de llenado de dos tanques por medio de lógica difusa elaborada desde un OPC Server en LabVIEW.

1.6.1 Beneficiarios.

El presente proyecto busca beneficiar a los estudiantes de Ingeniería Electrónica que estén cursando semestres en los cuales se requiera utilizar PLCs para realizar las prácticas sugeridas por los docentes, también a estudiantes de la Universidad Politécnica Salesiana que cursen los seminarios relacionados al campo de Automatización Industrial, cuya finalidad es complementar

y reforzar los conocimientos adquiridos teóricamente en clases, y con esto, incentivar a realizar proyectos basados en programación de PLC con diversas finalidades.

1.6.2 Impacto

La planta y el módulo realizado otorgará a los estudiantes de la carrera de Ingeniería Electrónica y demás individuos interesados en el tema, el beneficio de contar con un sistema industrial completo, para impulsarlos a recordar sus conocimientos teóricos e implementarlos de manera técnica y práctica, y así conocer a más profundidad los elementos y componentes comúnmente empleados en los procesos industriales

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Control De Procesos

La instrumentación para el control de procesos se ha desarrollado a pasos lentos, una de las razones es porque no había tantos procesos industriales a ser servidos (Norman Anderson, 1997). Varias industrias empezaron a desarrollarse alrededor del siglo XX, y la instrumentación de procesos creció con ella. Sin embargo, la instrumentación de procesos de "conexiones directas" fue habilitada en los 1930s. En la década que le siguió los instrumentos de transmisión neumática hacen que las redes complejas de controles centralizados sean llevadas a cabo. Luego la instrumentación electrónica fue desarrollada en los 1950s, y su popularidad despuntó rápidamente. En las décadas más recientes se produjeron las técnicas digitales de computadores, las que proveen de mayor rendimiento a los procesos complejos. Sin embargo, las tendencias actuales indican que los procesos de plantas a futuro emplearán combinaciones de sistemas analógicos y digitales.

2.1.1 Controladores Lógicos Programables PLC.

Como nos muestra (Micromecánica, 2014), el PLC es un equipo electrónico, es un aparato digital electrónico con una memoria programable para el almacenamiento de instrucciones, permitiendo la implementación de funciones específicas, a saber: lógicas, secuencias, temporizados, conteos y aritméticas; con el objeto de controlar máquinas y procesos.

Los PLC son implementados en cualquier área industrial que requiera tanto de controles lógicos como controles secuenciales, y en algunos casos ambos. Se utilizan para la ejecución de diferentes tareas previamente programadas de manera que actúen de forma cíclica. La programación de los PLC podrá ser interrumpida por un tiempo para la ejecución de diferentes tareas consideradas primarias, pero su principal característica es la garantía de ejecución completa del programa principal. Los PLC son empleados en

todos los sectores industriales, cuyo control y ejecución de procesos deberán ser realizados en milisegundos de forma segura. Además de usarlo en procesos industriales donde se requieran recetas o secuencias.

2.1.2 Estructura de un PLC

La estructura básica de un PLC como se muestra en (Micromecánica, 2014) está compuesta por:

- La CPU.
- Las interfaces de entradas digitales/analógicas.
- Las interfaces de salidas digitales/analógicas.
- Módulos de comunicación

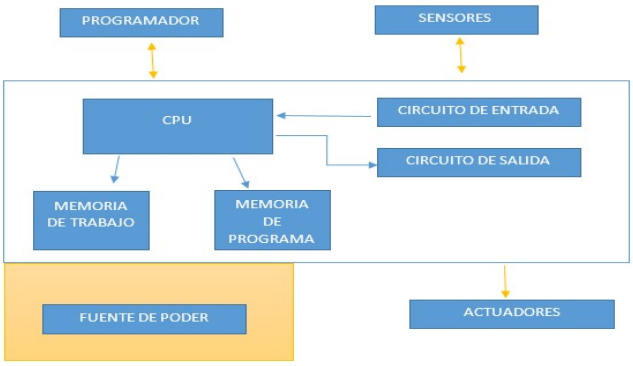


Figura 1 Estructura básica de un PLC

Fuente: (Antonio Creus Sole, 2010)

2.2 Sistema de Control

2.2.1 Introducción a los Sistemas de Control

Los sistemas de control automático ocupan un papel muy importante en los avances de la ingeniería y la ciencia como lo menciona (Katsuhiko Ogata, 2010). Los sistemas de control automático han sido de utilidad en diversas áreas de la ciencia y la ingeniería, tanto así que se han vuelto una parte integral de diversos sistemas como los controles de procesos de las industrias, los sistemas de navegación de los vehículos espaciales, en los

sistemas robóticos, cualquier tipo de operación industrial que requiera un manejo con exactitud de variables como la presión, la humedad, el flujo, la porosidad, la conductividad, la temperatura, etc.

El primer trabajo que se considera el más significativo en control automático fue el regulador de velocidad centrífugo de James Watt cuyo trabajo fue diseñado para el control de la velocidad de una máquina de vapor, dicho logro se alcanzó en el siglo dieciocho. Durante los años cuarenta, los métodos de la respuesta en frecuencia hicieron posible que los ingenieros diseñaran sistemas de control lineales en lazo cerrado que lograran funcionar con los requisitos de comportamiento.

En los años cuarenta y cincuenta muchos sistemas de control industrial utilizaban controladores PID para el control de la presión, de la temperatura, el caudal, la velocidad etc. A principios de los cuarenta Ziegler y Nichols establecieron reglas para sintonizar controladores PID, las llamaron las reglas de sintonía de Ziegler- Nichols.

Para un mejor entendimiento de los sistemas de control, se deben definir ciertos térmicos básicos empleados, los siguientes conceptos son parte de los conocimientos en (Katsuhiko Ogata, 2010).

2.2.2 Variable controlada y señal de control o Variable manipulada

La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La variable manipulada también conocida como señal de control, es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada, normalmente la variable controlada es la salida del sistema. Controlar significa medir el valor de la variable controlada del sistema y aplicar la variable manipulada al sistema para corregir la desviación del valor medido respecto del valor deseado. (Katsuhiko Ogata, 2010)

2.2.3 Planta

Podemos interpretar como planta a la parte de un sistema o equipo, también se lo puede considerar como un grupo de elementos de una máquina que funcionan juntos, y cuyo objetivo es efectuar una operación particular. (Katsuhiko Ogata, 2010)

2.2.4 Procesos

Se conoce como procesos a un crecimiento natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales dados por etapas de manera relativamente fija. Podemos llamar proceso a cualquier operación que se va a controlar. Algunos ejemplos son los procesos químicos, económicos y biológicos. (Katsuhiko Ogata, 2010)

2.2.5 Sistemas

Se conoce como sistema a una combinación de componentes que trabajan en conjunto y realizan un objetivo específico. Un sistema no está necesariamente limitado a los sistemas físicos. Por tanto, el término sistema deberá interpretarse en un sentido que comprenda diferentes modelos como los sistemas físicos, biológicos, económicos, etc. (Katsuhiko Ogata, 2010)

2.2.6 Perturbaciones

Una perturbación es una señal que es propensa a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se origina dentro del sistema se denomina interna, mientras que una perturbación externa tiene origen fuera del sistema y se la conoce como una entrada. (Katsuhiko Ogata, 2010)

2.2.7 Control realimentado

Se conoce como control realimentado a la operación que, en presencia de perturbaciones, es propensa a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia, y lo efectúa tomando en cuenta esta diferencia. Se establecen con

este término las perturbaciones impredecibles, ya que las perturbaciones predecibles o conocidas siempre pueden nivelarse dentro del sistema. (Katsuhiko Ogata, 2010)

2.2.8 Sistema de control en lazo cerrado

Se denominan sistemas de control en lazo cerrado a los sistemas que son de control realimentado. Los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En estos sistemas se alimenta al controlador con la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación, con el fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema. (Katsuhiko Ogata, 2010)

2.2.9 Sistema de control en lazo abierto

Estos son los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para relacionarla con la entrada. En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por eso a cada entrada de referencia le retribuye una condición de operación fija; como resultado de ello, la exactitud del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada, sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado. (Katsuhiko Ogata, 2010)

2.3 Reglas de Ziegler-Nichols para la sintonía de controladores PID

En este contenido mostrado en el capítulo de control PID de (Katsuhiko Ogata, 2010) podemos observar el PID y su sintonización mediante un tipo de técnicas empíricas como

se presenta a continuación:

2.3.1 Control PID de plantas

Podemos observar que en la figura 2 se muestra un control PID de una pequeña planta. Si nosotros podemos obtener un modelo matemático de la planta, es posible aplicar diversas técnicas de diseño con el fin de determinar los parámetros del controlador que cumpla las especificaciones del transitorio y del estado estacionario del sistema en lazo cerrado. Sin embargo, si la planta es tan complicada que no es fácil obtener su modelo matemático, tampoco es posible un método analítico para el diseño de un controlador PID. En esta excepción, se debe recurrir a varios procedimientos experimentales para la sintonía de los controladores PID.

Existen varios procesos de selección en este caso se hace referencia al proceso de seleccionar los parámetros del controlador que cumplan con las especificaciones de comportamientos solicitados se conoce como sintonía del controlador Ziegler y Nichols; la misma que sugiere reglas para sintonizar los controladores PID (esto significa dar valores a *Kp*, *Ti* y *Td*) basándose en las respuestas escalón experimentales o en el valor de *Kp* que produce estabilidad marginal cuando sólo se usa la acción de control proporcional. Las reglas de Ziegler-Nichols, que se presentan a continuación, son muy convenientes cuando no se conocen los modelos matemáticos de las plantas. (Por supuesto, estas reglas se pueden aplicar al diseño de sistemas con modelos matemáticos conocidos.) Tales reglas sugieren un conjunto de valores de *Kp*, *Ti* y *Td* que darán una operación estable del sistema.

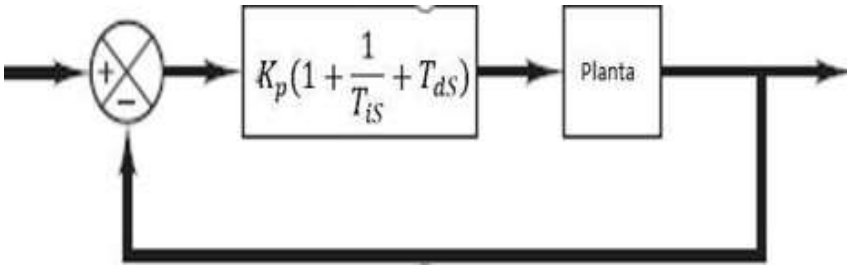


Figura 2 Control PID de una planta

Fuente: (Katsuhiko Ogata, 2010)

En esta ocasión, el sistema resultante puede presentar una gran variación en su respuesta escalón de forma que no resulte adecuada. De hecho, las reglas de sintonía de Ziegler- Nichols dan una estimación razonable de los parámetros del controlador y proporcionan un punto de partida para una sintonía fina, en lugar de dar ciertos parámetros en *Kp*, *Ti* y *Td* en un único intento.

2.4 Matlab

En palabras de (Arellano, 2013) conocemos a MATLAB (Moler C., 1970) como un lenguaje de programación de alto nivel orientado al cálculo técnico que integra un entorno amigable para el cálculo, la visualización de resultados y la codificación de programas.

El software es principalmente utilizado para:

- Cálculos y matemáticas
- Desarrollo de algoritmos
- Adquisición de datos
- Modelamiento, simulación y visualización de datos
- Gráficos científicos y de ingeniería
- Desarrollo de aplicaciones con interfaces gráficas.

2.4.1 System Identification Toolbox

Esta herramienta del software Matlab nos permite crear modelos de sistemas dinámicos lineales y no lineales a partir de datos de medidas de entrada y salida. (MathWorks, Inc,1984-2020)

2.4.2 Simulink Control Design

Esta herramienta que se encuentra dentro del software Matlab permite obtener ganancias de cálculo PID, modelos linealizados y diseño de sistemas de control. (MathWorks, Inc,1984-2020)

2.5 Nivel

Tomando como referencia (Instrumentation for process measurement and control 3rd edition, 1997) y además (Instrumentación Industrial, 2012) las plantas de procesos por lo general tienen tanques, reservorios o contenedores. Su función es almacenar o procesar materiales dentro de ellos. La medición exacta del contenido de estos reservorios es vital. Usualmente el material en el tanque es líquido, pero ocasionalmente este puede consistir de sólidos. Al comienzo, la medición de nivel parecería ser un problema simple de resolver. Sin embargo, una mirada más cercana revela una variedad de problemas que deben ser resueltos para que esta medición sea precisa. El material puede tender a solidificarse; pude ser corrosivo; puede evaporarse; puede contener sólidos; o puede crear otras dificultades.

2.5.1 Lista De Métodos De Medición De Nivel

-Capacitivo.

-Peso.

-Conductancia.

-Desplazamiento.

-Ultrasónico.

-Flotador y cable.

2.5.2 Control De Lazo Cerrado.

Según (Instrumentación industria, 2012) y (D. R. Misa Llorca, Control Inteligente, 2011) en los lazos de control de retroalimentación la variable a ser controlada es medida y comparada con un valor deseado denominado “setpoint”. La diferencia entre ambos datos se llama “error” por lo que el controlador efectúa una corrección para disminuir el error. Dentro del proceso que ejerce el controlador, contamos con un "punto de suma " algebraica acepta dos entradas, una de la medición, la otra del valor de setpoint (valor deseado). Mediante esto tendremos como resultado a la salida la diferencia entre estas 2 informaciones.

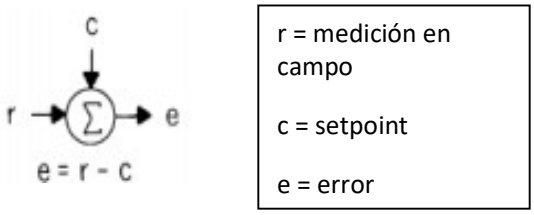


Figura 3 Control de lazo cerrado

Fuente: (Instrumentación industrial, 2012)

Un sistema de control de retroalimentación de lazo típico es mostrado en la siguiente figura:

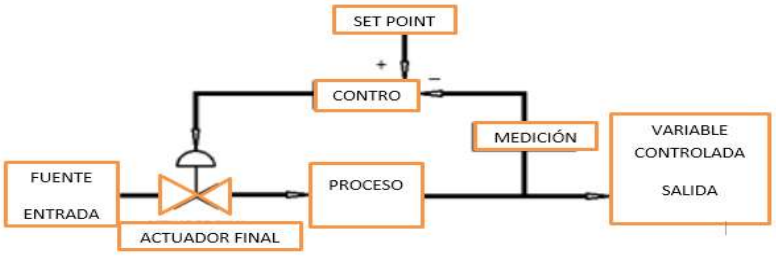


Figura 4 Control de retroalimentación de lazo

Fuente: (Instrumentación industria, 2012)

2.6 Elementos Básicos De Un Controlador.

A continuación, se define por (Instrumentation for process measurement and control 3rd edition, 1997), (Universidad de El Salvador – Facultad de Ingeniería Y Arquitectura – Escuela de Ingeniería Eléctrica, Instrumentación Electrónica I, 2009) y (C. L. Finn, All-Semiconductor Memory System, 1972) los elementos de un controlador.

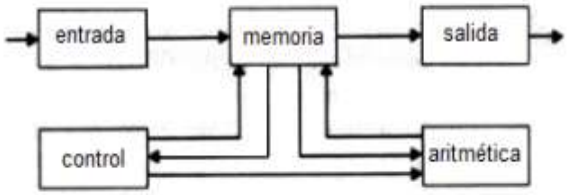


Figura 5 Elementos básicos de un controlador

Fuente: (Instrumentation for process measurement and control 3rd edition, 1997)

- Entradas.

Estas trasladan la información de la entrada preparada por las personas de una manera en que la máquina pueda procesarla. Las entradas convierten la información en señales como voltaje o corriente. Esto internamente se leen como bits, bytes, variables enteras y reales.

- CPU.

La combinación del trabajo de la memoria, el control y elementos aritméticos es llamada CPU. También consta de un bus de transferencia y recepción de señales, los controladores o módulos se conectan directamente con este bus.

- Memoria.

Este elemento guarda la información que es procesada y requerida.

- Control

Esta unidad selecciona información de la memoria en secuencia y la envía a otro elemento que vaya a usarla.

- Aritmética.

La unidad aritmética recibe información de la unidad de control. Aquí, la información, todavía en forma de palabras simbólicas, se analiza, descompone, se combina, y se cambian de acuerdo con las reglas básicas de lógica diseñados en la máquina y de acuerdo con los comandos recibidos de la unidad de control.

- Salidas

Cuando una señal ha sido procesada por la etapa aritmética se convierte en una respuesta y esta es enviada a la memoria para pasar a los elementos de salida. El elemento de salida revierte el proceso convirtiéndolo en un tren de pulsos de manera que pueda ir a operadores y a actuadores.

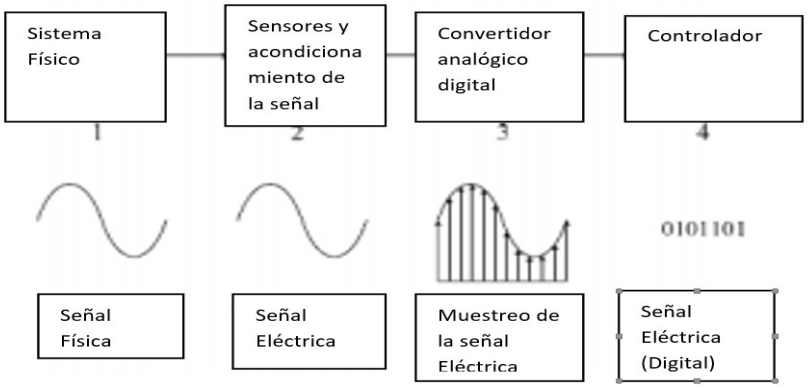


Figura 6: Sistema de conversión de señales, Conversión analógica / digital

Fuente: (U. d. E. S. d. I. E. USAL, 2009)

2.7 Identificación De Sistemas.

Se entiende (María Elena López, 2003) por identificación de sistemas a la obtención de un modelo por medio de una forma experimental de captura de datos, este modelo debe ser capaz de recrear las dinámicas del proceso estudiado. El proceso de identificación comprende los pasos que se aprecian en la siguiente figura:

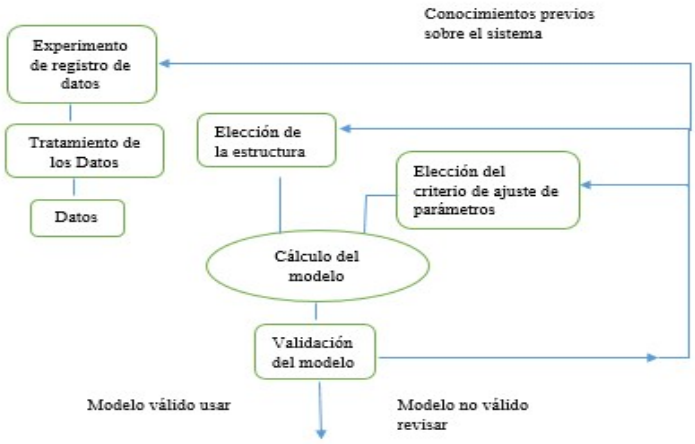


Figura 6 El proceso de identificación

Fuente: (María Elena López, 2003)

2.8 Proceso De Muestreo

La señal de muestreo reemplaza la señal en tiempo continuo por una serie de valores secuenciales presentes en puntos discretos de tiempo. El proceso de muestreo es seguido por un proceso de cuantificación a través del cual la amplitud analógica muestreada se reemplaza por una amplitud digital representada por un número binario. (Katsuhiko Ogata, 1996)

2.8.1 Muestreo y Retenedor (S/H)

Este circuito recibe como entrada una señal analógica y mantiene dicha señal en un valor constante durante un tiempo específico. (Katsuhiko Ogata, 1996)

2.8.2 Convertidor A/D

Convierte una señal analógica en digital usualmente una señal codificada numéricamente. La conversión es una aproximación (cuantificación), ya que la señal analógica puede adoptar un número infinito de valores. (Katsuhiko Ogata, 1996)

2.8.3 Convertidor D/A

También llamado decodificador, es un dispositivo que convierte una señal digital (datos codificados numéricamente) en una señal analógica. (Katsuhiko Ogata, 1996)

2.8.4 Transductor

Este dispositivo convierte una señal de entrada en una señal de salida de naturaleza diferente a la de la entrada. Dicho por (J. Del Pozo, 2011).

2.9 Cuantificación Y Errores De Cuantificación.

Se denomina cuantificación de la amplitud a la representación de una señal continua o analógica por medio de un número finito de estados discretos. La representación del valor de una muestra obtenida a través de un código numérico se denomina codificación. (Katsuhiko Ogata, 1996)

- Cuantificación.

El sistema binario es el que se emplea para el procesamiento de señales digitales. Este sistema numérico consiste en n pulsos, cada uno de los cuales indica ya sea encendido 1 o apagado 0. (Katsuhiko Ogata, 1996)

- Nivel de cuantificación.

Es el intervalo entre 2 puntos adyacentes de decisión, tal como se muestra en la fórmula (1)

$$Q = \frac{FSR}{2^n} \qquad (1)$$

Donde FSR es el rango de cuantificación.

-Error de cuantificación.

Un número analógico se debe redondear al nivel digital más cercano lo que resulta en un error de cuantificación que se da entre 0 y ½. (Katsuhiko Ogata, 1996)

-Q.

El error de cuantificación es la diferencia entre $(tt) = (t) - (t')$ y la magnitud del error cuantificado es $0 \leq |(t)| \leq 1/2Q$.

Donde:

t: se refiere a la secuencia de muestras de amplitud discreta a la salida del cuantificador.

t': se refiere a la secuencia de muestras de amplitud continua a la entrada del cuantificador.

2.10 Tarjeta Arduino.

Arduino (Xataka Basics, 2018) es una plataforma de creación de electrónica de código abierto, la cual está basada en hardware y software libre, flexible y fácil de utilizar para los creadores y desarrolladores. Arduino permite al programador crear diferentes tipos de microordenadores de una sola placa a los que la comunidad de creadores puede utilizar de diferentes formas.
Según nos explica (Xataka Basics, 2018) Arduino es una placa basada en un microcontrolador ATMEL, los cuales son circuitos integrados en los que se pueden grabar instrucciones. El microcontrolador de Arduino posee lo que se llama una interfaz de entrada, que es una conexión en la que podemos conectar en la placa diferentes tipos de periféricos. La información de estos

periféricos que conectes se trasladará al microcontrolador, el cual se encargará de procesar los datos que le lleguen a través de ellos.

Figura 7 Tarjeta Arduino Mega

Fuente: (Xataka Basics, 2018)

2.11 Lógica Difusa

Según indica (D. R. Misa Llorca, 2011) y (O. Mas Casals, 1997) la implementación de la lógica difusa pretender proporcionar un modelado a las formas de razonamiento propio del ser humano, debido a que son más aproximados que precisos o exactos. La lógica difusa se maneja como una teoría de conjuntos difusos para sistemas con límites imprecisos. La lógica difusa fue propuesta por primera vez por Lotfí A. Zadeh de la Universidad de California (EU) en un artículo en el año 1965. En 1973 Lotfí A. Zadeh introdujo el concepto de "variable lingüística" definida como conjunto difuso. Los sistemas difusos fueron ignorados por mucho tiempo, pero los japoneses realizaron importantes aportes en este campo, y en 1987 implementaron un sistema de control difuso para el ferrocarril de Sendai.

2.11.1 Conceptos básicos de conjuntos difusos.

Así la definición propuesta por (D. R. Misa Llorca, 2011) establece que un conjunto difuso permite la pertenencia parcial de sus elementos, distinguiéndose de los conjuntos clásicos, en los que cualquier elemento del universo pertenece o no al conjunto. Para los conjuntos difusos

un elemento del universo puede pertenecer a uno o más conjuntos con distintos grados de pertenencia.

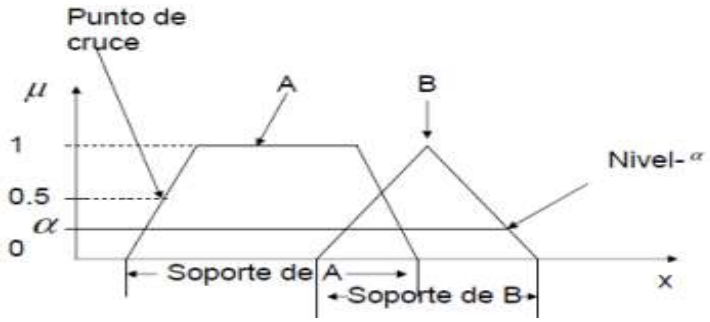


Figura 8 Elementos de los conjuntos difusos

Fuente: (D. R. Misa Llorca, 2011)

Universo de discurso u

Determina los valores que pueden tomar los elementos que posee la prioridad expresada por la variable lingüística. (D. R. Misa Llorca, 2011)

Etiquetas

Son las clasificaciones que se efectuarán sobre la variable lingüística. Cada etiqueta tendrá un conjunto difuso asignado. (D. R. Misa Llorca, 2011)

Función de pertenencia o membresía u(x).

Es una relación que asocia cada elemento en un conjunto con su grado de pertenencia (un número real entre [0, 1]). Este puede ser mostrado como una función continua o como un grupo de valores discretos. (D. R. Misa Llorca, 2011)

Soporte

Proporciona un rango de definición para la función de pertenencia. (D. R. Misa Llorca, 2011)

Corte α.

Es el subconjunto que pertenece al conjunto difuso con un grado de pertenencia mayor o igual que α. El valor α es llamado nivel- α. (D. R. Misa Llorca, 2011)

Punto de cruce

Es el punto donde la función de membresía toma el valor de 0.5(D. R. Misa Llorca, 2011)

Convexidad

Una función de membresía puede ser unimodal (conjunto convexo) o multimodal (conjunto no convexo). (D. R. Misa Llorca, 2011)

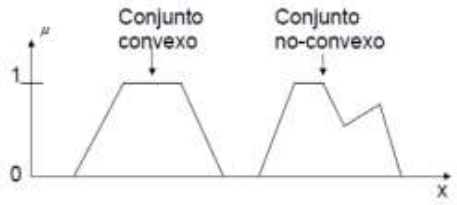


Figura 9 Conjuntos convexos y no convexos

Fuente: (D. R. Misa Llorca, 2011)

2.11.1.2 Conjuntos difusos comunes

Como se mencionó antes, un conjunto difuso puede representarse en forma continua en donde se emplean funciones continuas o gráficas para representarlas; en la forma discreta se emplean pares ordenados (x, u(x)). (D. R. Misa Llorca, 2011)

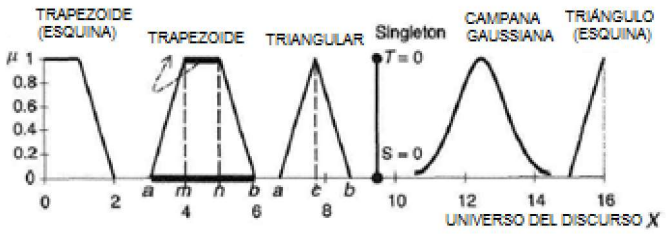


Figura 10 Conjuntos Difusos

Fuente: (D. R. Misa Llorca, 2011)

2.11.2 Inferencia Difusa

Se denomina inferencia difusa al proceso de formular el mapeo de una entrada recibida hacia una salida empleando la lógica difusa. La inferencia en sistemas difusos basados en reglas es el proceso de obtener un conjunto difuso de salida, dadas las reglas y las entradas. El mecanismo de inferencia en el modelo lingüístico se basa en la regla composicional de inferencia de (Zadeh), que significa que se puede inferir una conclusión si se conoce parcialmente el antecedente. (D. R. Misa Llorca, 2011); (O. Mas Casals, 1997)

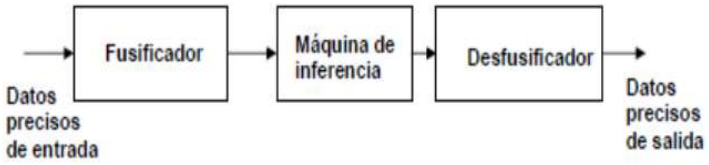


Figura 11 Bloques correspondientes a la Inferencia Difusa

Fuente: (D. R. Misa Llorca, 2011)

-Bloque Fusificador

Aquí a las variables de entrada se le asigna su valor de pertenencia a cada conjunto difuso del universo de discurso.

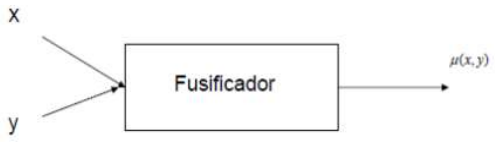


Figura 12 Bloque Fusificador

Fuente: (D. R. Misa Llorca, 2011)

-Bloque Desfusificador

A partir del bloque difuso obtenido en el mecanismo de inferencia y mediante los métodos matemáticos de Desfusificación se obtienen un valor a la salida (G.M López, 2004).

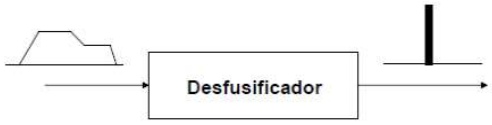


Figura 13 Bloque Desfusificador

Fuente: (D. R. Misa Llorca, 2011)

2.11.3 Desfusificación

Luego de encontrar las variables lingüísticas que describen a las entradas y sus reglas es necesario convertirlas en valores escalares para la salida que se comunica con el proceso. Para realizar la Desfusificación se cuenta con los siguientes métodos: Método Centro De Gravedad (**MCDG**), Método el Promedio De Centros (**MPDC**), Método Del Máximo (**MDM**). (G.M López, 2004).

Método Centro De Gravedad (MCDG)

Este calcula el centro de área del conjunto difuso resultante. Tal como se muestra en la formula

$$y^* = \frac{\int_v}{\int_v} \frac{u(z)zdz}{u(z)dz} \qquad 2)$$

Método Del Promedio de Centros (MPDC)

Representa el promedio ponderado de los centros de las funciones de pertenencia implicadas para la salida, tal como se muestra en la fórmula

$$y^* = \frac{\sum_i b_i \mu_{hi}}{\sum_i \mu_{hi}} \qquad 3)$$

μ_{hi} Representa la altura de la función de membresía en ese centro.

Método del Máximo (MDM)

El valor a la salida se determina seleccionando el valor específico perteneciente a la altura del conjunto difuso implicado para la salida. Si la altura contiene más de un punto, entonces se pueden emplear:

-Valor infinito de la altura

Tal como se muestra en la fórmula

$$y^{*1} = \inf \{\text{y altura } y^{dif}\} \qquad 4)$$

-Valor supremo de la altura

Tal como se muestra en la fórmula

$$y^{*2} = \sup \{\text{y altura } y^{dif}\} \qquad 5)$$

-Valor promedio de la altura

Tal como se muestra en la fórmula

$$y^{*3} = \text{prom} \{\text{y altura } y^{dif}\} \qquad 6)$$

2.12 Sistemas Scada's

Comprende todas las soluciones en las cuales se requiere captura de información de un proceso industrial, estos datos permiten realizar una serie de análisis con los que se pueden obtener indicadores que den retroalimentación del estado de un proceso. (V. Moreno Vera, 2011).

Figura 14 Pirámide de Automatización

Fuente: (V. Moreno Vera, 2011)

La parte de interfaz de visualización la podemos encontrar en el nivel 3 de la pirámide de automatización. El nivel 1 es el más cercano al proceso, donde se encuentran sensores y actuadores; esta etapa se encarga de la recolección de datos y la ejecución del proceso.

En el nivel 2 se tienen pequeños autómatas que recopilan procesan y ejecutan la información de los sensores y actuadores. Para dar paso al nivel 3 que es la interacción con los operadores.

3. MARCO METODOLÓGICO

El presente proyecto de titulación plantea el diseño y la implementación de un módulo didáctico que formará parte del material de aprendizaje práctico correspondiente al nuevo laboratorio de Automatización. Incluye la elaboración y detalle de 10 prácticas desarrolladas como guía, con el fin de aprovechar de la manera más eficiente el potencial del módulo; este manual constituirá la guía necesaria para dirigir a los estudiantes hacia la interacción con los diferentes elementos que forman parte del módulo y plasmar en físico sus conocimientos adquiridos en las aulas de manera interactiva y dinámica.

El módulo didáctico está formado por 10 láminas de aluminio divididas en dos segmentos idénticos de 98 cm de alto, uno en la parte superior y otro en la inferior que dan soporte a las láminas de 3 mm de espesor con la destacada característica de ser corredizas y permitir su extracción para ser ubicadas acorde a la necesidad del usuario, cuentan con su serigrafía y detalle correspondiente para identificar los equipos eléctricos, de control y fuerza.

Se hizo el uso del software de AutoCAD para efectuar el diseño del módulo didáctico, de la vista frontal del motor, del variador, de las conexiones y de las láminas en general cumpliendo el objetivo de la visualización de la posición de todos los equipos antes de proceder con la fase de su montaje.

Figura 15 Elaboración del módulo didáctico.

Fuente: (Autores)

3.1 Diseño e Implementación del Módulo Didáctico

Es importante mencionar que todos los equipos de control instalados sobre las láminas llevarán su serigrafía de identificación, así como también en las respectivas conexiones del cableado de control facilitando determinar la posición exacta en cada bornera ya que haremos uso de conectores tanto rojos como negros de 10 mm para las conexiones entre equipos eléctricos. Las características del diseño de cada lámina se indican a detalle en el desarrollo de este capítulo.

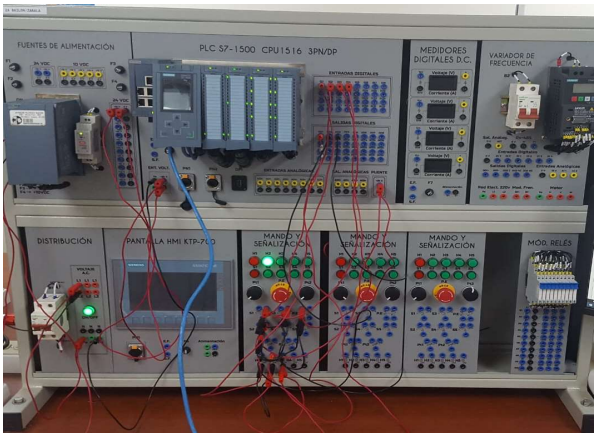


Figura 16 Diseño terminado del módulo didáctico.

Fuente: (Autores)

3.1.2 Lámina de Pantalla HMI

El diseño de esta lámina está dirigido para la simulación, animación y visualización de los procesos industriales, cuyas especificaciones son: una pantalla HMI a color de 7 pulgadas de dimensiones 23cmx34,3cm, que cuenta con una interconexión mediante un conector RJ45 para su correspondiente conexión al adaptador de Puerto Ethernet presente en la lámina y un fusible para la protección de la alimentación y de característica enroscable.

Figura 17 Lámina de pantalla HMI.

Fuente: (Autores)

3.1.3 Lámina de PLC S7-1500 CPU1516 3PN/DP

Esta lámina está diseñada con un dimensionamiento de 44cmx34,3cm con el propósito de controlar la programación de los procesos a realizar, incorpora un Switch Ethernet Scalance XB005, lo conforman también un PLC S7-1500 CPU 1516 3PN/DP, el mismo que recibe la alimentación de la fuente de alimentación que cuenta con una protección por un seccionador de porta fusible el cual provee de seguridad eléctrica al controlador y evita cualquier cortocircuito, Sobre la lámina están interconectadas por la parte frontal y trasera los cables de alimentación, entradas y salidas tanto digitales como analógicas de los dispositivos montados.

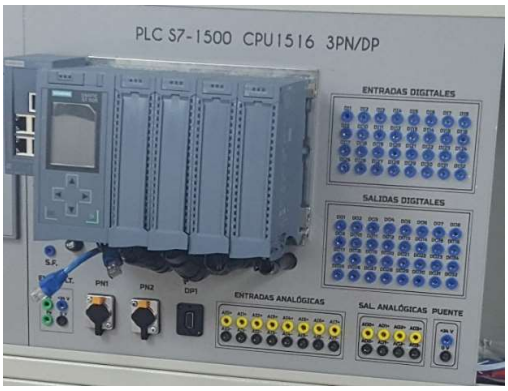


Figura 18 Lámina de PLC S7-1500 CPU 1516 3PN/DP.

Fuente: (Autores)

3.1.4 Lámina Fuentes De Alimentación

El diseño de la lámina le corresponde unas medidas de 21cmx34,3cm, está constituida para recibir la alimentación monofásica de la lámina de distribución, que posee en su parte superior la protección por parte de 4 porta fusibles ,para otorgarle la protección necesaria ante una sobrecarga suscitada en la fuente de alimentación que realiza la transformación de voltaje AC-DC, suministrando una tensión de 10 VDC y 24VDC, cuyo flujo será transportado a través de los conductores eléctricos por la parte superior o del costado derecho de la lámina.

Figura 19 Lámina de Fuentes de alimentación

Fuente: (Autores)

3.1.5 Láminas de Mando y Señalización

El diseño correspondiente a estas 3 láminas idénticas de medidas 14cm X 34,3cm se lo realizó con el fin de efectuar la interfaz HMI (Interfaz hombre-máquina) por la que para una mejor visualización se posicionan en la parte superior los dispositivos de mando. Está compuesta de: 2 potenciómetros ,1 pulsador de emergencia de 16mm ubicado en el centro, borneras de señal de los dispositivos dispuestas en la parte inferior ,5 luces pilotos y 5 switchs en cada una de las 3 láminas de esta sección.

Figura 20 Lámina de Mando y Señalización.

Fuente: (Autores)

3.1.6 Lámina de Medidores Digitales D.C.

El diseño impuesto a esta lámina cuyo dimensionamiento es de 11cmx34,3cm, consta de un módulo DC-DC tipo Buck LM2596S, para obtener la regulación de voltajes y corrientes evitando posibles sobrecargas, este dispositivo va conectado a los 4 medidores digitales para la medición y visualización de amperaje y tensión, cuenta también con un fusible enroscable en la parte inferior, para la protección de alimentación.

Figura 21 Lámina de Medidores Digitales DC.

Fuente: (Autores)

3.1.7 Lámina de Distribución

Esta lámina se encuentra diseñada con medidas de 13cm x 34,3cm, donde podremos energizar el sistema eléctrico del módulo didáctico, siendo retroalimentado por una luz piloto de color verde. El elemento principal es el disyuntor que hace la función de dar soporte y protección contra corto circuito y sobrecarga a todos los dispositivos eléctricos que se conecten a sus conectores de salidas de distribución.

Figura 22 Lámina de Distribución.

Fuente: (Autores)

3.1.8 Lámina de Variador de Frecuencia V20

Esta lámina está diseñada con dimensiones de 20 cm x 34,3 cm, la constituyen en la parte inferior: señales para el motor, una alternativa de comunicación distinta al variador Rs-485, borneras de señales de entradas y salidas tanto digitales como analógicas. El objetivo principal de esta lámina es permitir la alimentación monofásica proveniente de la lámina de distribución con conexión al disyuntor protector contra fallas eléctricas que se podrían suscitar en el variador de frecuencia, además nos otorga el beneficio de regulación de voltaje y así el control de la velocidad del motor y finalmente ajustar la frecuencia a lo que el usuario solicite.

Figura 23 Lámina de Variador de Frecuencia.

Fuente: (Autores)

3.1.9 Lámina de Módulo Relés.

Hemos realizado el diseño respectivo de esta lámina de dimensiones 10cmx34,3cm implementándola con 10 relés junto con un rail DIN para montura y soporte. La lámina en cuestión está capacitada para realizar una interfaz de control que otorgue a las salidas digitales del autómata programable de la protección y seguridad pertinente para cada ocasión donde una conexión eléctrica sea requerida de manera oportuna.

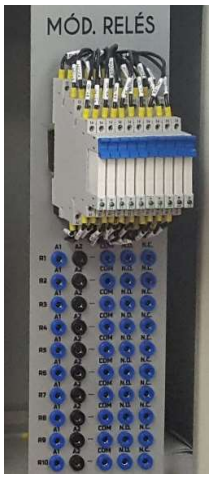


Figura 24 Lámina de Módulos de Relés.

Fuente: (Autores)

3.2 Planta didáctica industrial con aplicaciones para el control de nivel en un reservorio

La planta didáctica industrial con aplicaciones para el control de nivel de un reservorio nos fue facilitado por la Carrera de Ingeniería Electrónica de la Universidad Politécnica Salesiana sede Guayaquil para la realización de las prácticas de Laboratorios, esta planta posee equipos que permiten interconectarse con el proyecto de titulación, para realizar un control desde el módulo didáctico.

Figura 25 Planta didáctica industrial de la Universidad Politécnica Salesiana repotenciada por los autores.

Fuente: (Autores)

3.3 Elaboración de conectores Plugs

Para armar los conectores plugs se tomaron en cuenta los siguientes pasos para su elaboración:

1. El Protector transparente se introduce por dentro la carcasa del plug (rojo o negro) hasta salir de la carcasa.

2. La bayoneta se lima con el fin de poder soldar sobre ella.

3. Se suelda toma el cable y se lo suelda a la parte limada de la bayoneta.

4. Después se introduce el resorte.

5. Se introduce la bayoneta con el cable ya soldado.

6. Se coloca el seguro plástico para asegurar el plug.

Se puede apreciar la elaboración de los plugs banana en la siguiente figura.

Figura 26 Proceso para elaboración de plugs banana

Fuente: (Autores)

4. RESULTADOS

4.1 Práctica #1: Declaración de variables de entradas y salidas para un control de marcha y paro.

<table>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2">GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</td></tr>
<tr><td colspan="2">CARRERA: Ingeniería Electrónica</td><td colspan="2">ASIGNATURA: Automatización y Control</td></tr>
<tr><td>NRO. PRÁCTICA:</td><td>1</td><td colspan="2">TÍTULO PRÁCTICA: Declaración de variables de entradas y salidas para un control de marcha y paro.</td></tr>
<tr><td colspan="4">OBJETIVO:
Objetivo General:
Conocer el funcionamiento de un control on/off mediante variables booleanas utilizadas como entradas y salidas.
Objetivo Específico:
Realizar la programación utilizando el software de programación TIA Portal. Realizar los diagramas de control y fuerza en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">INSTRUCCIONES:</td><td colspan="2">1.Revisar el detalle de la práctica #1 en el libro de titulación.</td></tr>
<tr><td colspan="2">2.Ubicar láminas de: Distribución, Fuente 24VDC y 10VDC, de PLC, de mando y Señalización.</td></tr>
<tr><td colspan="2">3.Revisar las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo didáctico.</td></tr>
<tr><td colspan="4">ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</td></tr>
<tr><td colspan="4">1. Elaborar la programación en el software TIA Portal declarando las variables de entrada y salida.</td></tr>
<tr><td colspan="4">2. Elaborar los diagramas de fuerza y control en el software AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="4">3. Realizar las conexiones respectivas para operar el PLC con las láminas del módulo didáctico y utilizar las láminas requeridas para la práctica.</td></tr>
<tr><td colspan="4">RESULTADO(S) OBTENIDO(S):
Programación elaborada en TIA Portal probada con las láminas de señalización. Los diagramas eléctricos en AutoCAD que son en base la práctica.</td></tr>
<tr><td colspan="4">CONCLUSIONES:
Se realizó el funcionamiento del control on/off mediante las salidas digitales del PLC. Se utilizaron botoneras y luces piloto en la programación para el Control del sistema.</td></tr>
<tr><td colspan="4">RECOMENDACIONES:
Especificar la dirección de las marcas del PLC para evitar conflictos entre las variables. Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento. Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico para evitar cortocircuito</td></tr>
</table>

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado

Firma: _____

4.2 Práctica #2: Lectura de entradas analógicas con funciones de normalizar y escalar.

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA ECUADOR	**GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO**	
CARRERA: Ingeniería Electrónica		**ASIGNATURA**: Automatización y Control
NRO. PRÁCTICA:	2	**TÍTULO PRÁCTICA**: Lectura de entradas analógicas con funciones de normalizar y escalar.
OBJETIVO: **Objetivo General:** Conocer el funcionamiento de las variables de entradas analógicas y de los bloques de normalizar y escalar para futuras prácticas con entradas analógicas. **Objetivo Específico:** Realizar la programación utilizando el software de programación TIA Portal. Realizar los diagramas de control y fuerza en AutoCAD.		
INSTRUCCIONES:	**1.** Revisar el detalle de la práctica #2 en el libro de titulación.	
	2. Ubicar láminas de: Distribución, Fuente 24VDC y 10VDC, de PLC, de mando y Señalización.	
	3. Revisar las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo didáctico.	
ACTIVIDADES POR DESARROLLAR		
1. Elaborar la programación en el software TIA Portal declarando las variables de entrada analógica para manipular un potenciómetro.		
2. Elaborar los diagramas de fuerza y control en el software AutoCAD.		
3. Realizar las conexiones respectivas para operar el PLC con las láminas del módulo didáctico y utilizar las láminas requeridas para la práctica.		
RESULTADO(S) OBTENIDO(S): Programación elaborada en TIA Portal probada con las láminas de señalización. Los diagramas eléctricos en AutoCAD que son en base la práctica.		
CONCLUSIONES: Se realizó el funcionamiento de un potenciómetro mediante entrada analógica en el PLC. Se utilizó un potenciómetro para el Control del sistema.		
RECOMENDACIONES: Especificar la dirección de las marcas del PLC para evitar conflictos entre las variables analógicas. Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento. Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico para evitar cortocircuito		

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado

Firma: _____

4.3 Práctica #3: Control de salida mediante el uso de contadores y comparadores.

<table>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2">GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</td></tr>
<tr><td colspan="2">CARRERA: Ingeniería Electrónica</td><td colspan="2">ASIGNATURA: Automatización y Control</td></tr>
<tr><td>NRO. PRÁCTICA:</td><td>3</td><td colspan="2">TÍTULO PRÁCTICA: Control de salida mediante el uso de contadores y comparadores.</td></tr>
<tr><td colspan="4">OBJETIVO:
Objetivo General:
Conocer el funcionamiento de diferentes tipos de variables para poder manipular los bloques de contadores y de comparadores.
Objetivo Específico:
Realizar la programación utilizando el software de programación TIA Portal. Realizar los diagramas de control y fuerza en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">INSTRUCCIONES:</td><td colspan="2">1. Revisar el detalle de la práctica #3 en el libro de titulación.</td></tr>
<tr><td colspan="2">2. Ubicar láminas de: Distribución, Fuente 24VDC y 10VDC, de PLC, de mando y Señalización.</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. Revisar las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo didáctico.</td></tr>
<tr><td colspan="4">ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</td></tr>
<tr><td colspan="4">1. Elaborar la programación en el software TIA Portal declarando variables para manipular los bloques de contadores y de comparadores.</td></tr>
<tr><td colspan="4">2. Elaborar los diagramas de fuerza y control en el software AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="4">3. Realizar las conexiones respectivas para operar el PLC con las láminas del módulo didáctico y utilizar las láminas requeridas para la práctica.</td></tr>
<tr><td colspan="4">RESULTADO(S) OBTENIDO(S):
Programación elaborada en TIA Portal probada con las láminas de señalización. Los diagramas eléctricos en AutoCAD que son en base la práctica.</td></tr>
<tr><td colspan="4">CONCLUSIONES:
Se realizó el funcionamiento de comparadores y contadores mediante el uso de diversos tipos de variables del PLC.
Se utilizó la lámina de señalización para probar el correcto control del sistema.</td></tr>
<tr><td colspan="4">RECOMENDACIONES:
Especificar la dirección de las marcas del PLC para evitar conflictos entre las variables que se utilicen para manipular la lámina de señalización. Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento. Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico para evitar cortocircuito</td></tr>
</table>

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado

Firma: _____

4.4 Práctica #4: Utilización de 6 salidas físicas digitales para control de un semáforo con simulación en HMI.

<table>
<tr><td colspan="2"> </td><td colspan="2">GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</td></tr>
<tr><td colspan="2">CARRERA: Ingeniería Electrónica</td><td colspan="2">ASIGNATURA: Automatización y Control</td></tr>
<tr><td>NRO. PRÁCTICA:</td><td>4</td><td colspan="2">TÍTULO PRÁCTICA: Utilización de 6 salidas físicas digitales para control de un semáforo con simulación en HMI.</td></tr>
<tr><td colspan="4">OBJETIVO:
Objetivo General:
Conocer el funcionamiento de la pantalla HMI del PLC para poder manipular las entradas y salidas digitales de la lámina de señalización.
Objetivo Específico:
Realizar la programación utilizando el software de programación TIA Portal. Realizar los diagramas de control y fuerza en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">INSTRUCCIONES:</td><td colspan="2">1. Revisar el detalle de la práctica #3 en el libro de titulación.</td></tr>
<tr><td colspan="2">2. Ubicar láminas de: Distribución, Fuente 24VDC y 10VDC, de PLC, de mando y Señalización.</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. Revisar las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo didáctico.</td></tr>
<tr><td colspan="4">ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</td></tr>
<tr><td colspan="4">1. Elaborar la programación en el software TIA Portal declarando variables para manipular los bloques de contadores y de comparadores.</td></tr>
<tr><td colspan="4">2. Elaborar los diagramas de fuerza y control en el software AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="4">3. Realizar las conexiones respectivas para operar el PLC con las láminas del módulo didáctico y utilizar las láminas requeridas para la práctica.</td></tr>
<tr><td colspan="4">RESULTADO(S) OBTENIDO(S):
Programación elaborada en TIA Portal para utilizar la pantalla HMI junto con la lámina de señalización. Los diagramas eléctricos en AutoCAD que son en base la práctica.</td></tr>
<tr><td colspan="4">CONCLUSIONES:
Se realizó una programación en TIA Portal que permitió utilizar la pantalla HMI con una lámina de señalización para controlar el sistema.</td></tr>
<tr><td colspan="4">RECOMENDACIONES:
Especificar la dirección de las marcas del PLC para evitar conflictos entre las variables que se utilicen para manipular la lámina de señalización y la pantalla HMI. Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento. Revisar las conexiones eléctricas del módulo didáctico para evitar cortocircuito</td></tr>
</table>

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado

Firma: _____

4.5 Práctica #5: Control secuencial de motor a través de un variador de frecuencia.

<table>
<tr><td colspan="3">GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</td></tr>
<tr><td colspan="2">CARRERA: Ingeniería Electrónica</td><td>ASIGNATURA: Automatización y Control</td></tr>
<tr><td>NRO. PRÁCTICA: 5</td><td colspan="2">TÍTULO PRÁCTICA: Control secuencial de un motor a través de un variador de frecuencia</td></tr>
<tr><td colspan="3">OBJETIVO:
Objetivo General:
Conocer el funcionamiento de un motor trifásico con variador de frecuencia siemens mediante un control secuencial.
Objetivo Específico:
Realizar la programación de un control secuencial para un motor con variador de frecuencia. Realizar los diagramas de control y fuerza en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">INSTRUCCIONES:</td><td colspan="2">1. Revisar el detalle de la práctica #5 en el libro de titulación.</td></tr>
<tr><td colspan="2">2. Ubicar láminas de: Distribución, Fuente 24VDC y 10VDC, de PLC, de mando y Señalización.</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. Revisar las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo didáctico.</td></tr>
<tr><td colspan="3">ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Elaborar la programación en el software TIA Portal declarando variables para manipular los bloques de contadores y de comparadores.</td></tr>
<tr><td colspan="3">2. Realizar las conexiones en salidas digitales del PLC hacia cada relé para su Protección.</td></tr>
<tr><td colspan="3">3. Realizar las conexiones respectivas para operar el PLC con las láminas del módulo didáctico y utilizar las láminas requeridas para la práctica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">4. Realizar los diagramas eléctricos en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="3">RESULTADO(S) OBTENIDO(S):
La programación de un control secuencial para un motor con variador de frecuencia. Los diagramas eléctricos en AutoCAD que son en base la práctica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">CONCLUSIONES:
Se realizó el funcionamiento un control secuencial para un motor con variador de frecuencia. Se utilizaron switchs, potenciómetros, variador de frecuencia y el motor en la programación para el Control del sistema.</td></tr>
<tr><td colspan="3">RECOMENDACIONES:
Direccionar las marcas adecuadas al PLC para evitar conflictos entre las variables.
Revisar las conexiones del motor para evitar cortocircuito. Observar que los equipos estén en perfecto funcionamiento.</td></tr>
</table>

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado

Firma: _____

4.6 Práctica #6: Comparación entre función de pertenencia de un conjunto triangular vs función de pertenencia de un conjunto trapezoidal para control difuso de llenado de tanque.

<table>
<tr><td colspan="3">GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</td></tr>
<tr><td colspan="2">CARRERA: Ingeniería Electrónica</td><td>ASIGNATURA: Automatización y Control</td></tr>
<tr><td>NRO. PRÁCTICA:</td><td>6</td><td>TÍTULO PRÁCTICA: 6. Comparación entre función de pertenencia de un conjunto triangular vs función de pertenencia de un conjunto trapezoidal para control difuso de llenado de tanque en LabVIEW con control en TIA Portal por medio de comunicación OPC Server.</td></tr>
<tr><td colspan="3">OBJETIVO:
Objetivo General:
Conocer el uso de las diferentes funciones de pertenencia que pueden utilizarse al momento de utilizar un controlador difuso.
Objetivo Específico:
Realizar la programación de un control de llenado de tanque y mantenerlo en un nivel de setpoint utilizando el software TIA Portal y LabVIEW. Realizar los diagramas</td></tr>
<tr><td rowspan="3">INSTRUCCIONES:</td><td colspan="2">1.Revisar el detalle de la práctica #6 en el libro de titulación.</td></tr>
<tr><td colspan="2">2.Ubicar láminas de: Distribución, Fuente 24VDC y 10VDC, de PLC, de mando y Señalización y conectar la planta a la red del PLC.</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. Revisar las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo didáctico.</td></tr>
<tr><td colspan="3">ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Elaborar la programación en el software TIA Portal declarando variables para manipular los bloques de datos y enviar información del PLC Maestro (S7-1500) al PLC Esclavo (S7-1200). Realizar los diagramas eléctricos en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="3">2. Realizar las conexiones respectivas para operar el PLC con las láminas del módulo didáctico y revisar las conexiones de la planta para asegurar su correcto funcionamiento.</td></tr>
<tr><td colspan="3">3. Realizar la comunicación por medio de OPC SERVER para comunicar la información del PLC hacia el software LabVIEW y que este se encargue del control difuso de la planta.</td></tr>
<tr><td colspan="3">RESULTADO(S) OBTENIDO(S):
La programación de un control de llenado de tanque y control del setpoint mediante control difuso. Los diagramas eléctricos en AutoCAD que son en base la práctica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">CONCLUSIONES:
Se realizó el funcionamiento de la planta de llenado de tanques mediante el uso del software TIA Portal y LabVIEW con los cuales manejamos la salida del proceso. Se utilizaron cables de red, tarjeta Arduino uno, servomotor, lamina de mando y señalización.</td></tr>
<tr><td colspan="3">RECOMENDACIONES:
Direccionar las marcas adecuadas al PLC para evitar conflictos entre las variables.
Revisar las conexiones de la lámina de control y de la planta para evitar algún cortocircuito.</td></tr>
</table>

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado

Firma: _____

4.7 Práctica #7: Llenado de tanque mediante uso de función de pertenencia con conjunto triangular y trapezoidal en un solo control difuso para el llenado de tanque de la planta utilizando Fuzzy Designer en LabVIEW con OPC Server para comunicación con TIA Portal para control de proceso.

<table>
<tr><td colspan="3">GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</td></tr>
<tr><td colspan="2">CARRERA: Ingeniería Electrónica</td><td>ASIGNATURA: Automatización y Control</td></tr>
<tr><td>NRO. PRÁCTICA:</td><td>7</td><td>TÍTULO PRÁCTICA 7: Llenado de tanque mediante uso de función de pertenencia con conjunto triangular y trapezoidal en un solo control difuso para el llenado de tanque de la planta utilizando Fuzzy Designer en LabVIEW con OPC Server para comunicación con TIA Portal para control de proceso.</td></tr>
<tr><td colspan="3">OBJETIVO:
Objetivo General:
Comprender como utilizar dos diferentes tipos de funciones en una sola función de pertenencia y analizar que sucede con este tipo de control difuso.
Objetivo Específico:
Realizar la programación de un control de llenado de tanque y mantenerlo en un nivel de setpoint utilizando el software TIA Portal y LabVIEW. Realizar los diagramas de control en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">INSTRUCCIONES:</td><td colspan="2">1. Revisar el detalle de la práctica #7 en el libro de titulación.</td></tr>
<tr><td colspan="2">2.Ubicar láminas de: Distribución, Fuente 24VDC y 10VDC, de PLC, de mando y Señalización y conectar la planta a la red del PLC.</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. Revisar las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo didáctico.</td></tr>
<tr><td colspan="3">ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Elaborar la programación en el software TIA Portal declarando variables para manipular los bloques de datos y enviar información del PLC Maestro (S7-1500) al PLC Esclavo (S7-1200). Realizar los diagramas eléctricos en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="3">2. Realizar las conexiones del PLC hacia cada relé para su Protección.</td></tr>
<tr><td colspan="3">3. Realizar las conexiones respectivas para operar el PLC con las láminas del módulo didáctico y revisar las conexiones de la planta para asegurar su correcto funcionamiento.</td></tr>
<tr><td colspan="3">4. Realizar la comunicación por medio de OPC SERVER para comunicar la información del PLC hacia el software LabVIEW y que este se encargue del control difuso de la planta.</td></tr>
<tr><td colspan="3">RESULTADO(S) OBTENIDO(S):
La programación de un control de llenado de tanque y control del setpoint mediante un nuevo control difuso con mejor respuesta. Los diagramas eléctricos en AutoCAD que son en base la práctica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">CONCLUSIONES:
Se realizó el funcionamiento de la planta de llenado de tanques mediante el uso del software TIA Portal y LabVIEW con los cuales manejamos la salida del proceso. Se utilizaron cables de red, tarjeta Arduino uno, servomotor, lamina de mando y señalización.</td></tr>
</table>

RECOMENDACIONES:
Direccionar las marcas adecuadas al PLC para evitar conflictos entre las variables.
Revisar las conexiones de la lámina de control y de la planta para evitar algún cortocircuito.

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado

Firma: _____

4.8 Práctica #8: Llenado de tanque mediante modelado discreto y continuo de la planta utilizando Fuzzy Designer en Labview con OPC Server para comunicación con TIA Portal para control de proceso.

<table>
<tr><td colspan="3">GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</td></tr>
<tr><td colspan="2">CARRERA: Ingeniería Electrónica</td><td>ASIGNATURA: Automatización y Control</td></tr>
<tr><td>NRO. PRÁCTICA:</td><td>8</td><td>TÍTULO PRÁCTICA 8: Llenado de tanque mediante modelado discreto y continuo de la planta utilizando Fuzzy Designer en Labview con OPC Server para comunicación con TIA Portal para control de proceso.</td></tr>
<tr><td colspan="3">OBJETIVO:
Objetivo General:
Aprender a crear un modelo matemático de la planta para desarrollar el control discreto, el control continuo se lo elabora mediante simulación en LabVIEW mediante información obtenida por el software Matlab y LabVIEW el control de llenado sigue siendo mediante el software TIA Portal y las funciones de pertenencia serán las antes vistas en la práctica 7 para el control difuso de esta práctica.
Objetivo Específico:
Realizar la programación de un control de llenado de tanque y mantenerlo en un nivel de setpoint utilizando el software TIA Portal y LabVIEW. Realizar los diagramas de control en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">INSTRUCCIONES:</td><td>1. Revisar el detalle de la práctica #8 en el libro de titulación.</td></tr>
<tr><td>2.Ubicar láminas de: Distribución, Fuente 24VDC y 10VDC, de PLC, de mando y Señalización y conectar la planta a la red del PLC.</td></tr>
<tr><td>3. Revisar las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo didáctico.</td></tr>
<tr><td colspan="3">ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Elaborar la programación en el software TIA Portal declarando variables para manipular los bloques de datos y enviar información del PLC Maestro (S7-1500) al PLC Esclavo (S7-1200). Realizar los diagramas eléctricos en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="3">2. Realizar las conexiones del PLC hacia cada relé para su Protección.</td></tr>
<tr><td colspan="3">3. Realizar las conexiones respectivas para operar el PLC con las láminas del módulo didáctico y revisar las conexiones de la planta para asegurar su correcto funcionamiento.</td></tr>
<tr><td colspan="3">4. Realizar la comunicación por medio de OPC SERVER para comunicar la información del PLC hacia el software LabVIEW y que este se encargue del control difuso de la planta.</td></tr>
<tr><td colspan="3">RESULTADO(S) OBTENIDO(S):
La programación de un control de llenado de tanque y control del setpoint mediante un nuevo control difuso con mejor respuesta, adicional se utilizará una simulación con el modelo matemático de la planta para visualizar la respuesta a una señal de entrada. Los diagramas eléctricos en AutoCAD que son en base la práctica.</td></tr>
<tr><td colspan="3">CONCLUSIONES:
Se realizó el funcionamiento de la planta de llenado de tanques mediante el uso del software TIA Portal y LabVIEW, también se consiguió en el modelo matemático de la planta por medio del software Matlab para poder elaborar la simulación del control continuo de la planta</td></tr>
</table>

con los cuales manejamos la salida del proceso. Se utilizaron cables de red, tarjeta Arduino uno, servomotor, lamina de mando y señalización.
RECOMENDACIONES: Direccionar las marcas adecuadas al PLC para evitar conflictos entre las variables. Revisar las conexiones de la lámina de control y de la planta para evitar algún cortocircuito.

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado

Firma: _____

4.9 Práctica #9: Control de nivel de tanque utilizando controlador PID Difuso elaborado en Labview utilizando DSC (sistemas de control distribuido. El sistema de control distribuido controla todos los tipos de variables de proceso a la vez, a través de esto podemos controlar toda la planta) y monitoreo en HMI.

<table>
<tr><td colspan="4">GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</td></tr>
<tr><td colspan="2">CARRERA: Ingeniería Electrónica</td><td colspan="2">ASIGNATURA: Automatización y Control</td></tr>
<tr><td>NRO. PRÁCTICA:</td><td>9</td><td colspan="2">TÍTULO PRÁCTICA 9: Control de nivel de tanque utilizando controlador PID Difuso elaborado en Labview utilizando DSC (sistemas de control distribuido. El sistema de control distribuido controla todos los tipos de variables de proceso a la vez, a través de esto podemos controlar toda la planta) y monitoreo en HMI.</td></tr>
<tr><td colspan="4">OBJETIVO:
Objetivo General:
Aprender a crear un control de proceso con el software TIA Portal y LabVIEW mediante la obtención de variables de la planta y guardándolas en bloques de datos, incluir una pantalla HMI para el control de la planta desde dicha pantalla además de lectura de los sensores que se encuentran presentes en el proceso. El control Difuso será elaborado en LabVIEW.
Objetivo Específico:
Realizar la programación de un control de llenado de tanque y mantenerlo en un nivel de setpoint utilizando principalmente la pantalla HMI para leer las variables. Realizar los diagramas de control en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="2" rowspan="3">INSTRUCCIONES:</td><td colspan="2">1. Revisar el detalle de la práctica #8 en el libro de titulación.</td></tr>
<tr><td colspan="2">2.Ubicar láminas de: Distribución, Fuente 24VDC y 10VDC, de PLC, de mando y Señalización y conectar la planta a la red del PLC.</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. Revisar las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo didáctico.</td></tr>
<tr><td colspan="4">ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</td></tr>
<tr><td colspan="4">1. Elaborar la programación en el software TIA Portal declarando variables para manipular los bloques de datos y enviar información del PLC Maestro (S7-1500) al PLC Esclavo (S7-1200). Realizar los diagramas eléctricos en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="4">2. Realizar las conexiones del PLC hacia cada relé para su Protección.</td></tr>
<tr><td colspan="4">3. Realizar las conexiones respectivas para operar el PLC con las láminas del módulo didáctico y revisar las conexiones de la planta para asegurar su correcto funcionamiento.</td></tr>
<tr><td colspan="4">4. Realizar la comunicación por medio de OPC SERVER para comunicar la información del PLC hacia el software LabVIEW y que este se encargue del control difuso de la planta.</td></tr>
<tr><td colspan="4">RESULTADO(S) OBTENIDO(S):
La programación de un control de llenado de tanque y control del setpoint mediante control difuso, adicional se puede manipular la planta desde una pantalla HMI para el control de proceso. Los diagramas eléctricos en AutoCAD que son en base la práctica.</td></tr>
</table>

CONCLUSIONES: Se realizó el funcionamiento de la planta de llenado de tanques mediante el uso del software TIA Portal y LabVIEW incluyendo la pantalla HMI conectada a la red en la que se encuentran los PLCs, también se consiguió. Se utilizaron cables de red, tarjeta Arduino uno, servomotor, lamina de mando y señalización.
RECOMENDACIONES: Direccionar las marcas adecuadas al PLC para evitar conflictos entre las variables. Revisar las conexiones de la lámina de control y de la planta para evitar algún cortocircuito.

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado

Firma: _____

4.10 Práctica #10: Comparación de Control de nivel de tanque utilizando controlador PID convencional (Proporcional, Integral y Derivativo) vs PID Difuso (conjuntos difusos relacionados con las acciones proporcionales y derivativas, sumándose la parte integral) elaborado en LabVIEW utilizando DSC y monitoreo en HMI.

<table>
<tr><td colspan="3">GUÍA DE PRÁCTICA DE LABORATORIO</td></tr>
<tr><td colspan="2">CARRERA: Ingeniería Electrónica</td><td>ASIGNATURA: Automatización y Control</td></tr>
<tr><td>NRO. PRÁCTICA:</td><td>10</td><td>TÍTULO PRÁCTICA 10: Comparación de Control de nivel de tanque utilizando controlador PID convencional (Proporcional, Integral y Derivativo) vs PID Difuso (conjuntos difusos relacionados con las acciones proporcionales y derivativas, sumándose la parte integral) elaborado en LabVIEW utilizando DSC y monitoreo en HMI.</td></tr>
<tr><td colspan="3">OBJETIVO:
Objetivo General:
Aprender a crear un control de proceso con el software TIA Portal y LabVIEW mediante la obtención de variables de la planta y guardándolas en bloques de datos, incluir una pantalla HMI para el control de la planta desde dicha pantalla, adicional se creará un VI para controlar la planta mediante un control PID convencional y se comparará los resultados con el PID difuso, se realizará un registro de datos en una tabla en Excel. Los controladores se realizarán desde LabVIEW.
Objetivo Específico:
Realizar la programación de un control de llenado de tanque y mantenerlo en un nivel de setpoint utilizando principalmente la pantalla HMI para leer las variables y se realizara un registro de datos para comparar el controlador PID difuso vs PID convencional.
Realizar los diagramas de control en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td rowspan="3">INSTRUCCIONES:</td><td colspan="2">1. Revisar el detalle de la práctica #8 en el libro de titulación.</td></tr>
<tr><td colspan="2">2.Ubicar láminas de: Distribución, Fuente 24VDC y 10VDC, de PLC, de mando y Señalización y conectar la planta a la red del PLC.</td></tr>
<tr><td colspan="2">3. Revisar las conexiones eléctricas antes de energizar el módulo didáctico.</td></tr>
<tr><td colspan="3">ACTIVIDADES POR DESARROLLAR</td></tr>
<tr><td colspan="3">1. Elaborar la programación en el software TIA Portal declarando variables para manipular los bloques de datos y enviar información del PLC Maestro (S7-1500) al PLC Esclavo (S7-1200). Realizar los diagramas eléctricos en AutoCAD.</td></tr>
<tr><td colspan="3">2. Realizar las conexiones del PLC hacia cada relé para su Protección.</td></tr>
<tr><td colspan="3">3. Realizar las conexiones respectivas para operar el PLC con las láminas del módulo didáctico y revisar las conexiones de la planta para asegurar su correcto funcionamiento.</td></tr>
<tr><td colspan="3">4. Realizar la comunicación por medio de OPC SERVER para comunicar la información del PLC hacia el software LabVIEW y que este se encargue del control difuso de la planta.</td></tr>
</table>

RESULTADO(S) OBTENIDO(S): La programación de un control de llenado de tanque y control del setpoint mediante control difuso, adicional se puede manipular la planta desde una pantalla HMI para el control de proceso y el registro de datos de dicho programa para comparar los controladores. Los diagramas eléctricos en AutoCAD que son en base la práctica.
CONCLUSIONES: Obtuvimos un correcto funcionamiento de la planta de llenado de tanques mediante el uso del software TIA Portal y LabVIEW incluyendo la pantalla HMI conectada a la red en la que se encuentran los PLCs, también se consiguió. Se utilizaron cables de red, tarjeta Arduino uno, servomotor, lamina de mando y señalización.
RECOMENDACIONES: Direccionar las marcas adecuadas al PLC para evitar conflictos entre las variables. Revisar las conexiones de la lámina de control y de la planta para evitar algún cortocircuito.

Docente: Ing. Carlos Pérez Maldonado

Firma: _____

5. ANÁLISIS DE RESULTADOS

5.1. Implementación de los equipos del módulo didáctico

Para la implementación de nuestro modulo didáctico hemos realizado una serie de pasos que van desde la importación de diversos componentes los cuales forman parte de nuestras láminas, los bosquejos de cada lámina con su respectiva serigrafía, el diseño de la caja de conexiones del motor, los diseños del módulo de pruebas para posteriormente realizar su elaboración, una vez entregadas las láminas con su serigrafía procedimos a colocar los componentes que van en sus respectivas láminas.

Al finalizar la colocación del componente en las láminas se prosiguió al cableado con sus respectivas marquillas de identificación para tomar de guía para el estudiante en caso de que surja cualquier tipo de situación emergente, al momento de finalizar con nuestro cableado de láminas y el cableado del motor trifásico se procedió a comprobar las conexiones mediante pruebas de continuidad y análisis de salida de voltajes los cuales concuerdan con las especificaciones técnicas que tienen nuestros equipos cableados.

En las siguientes dos figuras se pueden apreciar la implementación del módulo didáctico.

Figura 27 Proceso de elaboración y pruebas de las láminas

Fuente: (Autores)

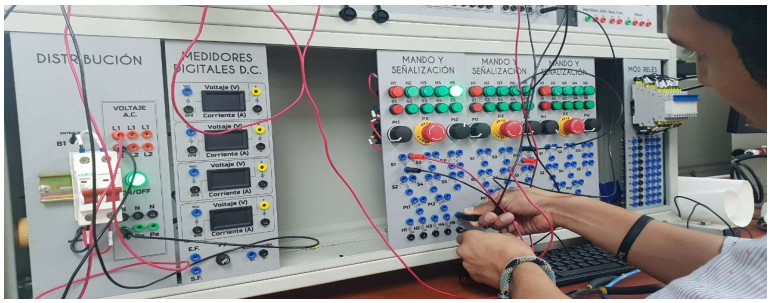


Figura 28 Pruebas de conexión en las láminas

Fuente: (Autores)

5.2. Programación del PLC S7-1500 mediante software TIA Portal

Para poder crear la programación de las prácticas de laboratorio se tuvo que tomar tanto el modelo del dispositivo PLC con el que trabajamos como el protocolo de comunicación que utilizamos para comunicarlo con otros dispositivos. El tipo de comunicación que utilizamos fue el PROFINET por medio de cables de red conectados a un solo switch con los otros dispositivos que vemos agregados en las prácticas.

Figura 29 Programación en TIA Portal para diseño de prácticas

Fuente: (Autores)

5.3. Programación del PLC S7-1200 mediante software TIA Portal

La programación que creamos en el PLC S7-1200 fue esencial para la manipulación de la planta didáctica para control de Nivel de tanques de agua, comunicamos este PLC con el del módulo didáctico del S7-1500 por medio de comunicación PROFINET y manipulamos el control de la planta por medio de las láminas que pertenecen al módulo didáctico de nuestro S7-1500.

5.4. Programación en OPC Server

La programación que creamos en OPC Server nos permite comunicar variables hechas en dos software distintos, las variables creadas en OPC Server nos permite leer y escribir en variables que se encuentran en nuestro software TIA Portal desde nuestro otro software Labview, gracias a esto podemos crear una base de datos en Excel con Labview para diseñar un controlador para nuestra planta en Matlab y a su vez podemos crear el controlador en el ambiente de Labview para manejar nuestra planta.

5.5. Programación en Matlab

En nuestro software matemático Matlab creamos el modelado matemático de nuestra planta con el registro de datos hecho en Excel con el software Labview, utilizamos la función ident que tiene el software para crear un modelo matemático de nuestra planta de control de nivel de tanque y utilizamos ese modelo matemático para posteriormente crear un controlador PID con otra herramienta que nos brinda Matlab la cual es Simulink. Una vez obtenido esto utilizaremos los valores de nuestro PID y los llevaremos al software Labview donde crearemos el controlador PID Difuso de nuestra planta.

5.6. Programación en Labview

En nuestro software Labview crearemos el control de nuestra planta, además de añadir indicadores y botones para la manipulación de esta, esto se puede presenciar en los captures hechos para las prácticas.

5.7. Manual de Prácticas de laboratorio

Se creó el manual de laboratorio el cual está conformado por diez prácticas en las cuales veremos diferentes aplicaciones para estimular el aprendizaje del estudiante, con esto los docentes podrán impartir de forma práctica los conocimientos de diversas asignaturas como son: Redes de computadoras III, Automatización Industrial I, Automatización Industrial II,

Electiva II además el módulo podrá ser utilizado para proyectos estudiantiles que impongan los docentes.

Para tener un mejor detalle de lo que compone el manual de prácticas y de sus aplicaciones es necesario revisar la información detallada en el capítulo 4 y los anexos del libro de titulación.

6. CONCLUSIONES

Al finalizar el presente proyecto de titulación se cumplieron con los objetivos específicos que hemos trazado al inicio de este y con lo cual generamos los siguientes puntos:

- Se realizó el diseño e implementación del módulo didáctico propuesto.
- Se realizaron programaciones en el PLC S7-1500 mediante el uso del software TIA Portal con el cual se puso a prueba los conocimientos adquiridos en el transcurso de la carrera universitaria, los cuales fueron esenciales para el desarrollo de las prácticas propuestas.
- Se concluyó que, en base a los resultados obtenidos, se ha logrado controlar la planta didáctica de llenado de nivel de tanques mediante el PLC S7-1500, por medio de comunicación PROFINET para lo cual se usó software y dispositivos implementados en el ámbito industrial.
- Se creó un manual de laboratorio conformado por 10 prácticas con diferentes aplicaciones, todas las prácticas están aplicadas al control y simulado de procesos industriales.
- Se verificó el correcto funcionamiento de las prácticas propuestas, además de el correcto funcionamiento del módulo didáctico diseñado e implementado por los autores
- Los docentes podrán utilizar el manual de laboratorio para ayudar a los estudiantes a poner en práctica los conocimientos que adquieran en sus clases.

7. RECOMENDACIONES

Para un correcto manejo del módulo didáctico se recomienda a los estudiantes y docentes seguir las siguientes indicaciones:

- Se recomienda realizar las conexiones eléctricas utilizando los diagramas que incluyen el manual de prácticas de laboratorio, revisando que los equipos cuenten con sus respectivas protecciones y sin quitarlas para de esta manera evitar daños en los mismos.
- Antes de empezar a realizar una práctica, el estudiante ya debe tener un breve conocimiento del uso de las láminas visto en el manual de laboratorio para de esta forma evitar daños tanto para los equipos como para el estudiante.
- En caso de problemas de comunicación con el módulo didáctico, revisar los parámetros de configuración del equipo y verificar si están correctos, para ello deben remitirse al manual de prácticas.
- Es importante revisar la integridad del módulo didáctico y de los equipos que lo componen para lo cual se le recomienda al estudiante cerciorarse que se encuentre en buen estado, caso contrario notificar al docente a cargo.
- Revisar las conexiones de alimentación antes de encender los equipos que se encuentran en las láminas ya que no todos los dispositivos en el módulo funcionan con el mismo tipo de alimentación, por lo cual el estudiante tomar las precauciones del caso al momento de realizar las conexiones.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

J. Del Pozo, Sistemas de control en tiempo discreto, Guayaquil, Guayas: Maestría en Automatización y Control, 2011.

Ogata Katsuhiko. (2010). *Ingeniería de control moderna.* Madrid: Pearson Educación SA.

Ogata Katsuhiko. (1996). *Sistemas de control en tiempo discreto.* México: Programas Educativos S.A.

Schneider Electric. (2014). *Schneider Electrics.* Argentina.

Anderson, N. (1997.). *Instrumentation for process measurement and control 3rd edition.* Chilton: Radnor,PA, .

Arellano (2013) y Moler C., (1970) https://es.mathworks.com /. Disponible. Obtenido de https://es.mathworks.com/help/matlab/getting-started-with-matlab.html

Xataka Basics (2018). *https://www.xataka.com/*. Disponible. Obtenido de https://www.xataka.com/basics/que-arduino-como-funciona-que-puedes-hacer-uno

Casals, O. M. (1997). *Sistemas Difusos Dinámicos.* Barcelona: Escola Tècnica Superior D' Enginyeria De Telecomunicació De Barcelona (UPC).

Del Pozo, J. (2011). Sistemas de control en tiempo discreto : Maestría en Automatización y Control. Guayaquil, Guayas.

Finn, C. L. (1972). All-Semiconductor Memory System Includes Read-Only and Read/Write Chips. En *The Museum of HP Calculators* (pág. 1).

J.Encalada. (s.f.). *http://v-beta.urp.edu.pe*.Disponible. Obtenido de http://v-beta.urp.edu.pe/pdf/id/11240/n/control-mediante-logica-difusa-de-un-sistema-de-llenado-de-liquidos.

López, G. M. (2004). *Universidad de Alcalá (Departamento de Electrónica)*.Disponible. Obtenido de http://www.depeca.uah.es/depeca/repositorio/asignaturas/32328/Tema6.pdf

Micromecánica, A. (23 de 09 de 2014). *microautomación*. Disponible. Obtenido de http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual061ControladorLgicoProgramablePLC.pdf

Misa Llorca, D. R. (2011). Maestría de Automatización y Control Industrial. *Control Inteligente*. Guayaquil, Guayas.

Moreno Vera, V. (2011). Introducción a la Informática Industrial y los Sistemas SCADA. *Maestria de Automatización Industria*. Guayaquil, Guayas.

Norman, A. A. (1997). *Instrumentation for Process Measurement and Contro.* CRC Press.

PLC, I. (20 de Septiembre de 2014). *Info PLC*. Disponible. Obtenido de http://www.infoplc.net/descargas/98-omron/automatas-plc/cpm/768-programacion-de-un-grafcet-cp1a-puente-grua

López María Elena. (2003) *Identificación de Sistemas. Aplicación al modelado de un motor de Continua*. Departamento: Electrónica

Solé, A. C. (2012). *Instrumentación industrial.* México: Marcombo.

USAL, U. d. (2009). *«oocities.org».* Disponible. Obtenido de http://www.oocities.org/iel_115/archivos/capitulo2.pdf.

ANEXOS

PRESUPUESTO DE LOS AUTORES

A continuación, veremos con detalle los rubros pertenecientes a los materiales que se utilizaron para la construcción del proyecto de titulación por parte de los autores:

Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
Estructura del módulo	1	$ 255,00	$ 255,00
Plug de conexión color rojo hembra 14mm	67	$ 0,70	$ 46,90
Plug de conexión color negro hembra 14mm	136	$ 0,70	$ 95,20
Plug de conexión color verde hembra 14mm	15	$ 0,70	$ 10,50
Plug de conexión color azul hembra 14mm	250	$ 0,70	$ 175
Plug de conexión color amarillo hembra 14mm	70	$ 0,70	$ 49
Plug de conexión color rojo macho 14mm	160	$ 0,85	$ 136,00
Plug de conexión color negro macho 14mm	160	$ 0,85	$ 136,00
Adaptador conector RJ45	8	$ 2,30	$ 18,40
Conector DB9	1	$ 1,89	$ 1,89
Módulo reductor de voltaje LM2596 DC-DC	1	$ 5,00	$ 5,00
Conector Industrial de alimentación hembra/macho Cnlinko	1	$ 14,06	$ 14,06
Fuente de alimentación 12V 1.5V	1	$18,81	$18,81
Voltímetro y Amperímetro Digital	6	$2,67	$16,02

100 metros de cable rojo 20AWG	2	$20,00	$40,00
100 metros de cable negro 20AWG	2	$20,00	$40,00
Portafusibles y Fusibles	7	$1,99	$13,93
Terminales de punta(amarillos)	100	$0,10	$10,00
Terminales de ojo(rojos)	600	$0,10	$60,00
Luz piloto de 24Vdc color verde	12	$1,55	$18,60
Luz piloto de 24Vdc color rojo	12	$1,55	$18,60
Luz piloto de 220AC color rojo	1	$1,35	$1,35
Pulsador color verde (1 NA + 1 NC)	12	$2,94	$35,28
Pulsador color rojo (1 NA + 1 NC)	12	$2,94	$35,28
Relee (1 NA + 1 NC + luz piloto)	14	$2,50	$35,00
Potenciómetros de precisión(10kOhm)	6	$36,17	$217,02
Breaker 2P 220Vac/10ª	1	$6,00	$6,00
Breaker 2P 220Vac/6ª	1	$6,00	$6,00
Pulsadores de emergencia 16mm	3	$4,87	$14,61
Variador de Velocidad Sinamics V20	1	$175,00	$175,00
Fuente de 10Vdc - 1ª	1	$15,50	$15,50
Válvula de bola	1	$3,00	$3,00
Servomotor MG995	1	$9,00	$9,00
Panel Operador BOP-2 G120p/variador Sinamics	1	$80,00	$80,00
Arduino Uno	1	$11,00	$11,00
Motor Trifásico 0,5HP + Estructura (Base) + Serigrafía	1	$170,50	$170,50

Pintura para estructuras metálicas	1	$7,00	$7,00
Materiales varios para arreglar planta (amarras, canaletas, marquillas etc.)	1	$15,00	$15,00
Gastos varios (Transporte)	1	$100,00	$100,00
Total			**$ 2.115,45**

Tabla 1. Presupuesto de los autores.

PRESUPUESTO DE LA UNIVERSIDAD

A continuación, veremos con detalle los rubros pertenecientes que la Universidad Politécnica Salesiana desembolsó para la adquisición de los equipos que fueron entregados para la construcción de nuestro proyecto de titulación:

Materiales	Cantidad	Precio Unitario	Precio Total
PLC 1500 CPU 1516 3PN/DP Siemens	1	$ 4400,00	$ 4440,00
Switch Scalance XB005G Siemens	1	$ 650,00	$ 650,00
Panel KTP 700 Basic Color Siemens	1	$ 1439,00	$ 1439,00
Fuente de alimentación PM 190W 120/230 VAC Siemens	1	$ 371,00	$ 371,00
Módulo de entradas digitales PLC 1500 Siemens	1	$ 773,00	$ 773,00
Módulo de salidas digitales PLC 1500 Siemens	1	$ 1101,00	$ 1101,00
Módulo de entradas analógicas PLC 1500 Siemens	1	$ 1493,00	$ 1493,00
Módulo de salidas analógicas PLC 1500 Siemens	1	$ 1260,00	$ 1260,00
Simatic memory card Siemens 24MB	1	$694,00	$694,00
Licencia TIA Portal V15.1	1	$5051,00	$5051,00
Brazo giratorio para monitor	1	$ 50,00	$ 50,00
Monitor LCD DELL	1	$ 140,00	$ 140,00
CPU DELL	1	$ 280,00	$ 280,00
Rial DIN Siemens	1	$ 92,00	$ 92,00
Total			**$ 17.834,00**

Tabla 2. Presupuesto de la Universidad Politécnica Salesiana.

MARCO TEORICO PARA LAS PRÁCTICAS DE LABORATORIO ANEXADAS A CONTINUACIÓN

PLC S7-1500

Se lo conoce como un controlador avanzado que proporciona el máximo rendimiento para máquinas de tamaño mediano a alto con altas exigencias en cuanto a rendimiento, comunicación, flexibilidad y funciones tecnológicas. Nos permitirá una eficiencia que como resultado tendremos mejor calidad y productividad en los procesos industriales mediante el uso de su rápido bus de fondo, el rendimiento PROFINET, los tiempos de reacción más cortos y un tiempo de procesamiento de comandos de hasta 1 ns en la CPU. Por lo tanto, la interfaz PROFINET con comportamiento de tiempo determinístico proporciona reproducibilidad y precisión en el marco temporal de µs.

Estos controladores contienen a su vez otros controladores compactos para procesos de control continuo o discreto (control PID) para proporcionar una puesta en servicio simple y una calidad de control óptima. (Siemens, 2018)

Labview

El software Labview nos ofrece una facilidad de programación gráfica que nos permite la visualización de cada aspecto de su aplicación, incluyendo configuración del hardware, datos de medidas y depuración. Esta facultad que nos da de poder visualizar el accionar y transcurso de nuestro proceso, simplifica la integración del hardware de medidas de cualquier usuario

que utilice la plataforma, pues representa una lógica compleja en el diagrama, desarrolla algoritmos de análisis de datos y diseña interfaces que permiten el monitoreo constante de los procesos industriales en general por parte del usuario representando una opción de ingeniería personalizadas. (National Instruments, 2020)

TIA Portal

El Portal de Automatización Totalmente Integrado (TIA Portal) nos brinda acceso completo a todo el sistema de automatización digitalizado, tanto desde la planificación digital hasta la ingeniería integrada y la operación transparente.

La nueva versión nos proporciona una variedad de medidas que incluyen herramientas de simulación, aumentando la productividad de nuestra planta a través de funciones adicionales de diagnóstico y gestión de energía, añadiendo otra ventaja pues nos ofrece una mayor flexibilidad gracias a una conexión con el nivel de gestión. (Siemens, 2018).7

Basic HMI

Por sus siglas (Human Machine Interface) que se refieren a la interfaz hombre y maquina es decir la interacción entre el proceso y los operarios. Dentro de esta gama se encuentran tanto los “Key panels” o botoneras, como los “Basic panels”, denominados KP (key panel) o KTP (key touch panel), dependiendo de si sólo disponen de botonera o además es posible interactuar con la pantalla.

- **Key Panels**

  Se divide en dos tipos:

- Botoneras de 8 pulsadores de membrana.
- Botoneras de 32 pulsadores de membrana.

Las mismas que no son botones mecánicos, permitiéndose la protección IP65 al proteger dicha membrana la zona interna. Ambas versiones tienen la posibilidad de cablear señales de seguridad integrada y cuentan con un switch de PROFINET. (Centeno P., 2017)

- **Basic Panels**

  Disponen de varios tipos en relación a su tamaño como: 4, 7, 9 y 12 pulgadas con paneles táctiles y combinaciones de botoneras. Poseen una pantalla con la capacidad de reproducir 64.000 colores, dando lugar a una resolución u otra dependiendo del tamaño de la pantalla, y pueden comunicar en PROFIBUS o PROFINET, también disponen de interfaz USB como medio de almacenamiento. En lo que respecta a las características de software, es posible tener hasta 1000 alarmas, 50 recetas y 800 variables siendo de gran utilidad para el operario en procesos industriales complejos. (Centeno P., 2017)

Redes Industriales

Las comunicaciones de datos en la industria moderna realizadas entre diferentes sistemas y procesos se consideran como los cimientos fundamentales, para que la evolución experimentada en los dispositivos industriales pueda desempeñarse de tal manera que cumpla con los estándares de competitividad exigida en los procesos productivos de nuestros días.

Un sistema de comunicación de datos industrial posee tres importantes características, tales como:

- Volumen de datos: Cantidad de dato que viajan por la red en cada envío.
- Velocidad de transmisión: Velocidad a la que viajan los datos por la red
- Velocidad de respuesta: Velocidad que hay entre el momento de dar la orden y la respuesta del dispositivo.

Sistema de Control en una Red de Comunicación Industrial

Tomando en consideración la complejidad de nuestro sistema y los dispositivos que conformaran nuestra red de comunicación, podemos clasificar el tipo de control en:

- **Sistema Centralizado**: El control se realiza por un solo sistema, es decir un solo controlador, por lo que es fácil de mantener, con gran compatibilidad y efectivo cuando el sistema no requiere de complejidad, aunque son susceptibles a los fallos, puesto si el controlador falla, todo se detiene.
- **Sistema Distribuido**: El control se realiza a través de diferentes sistemas conectados en red, por lo que la responsabilidad es repartida entre diferentes controladores que deben comunicarse a través de esa misma red, teniendo como resultado mayor capacidad y flexibilidad que un sistema centralizado, pues permite la integración y comunicación de dispositivos de diferentes fabricantes. Es aconsejado su uso en sistemas grandes y complejos. (Guerrero Vicente, Martínez Luis y Yuste Ramón, 2009).

Variable Analógica

Una variable analógica es aquella que toma infinitos valores entre dos puntos. Un ejemplo de variable analógica es la temperatura (Romero C., 2018)

Bloques Normalizar y Escalar

Son bloques proporcionados por el software TIA Portal, los cuales permiten normalizar y escalar las señales de entrada y así obtener los datos correctos enviados por el programa al controlador que suministrará las señales analógicas a utilizar.

- **NORM_X: Normalizar**

  La instrucción «Normalizar» normaliza el valor de la variable de la entrada VALUE representándolo en una escala lineal. Los parámetros MIN y MAX sirven para definir los límites de un rango de valores que se refleja en la escala.

  En función de la posición del valor que se debe normalizar en este rango de valores, se calcula el resultado y se deposita como número en coma flotante en la salida OUT.

  Si el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada MIN, la salida OUT devuelve el valor «0.0». Si el valor que se debe normalizar es igual al valor de la entrada MAX, la salida OUT devuelve el valor «1.0». (Siemens, 2018)

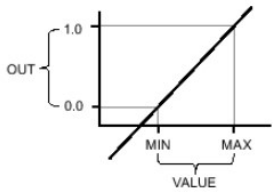


Figura 1 Valores a Normalizar

(Gútiez I., 2016)

- **SCALE_X: Escalar**

  La instrucción «Escalar» escala el valor de la entrada VALUE mapeándolo en un determinado rango de valores. Al ejecutar la instrucción «Escalar», el número en coma flotante de la entrada VALUE se escala al rango de valores definido por los parámetros MIN y MAX. El resultado de la escala es un número entero que se deposita en la salida OUT. (Siemens, 2018)

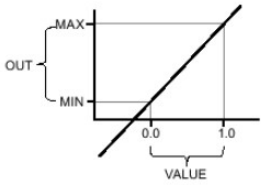


Figura 2 Ejemplo de Escalamiento

(Gútiez I., 2016)

Tabla 1: Valores de conversión para captación de temperatura

Valor entero (valor analógico)	Valor de medida (En el rango de 0-20mA)	Valor de medida (en el rango 4-20mA)	Valor físico
0	0.0	4.0	20°C
6912	5.0	8.0	52,5°C
13824	10.0	12.0	85°C
20736	15.0	16.0	117,5°C
27648	20.0	20.0	150°C

Ejemplo 1 - Conversión de un valor analógico a un valor físico (entrada analógica con el ejemplo de una captación de temperatura)
Como límites superior e inferior para la normalización se eligen MAX = 27648 y MIN = 0, mientras que para el escalado se eligen MAX = 150°C y MIN = 20°C. Debido a que los valores de entrada son de tipo entero, pero los valores de salida se escalan con el tipo REAL, se realiza una conversión del tipo de datos entero a real con ayuda de la función NORM_X. El valor entero 20000 se corresponde con un valor de intensidad de 14,4676 mA en el rango de medida 0-20mA.

(Siemens, 2018)

Comparadores

La función de los comparadores es la de verificar que un valor primario cumpla con una condición que puede ser: igual, mayor, mayor o igual, menor, menor o igual, y diferente de un valor secundario. (Zapata R., 2017)

Tabla 2 Tipos de Datos que Admiten los Comparadores

Int	**Entero**
DInt	**Doble Entero**
Real	**Real**
Byte	**Byte**
Word	**Word**
DWord	**Doble Word**
Time	**Tiempo**

(Zapata R., 2017)

Contadores

Se constituyen como variables internas del PLC que proporcionan al usuario la capacidad de registrar las veces que una entrada salida o marca ha cambiado de estado de 0 a 1. En el

software Tía Portal podemos encontrar varios tipos de Contadores que son muy útiles dependiendo la necesidad del usuario. (Suarez V., 2007)

Tabla 3 Tipos de Contadores

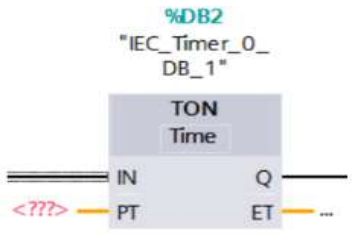
Tipo de contador	Valor actual (VA)	Flanco en entrada
CTU	Si el VA>=PV el bit del contador se pone a ON. El contador seguirá contando hasta alcanzar los 32.767.	Un flanco en CU provoca el incremento del VA del contador.
CTD	Si el VA<=0 el bit del contador se pone a ON. El contador seguirá contando hasta llegar a -32.767.	Un flanco en CD provoca el decremento del VA del contador.
CTUD	Si el VA>=PV el bit del contador se pone a ON. El contador seguirá contando hasta 32.767 ó -32.767.	Un flacon en CU provoca el incremento del VA del contador, mientras que un flanco en CD provoca el decremento del VA del contador.

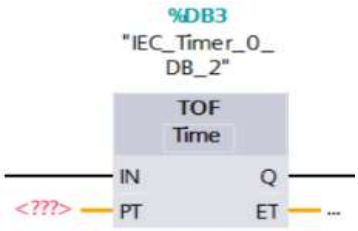
(Suarez V., 2007)

Temporizadores

Representan las variables internas que están facultadas para mantenerse en un determinado estado por un tiempo determinado y especificado por el usuario. (Zapata R., 2017)

Tabla 4 Temporizadores y sus funciones

TON: Retardo a la Conexión. 	Nos permite el retardo de la activación por un tiempo establecido y designado en PT de la salida Q. Una vez iniciada la instrucción para la activación del temporizador, el tiempo PT empieza a correr de forma ascendente, al llegar al tiempo establecido la salida Q pasa de estado 0 a 1 es decir activarse.

TOF: Retardo a la Desconexión. 	Nos permite el retardo de la desactivación por un tiempo establecido y designado en PT de la salida Q. Una vez iniciada la instrucción para la activación del temporizador, la salida Q pasa de estado 0 a 1 es decir activarse inmediatamente y con ello el tiempo indicado en PT empieza a correr de forma descendente. La salida permanece activada hasta que el tiempo PT llega al valor establecido, con lo que la salida Q pasa de estado 1 a 0 es decir desactivarse.

(Zapata R., 2017)

Bloque MOVE

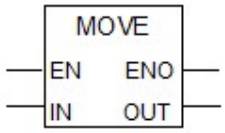


Figura 3 Bloque MOVE

(Gútiez I., 2013)

MOVE (Asignar un valor) es activada por la entrada de habilitación EN. El dato ingresado en la entrada IN se traslada como una copia hacia la dirección que se asigna en la salida OUT. La salida de habilitación ENO tiene el mismo estado de señal que la entrada de habilitación EN. El uso del bloque en mención sólo nos faculta a copiar los objetos de datos que tengan las longitudes de BYTE, WORD o de DWORD. (Gútiez I., 2013)

Bloques PUT y GET

Para que las CPUs del SIMATIC S7-1200 tengan la habilidad de transferencia datos a través de la configuración de un enlace, hay que emplear en el programa a las siguientes instrucciones (Siemens, 2012):

- **GET** para leer datos desde una CPU interlocutora
- **PUT** para escribir datos en una CPU interlocutora

Pulsadores

Elementos de control útiles para activar o desactivar sistemas de fuerza.

Tipos de Pulsadores:

- Marcha (NO) verde.
- Paro (NC) rojo.
- Emergencia (con retención) rojo.
- Existen en diámetros de 14mm-22mm y 30mm
- De acuerdo al ambiente donde se instalen estos pueden ser: Plásticos o metálicos. (www.sassinelectric.com)

Luces Pilotos

Elementos de control útiles para indicar la operación o falla en sistemas de fuerza o de control.

Tipos de Indicadores

- Verde (marcha)
- Rojo (paro)

Los focos indicadores existen en una gama de niveles de tensión y del tipo de luz que generan:

- Bayoneta (incandescente)
- Led (blanco)

Existen en diámetros de 14mm - 22mm - 30mm.

Pueden ser del tipo:

- Eléctricas (con porta foco)
- Electrónicas (monoblock) (www.bsvelectronic.com)

Bibliografía

- Siemens, “Controlador s7-1500”,2018 https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html
- Siemens, “Ingeniería en el TIA Portal”,2018 https://new.siemens.com/mx/es/productos/automatizacion/systems/industrial/plc/simatic-s7-1500.html
- Centeno P.,” Introducción a TIA Portal con S7-1500“, 2017

http://oa.upm.es/49911/1/PFC_PEDRO_CENTENO_POMARETA.pdf

- Guerrero Vicente, Martínez Luis y Yuste Ramón. "Comunicaciones Industriales". España, 2009. https://books.google.com.mx/books?hl=es&lr=&id=fPCVCoDCa8IC&oi=fnd&pg=PT41&dq=redes+industriales&ots=qZlVw5-Han&sig=Sx0YwlK4QJUsGsRzntWSAYdPlNo#v=onepage&q=redes%20industriales&f=false
- Romero C., "Variables Analógicas y Digitales", 2016 https://nanopdf.com/download/ingenieria-industrial-candido-romero-sanchez-8-b_pdf
- Support Siemens, "FAQ", 2016 https://support.industry.siemens.com/cs/document/39334504/%C2%BFc%C3%B3mo-se-pueden-escalar-los-valores-enteros-para-entradas-salidas-anal%C3%B3gicas-en-valores-reales-y-los-valores-reales-en-valores-enteros-utilizando-el-step-7-(tia-portal)-y-s7-1200-s7-1500-?dti=0&lc=es-WW
- Zapata R.," Temporizadores y Contadores en TIA Portal", 2017 https://shigra.net-learning.org/mahara/view/view.php?id=637
- Suarez V., "Operaciones de contaje del S7-200", 2007) http://www.isa.uniovi.es/~vsuarez/ii/CursoOnline/8acontadores.htm#
- Pulsadores y Tipos de Pulsadores www.sassinelectric.com

- Luces Pilotos y Tipos de Indicadores

  www.bsvelectronic.com

- National Instruments, ¿Qué es Labview?, 2020)

  https://www.ni.com/es-cr/shop/labview.html

- Gútiez I., "Función MOVE en Step 7", 2013)

  https://programacionsiemens.com/funcion-move-en-step-7/

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Práctica #1

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. CARLOS PÉREZ

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: "Declaración de variable de entradas y salidas para un control on/off de salidas digitales utilizando set/reset"

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

a. Objetivo General:

Dar a conocer el funcionamiento de un control on/off por medio de salidas digitales set/reset.

b. Objetivos Específicos:

- Diseñar un programa de declaración de variables en el software TIA Portal versión 15.1.
- Implementar mediante las conexiones en los sistemas de fuerza y control.

c. Marco Procedimental

1. Dar Clic sobre el ícono del software TIA Portal Versión 15.1.

Figura1. Pantalla de inicio y visualización del software TIA Portal.

2. Se desplegará una pantalla, y nos iremos a la opción “Crear Proyecto”; llenamos los campos en blanco, colocando el nombre y la ruta donde se guardará nuestro nuevo proyecto.

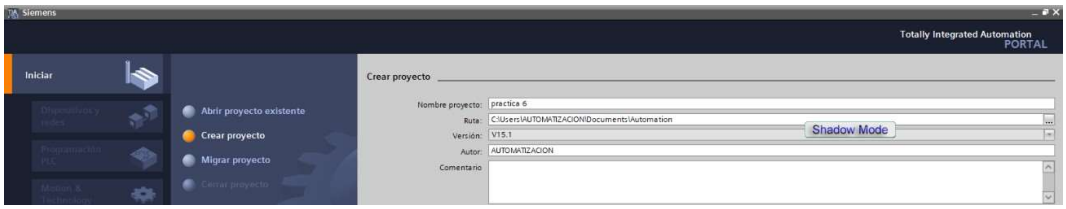


Figura2. Nombrar Proyecto.

3. Clic en el botón crear.

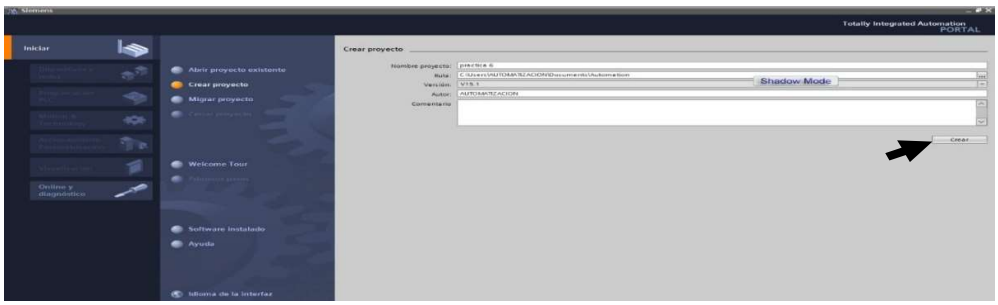


Figura3. Crear Proyecto.

4. Nos aparecerá otra pantalla para agregar el dispositivo o dispositivos que vamos a necesitar en nuestra respectiva práctica.

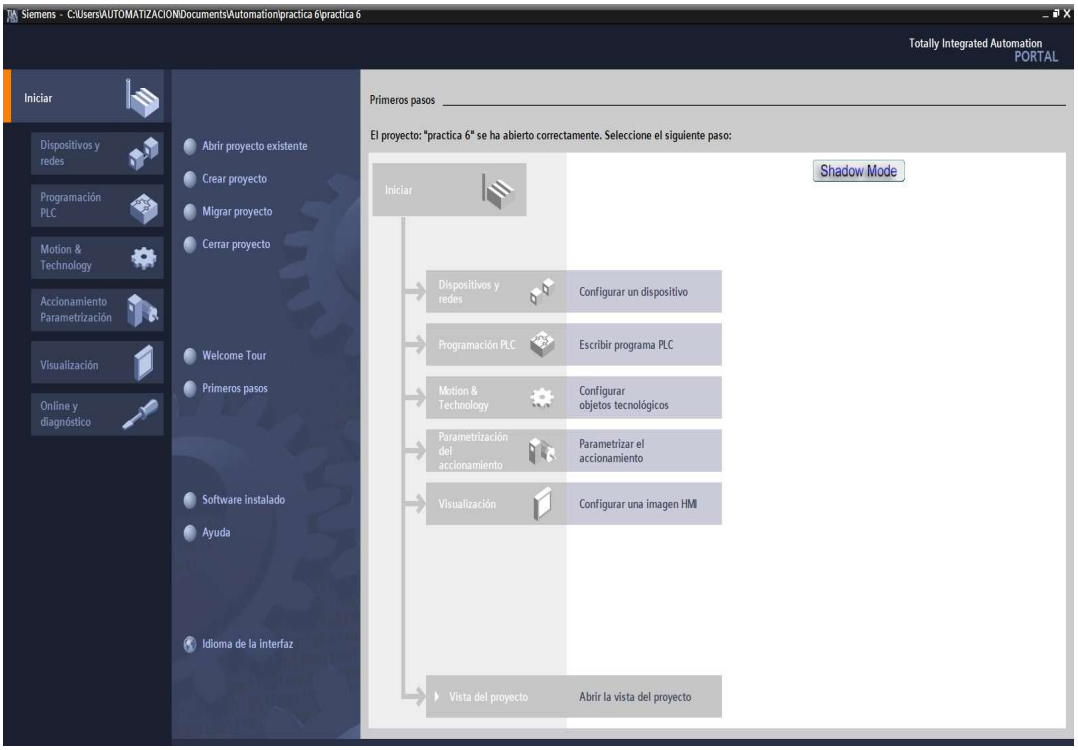


Figura4. Vista del proyecto a crear.

5. En este caso necesitaremos de un controlador PLC Simatic S7-1500 y como se muestra en la figura escogeremos lo siguiente: CPU 1516-3PN/DP serial 6ES7 516-3AN01-0AB0. En la parte inferior derecha nos solicitará la versión y seleccionaremos V2.6.

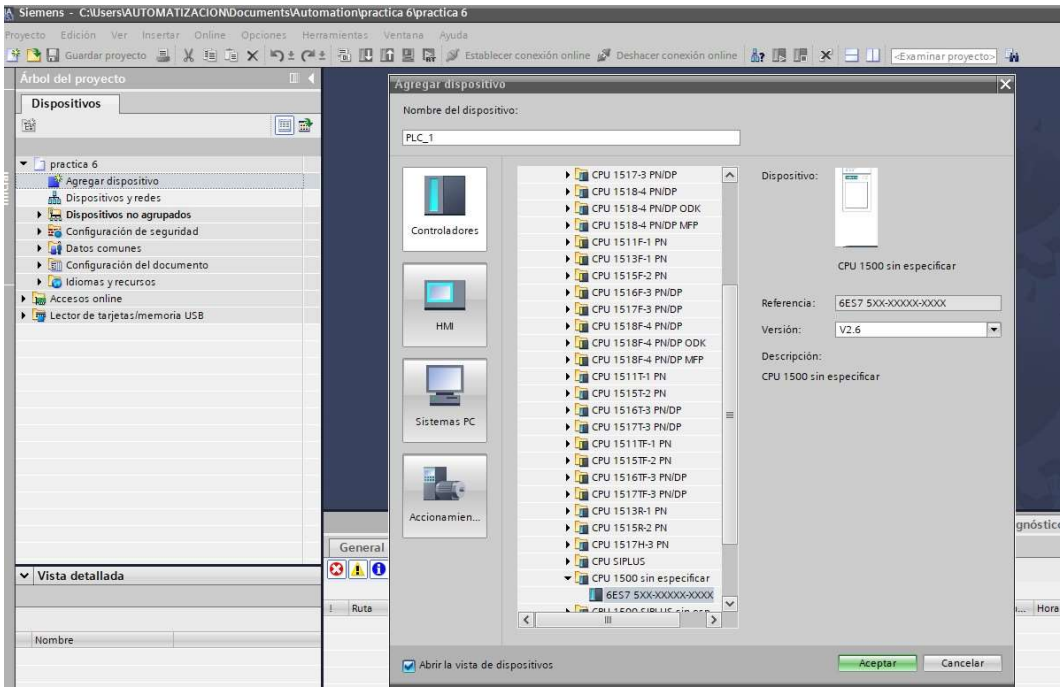


Figura5. Agregar dispositivo al proyecto.

6. Clic en la opción agregar.

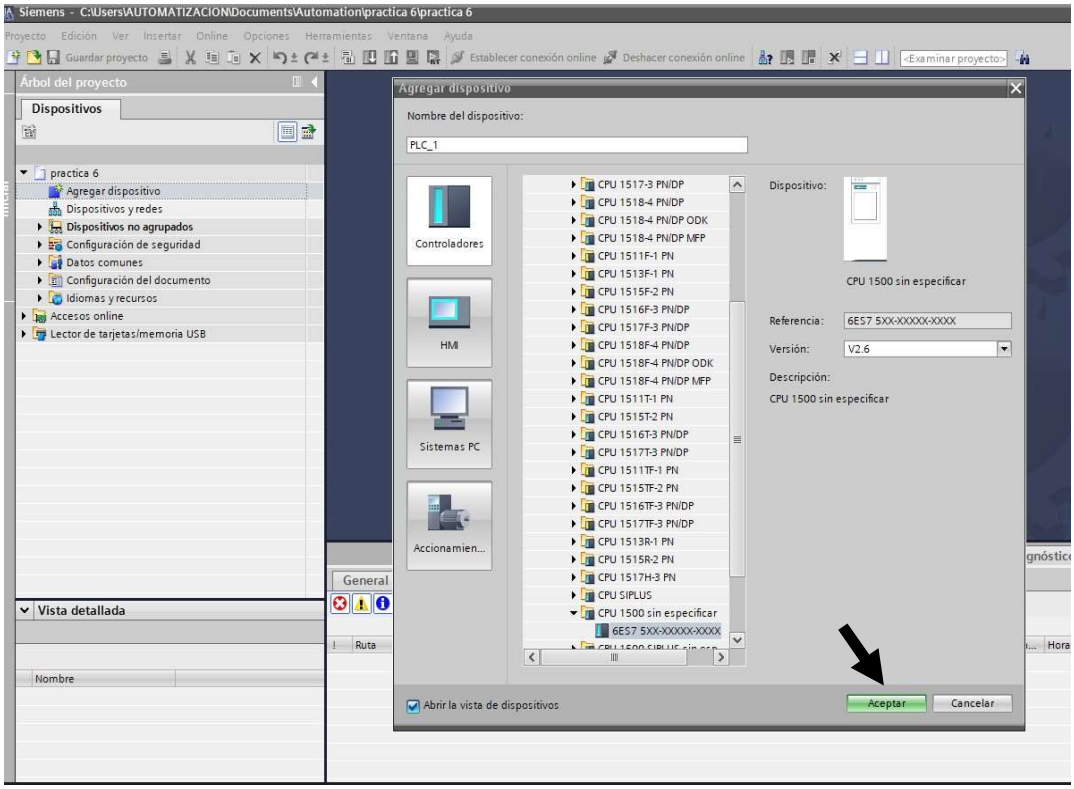
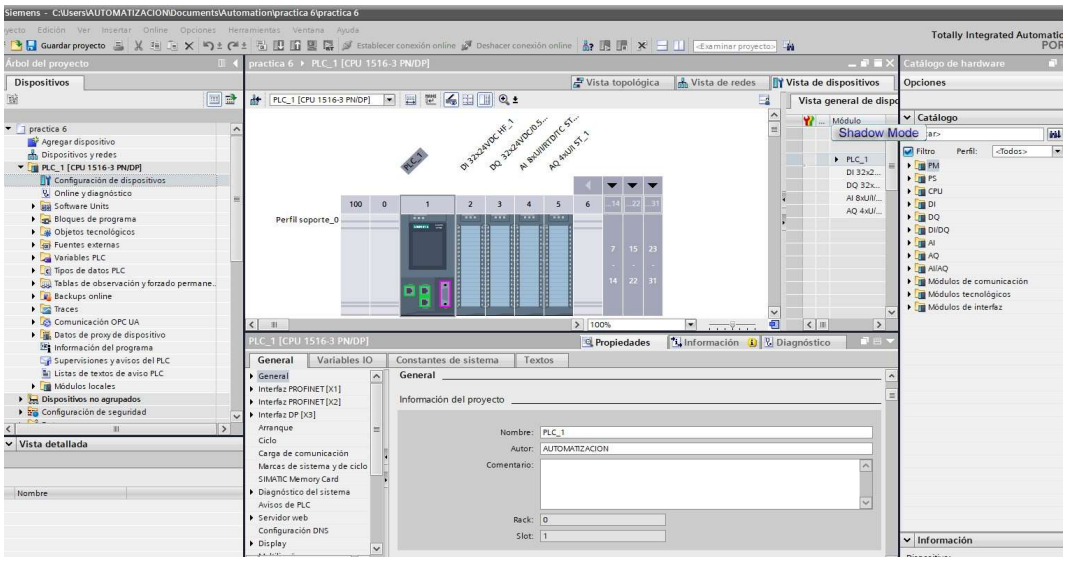


Figura6. Selección de versión del dispositivo a agregar.

7. Luego de agregar el dispositivo en la pantalla se presentará su respectiva imagen en el



software TIA Portal.

Figura7. Vista del Proyecto Agregado.

8. Lo siguiente es la programación de nuestro controlador por medio de lenguaje de contactos, para esto debemos dirigirnos al árbol del proyecto a la izquierda de la pantalla y luego dar clic en “PLC_1”, posteriormente “Bloques de Programa” y damos doble clic sobre “Main [OB1]”, finalmente nos aparecerá la venta que nos permitirá realizar la programación pertinente.
9. A cada segmento se le asignará un nombre dependiendo de la acción que en este se realiza, siendo este primer segmento nombrado “Puesta en marcha con enclavamiento”.

10. En este segmento se incluye el contacto abierto i0.0 para la "marcha" de nuestro sistema, un contacto cerrado i0.2 "paro de emergencia" cuya función es inhabilitar el sistema, la marca m0.0 "enclavamiento" representada con el símbolo de salida la misma que nos permite su activación y luego colocada en paralelo con la "marcha" para asegurarnos la habilitación de nuestra salida.

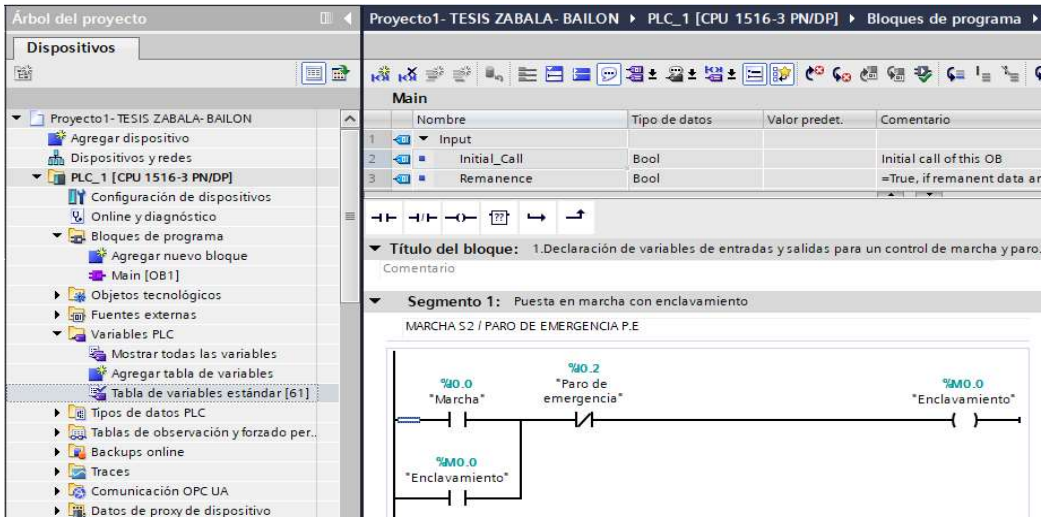


Figura8. Programación del segmento 1.

11. Agregamos un segundo segmento con el nombre "Encendido del motor", donde colocaremos el contacto abierto de nuestra marca "enclavamiento" que una vez activada va a dar paso a la continuación del proceso, le prosigue un contacto cerrado i0.1 "paro" cuya funcionalidad es solo la inhabilitación de la bobina de salida Q0.0

"motor encendido", esta última nos indicará el encendido del motor representado por el led verde H2.

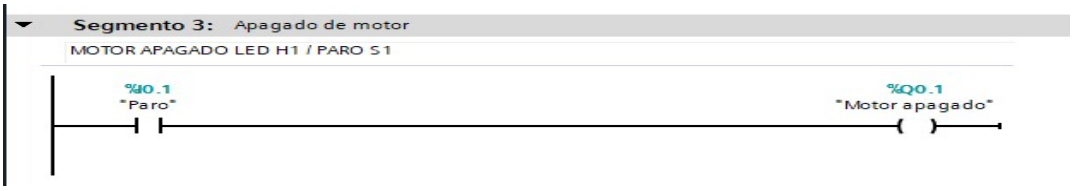


Figura9. Programación del segmento 2.

12. En el tercer y último segmento denominado "Apagado del motor", se presenta un contacto abierto i0.1 llamado "paro" que al activarse desactivará la bobina de salida Q0.0 "motor encendido" y activará la bobina de salida Q0.1 "motor apagado" representada por el led rojo H1.

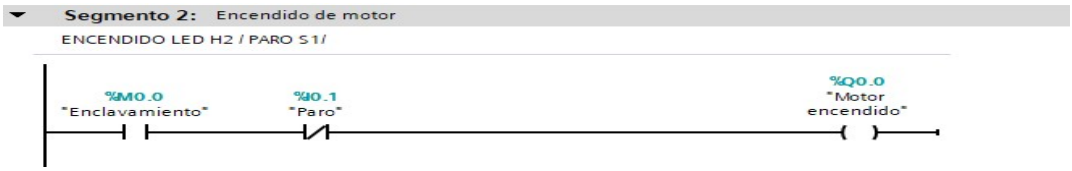


Figura10. Programación del segmento 3.

13. Contamos también con una tabla de variables de los datos declarados en nuestro bloque de programación Main [OB1]. Podemos acceder a ella, dirigiéndonos al árbol del proyecto a la izquierda de la pantalla y luego dar clic en "PLC_1", posteriormente "Variables del PLC" se desplegarán opciones y escogeremos "Tabla de variables estándar".

14. Podemos cambiar los nombres de nuestras variables o agregarlas si así lo requerimos.

    En esta tabla se mostrará también el tipo de dato que estamos manejando y también tenemos la opción de modificarlos.

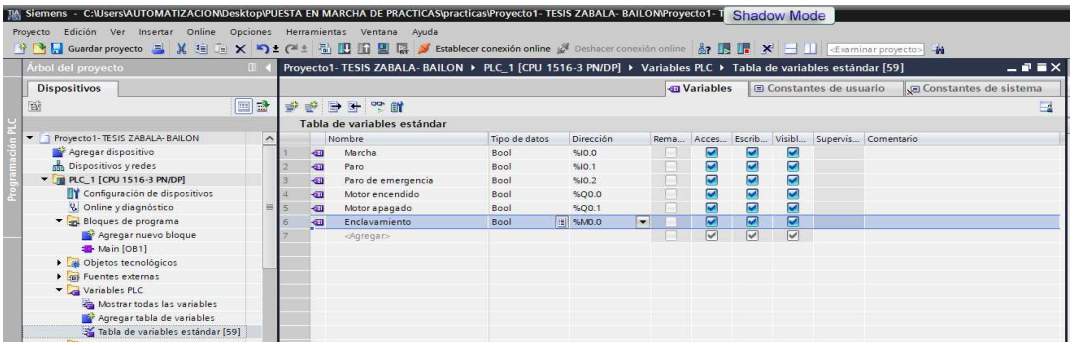


Figura11. Tabla de Variable del PLC S7-1500.

d. Recursos Utilizados

- Lámina que contiene al PLC Siemens S7-1500.
- Lámina de Fuente de Alimentación.
- Lámina de Distribución.
- Lámina de Mando y Señalización.
- Computadora con software TIA Portal Versión 15.1.

e. Registro de Resultados

Podemos apreciar satisfactoriamente el funcionamiento de práctica #1. Se muestra a nuestro PLC S7-1500 en su estado RUN con todos los datos programados cargados, además de las conexiones pertinentes en las láminas usadas.

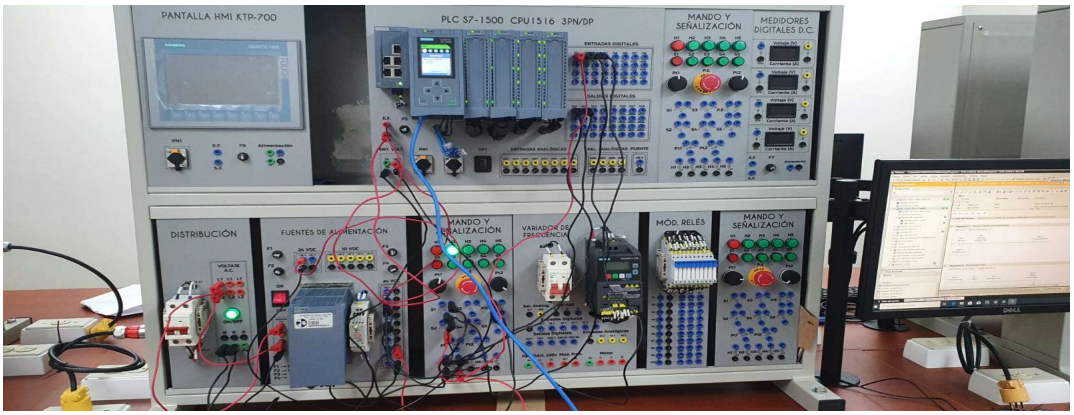
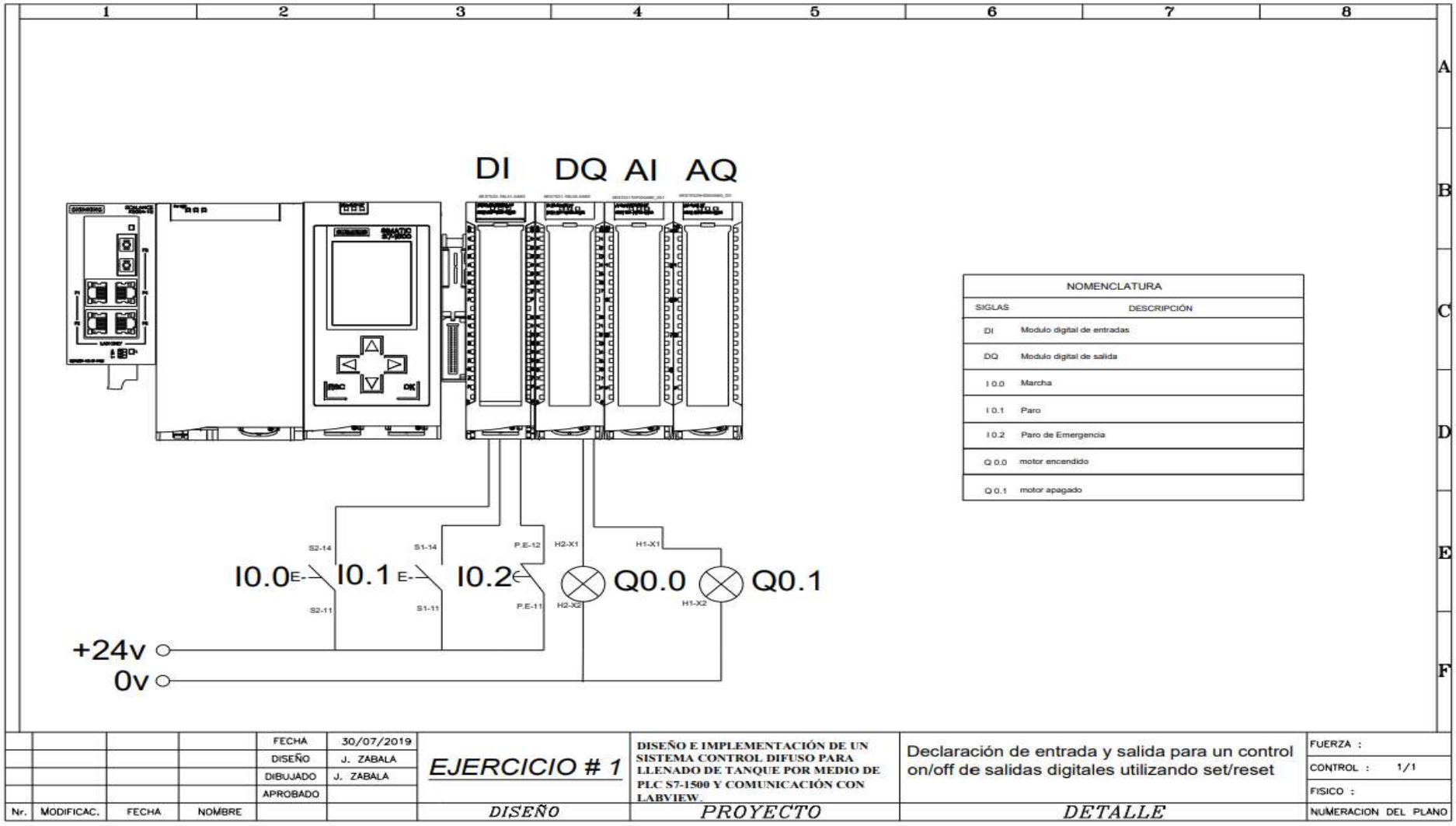


Figura12. Práctica Funcional.



NOMENCLATURA	
SIGLAS	DESCRIPCIÓN
DI	Modulo digital de entradas
DQ	Modulo digital de salida
I 0.0	Marcha
I 0.1	Paro
I 0.2	Paro de Emergencia
Q 0.0	motor encendido
Q 0.1	motor apagado

				FECHA	30/07/2019	EJERCICIO # 1	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.	Declaración de entrada y salida para un control on/off de salidas digitales utilizando set/reset
				DISEÑO	J. ZABALA			FUERZA :
				DIBUJADO	J. ZABALA			CONTROL : 1/1
				APROBADO				FISICO :
Nr.	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			DISEÑO	PROYECTO	DETALLE

NUMERACION DEL PLANO

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Práctica #2

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. CARLOS PÉREZ

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: "Lectura de Entradas Analógicas con Funciones de Normalizar y Escalar"

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

a. Objetivo General:

Dar a conocer el funcionamiento de los bloques Normalizar y Escalar y su utilidad en procesos industriales por medio de salidas digitales set/reset.

b. Objetivos Específicos:

- Diseñar un programa de declaración de variables en el software TIA Portal versión 15.1.
- Implementar mediante las conexiones en los sistemas de fuerza y control.

c. Marco Procedimental

1. Dar Clic sobre el ícono del software TIA Portal Versión 15.1. A partir de este punto se efectuarán los mismos pasos de configuración desde ítem 2 al 8 realizados en la práctica #1 "Declaración de variable de entradas y salidas para un control on/off de salidas digitales utilizando set/reset".

Figura1. Pantalla de inicio y visualización del software TIA Portal.

2. A cada segmento se le asignará un nombre dependiendo de la acción que en este se realiza, siendo este primer segmento nombrado "Normalizar y Escalar Valor Entero Analógico". En este segmento se incluyen los bloques de Normalizar y Escalar que nos permiten colocar los limites 0-27648 y el rango de valores 0 a 10 en que trabajaremos. Además, la entrada Analógica "Valor analógico" IW4 cuyo valor normalizado se guardará en dato Dword tipo real MD50, luego pasará a escalarse y guardarse en el Dato MD54 "Valor Real Escalado".

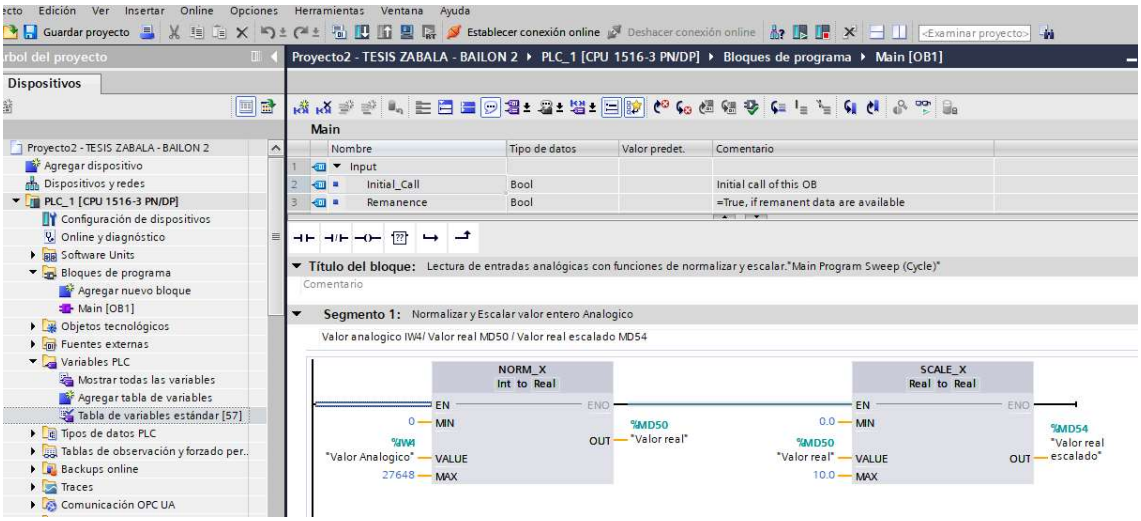


Figura2. Programación del Segmento 1.

3. Agregamos un segundo segmento con el nombre "Comparación de valor real mayor o igual", donde colocaremos un comparador de mayor o igual a 6.0 que hará su acción sobre la variable Md54 "Valor Real Escalado" y una bobina de salida Q0.0 "Nivel Alto" que se activará si el

valor de la variable está dentro del rango, por medio de un LED Verde H2.

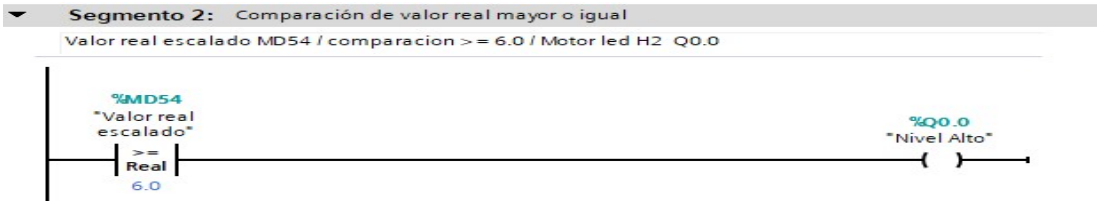


Figura3. Programación del Segmento 2.

12. En el tercer y último segmento denominado “Comparación de valor real menor o igual”, donde colocaremos un comparador de menor o igual a 5.0 que hará su acción sobre la variable Md54 “Valor Real Escalado” y una bobina de salida Q0.1 “Nivel Bajo” que se activará si el valor de la variable está dentro del rango, por medio de un LED Rojo H1.

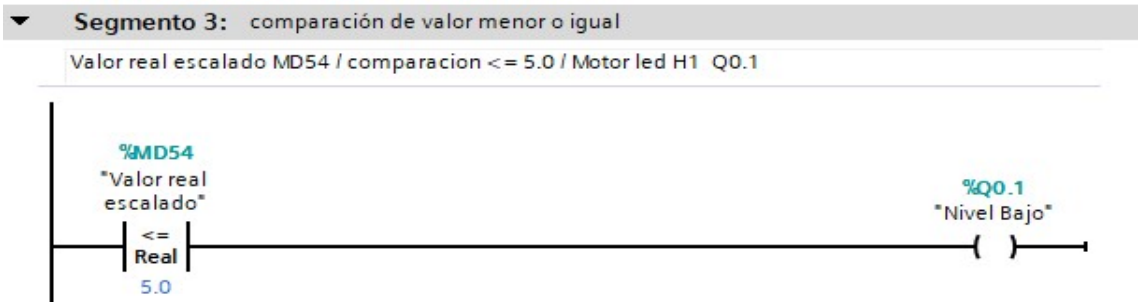


Figura4. Programación del Segmento 3.

13. Contamos también con una tabla de variables de los datos declarados en nuestro bloque de programación Main [OB1]. Podemos acceder a ella, dirigiéndonos al árbol del proyecto a la izquierda de la pantalla y luego dar clic en “PLC_1”, posteriormente “Variables del PLC” se desplegarán opciones y escogeremos “Tabla de variables estándar”.

14. Podemos cambiar los nombres de nuestras variables o agregarlas si así lo requerimos. En esta tabla se mostrará también el tipo de dato que estamos manejando y también tenemos la opción de modificarlos.

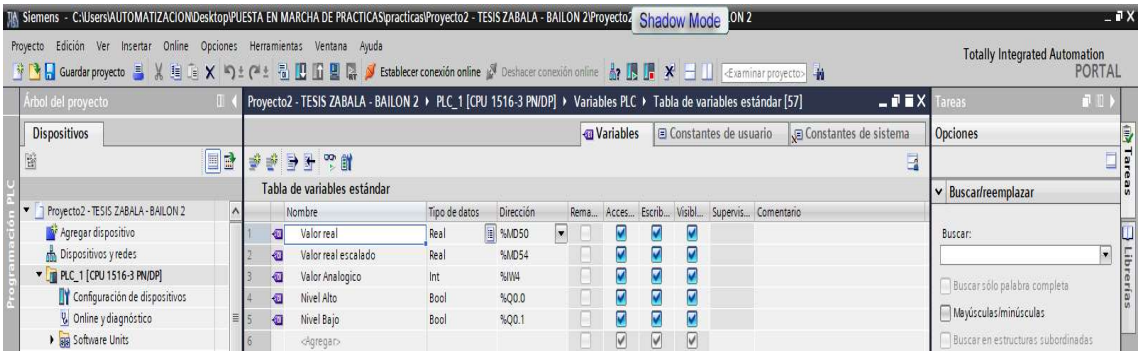


Figura5. Tabla de Variables del PLC S7-1500.

d. Recursos Utilizados

- Lámina que contiene al PLC Siemens S7-1500.
- Lámina de Fuente de Alimentación.
- Lámina de Distribución.
- Lámina de Mando y Señalización.
- Computadora con software TIA Portal Versión 15.1.

e. Registro de Resultados

Podemos apreciar satisfactoriamente el funcionamiento de práctica #2. Se muestra a nuestro PLC S7-1500 en su estado RUN con todo el dato programado cargado, además de las conexiones pertinentes en las láminas usadas.

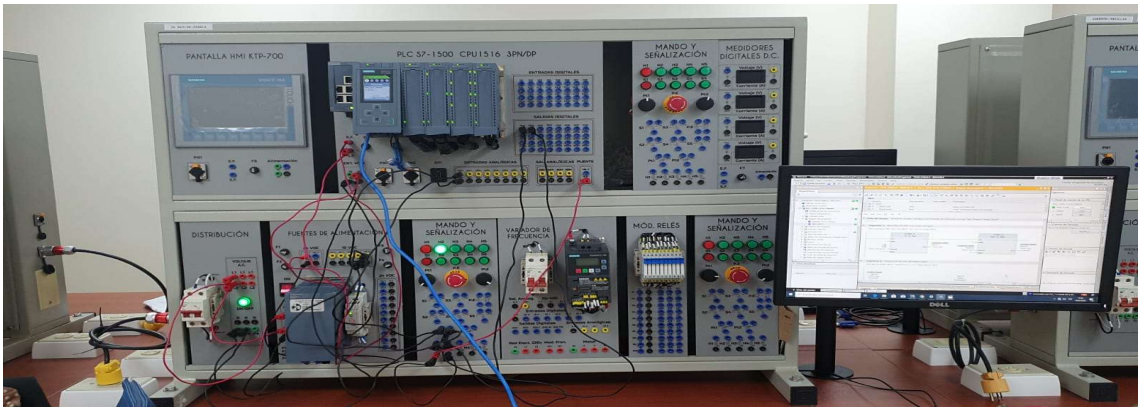


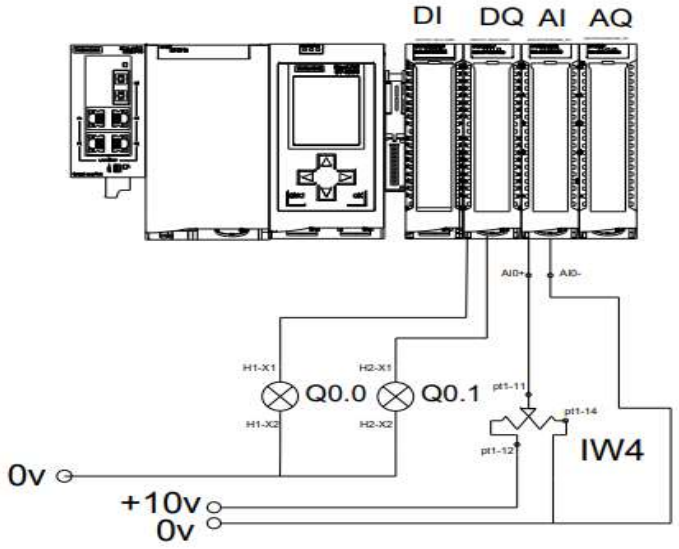
Figura6. Práctica Funcional.

Figura7. Práctica Funcional.

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

Ejercicio # 2.

Lectura de señal analógicas con funciones de normalizar y escalar.



NOMENCLATURA	
SIGLAS	DESCRIPCIÓN
DI	Modulo de entradas digitales
DQ	Modulo de salida digitales
AI	Modulo de entradas analogicas
AQ	Modulo de salida analogicas
Q 0.0	Nivel alto
Q 0.1	Nivel bajo
IW4	Señal de entrada analogica

				FECHA	30/07/2019	EJERCICIO # 2	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.	Lectura de entradas analógicas con funciones de normalizar y escalar.	FUERZA :
				DISEÑO	J. ZABALA				CONTROL :
				DIBUJADO	J. ZABALA				FISICO :
				APROBADO					
Nr.	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			DISEÑO	PROYECTO	DETALLE	NUMERACION DEL PLANO

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Práctica #3

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. CARLOS PÉREZ

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: "Control de Salida Mediante el Uso de Contadores y Comparadores"

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

a. Objetivo General:

Dar a conocer el funcionamiento de las herramientas de comparadores junto a contadores y su utilidad en procesos industriales proyectados en una pantalla HMI para el monitoreo respectivo.

b. Objetivos Específicos:

- Diseñar un programa de declaración de variables en el software TIA Portal versión 15.1.
- Implementar mediante las conexiones en los sistemas de fuerza y control.

c. Marco Procedimental

1. Dar Clic sobre el ícono del software TIA Portal Versión 15.1.

Figura1. Pantalla de inicio y visualización del software TIA Portal.

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

2. Se desplegará una pantalla, y nos iremos a la opción “Crear Proyecto”; llenamos los campos en blanco, colocando el nombre y la ruta donde se guardará nuestro nuevo proyecto.

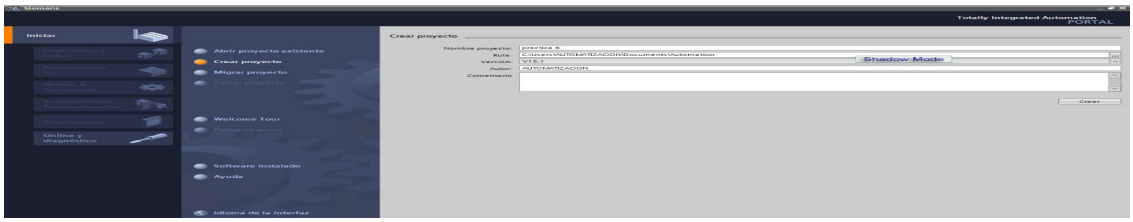


Figura2. Nombrar Proyecto.

3. Clic en el botón crear.

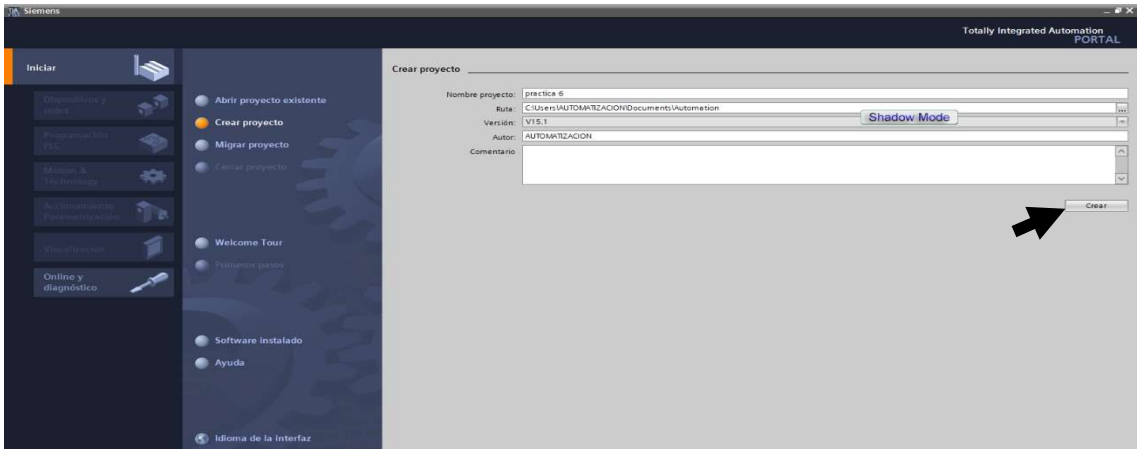


Figura3. Crear Proyecto.

4. Nos aparecerá otra pantalla para agregar el dispositivo o dispositivos que vamos a necesitar en nuestra respectiva práctica.

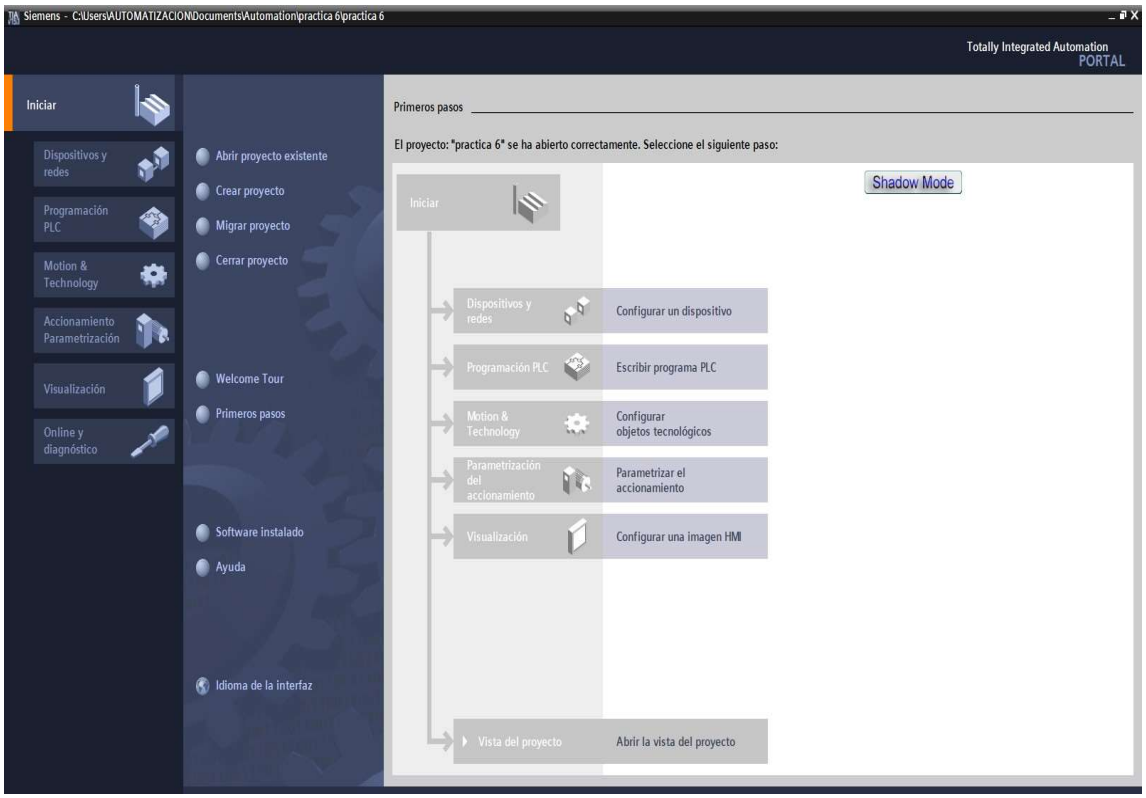


Figura4. Vista del proyecto a crear.

5. En este caso necesitaremos de un controlador PLC Simatic S7-1500 y como se muestra en la figura escogeremos lo siguiente: CPU>CPU 1516-3PN/DP serial 6ES7 516-3AN01-0AB0. En la parte inferior derecha nos solicitará la versión y seleccionaremos V2.6.

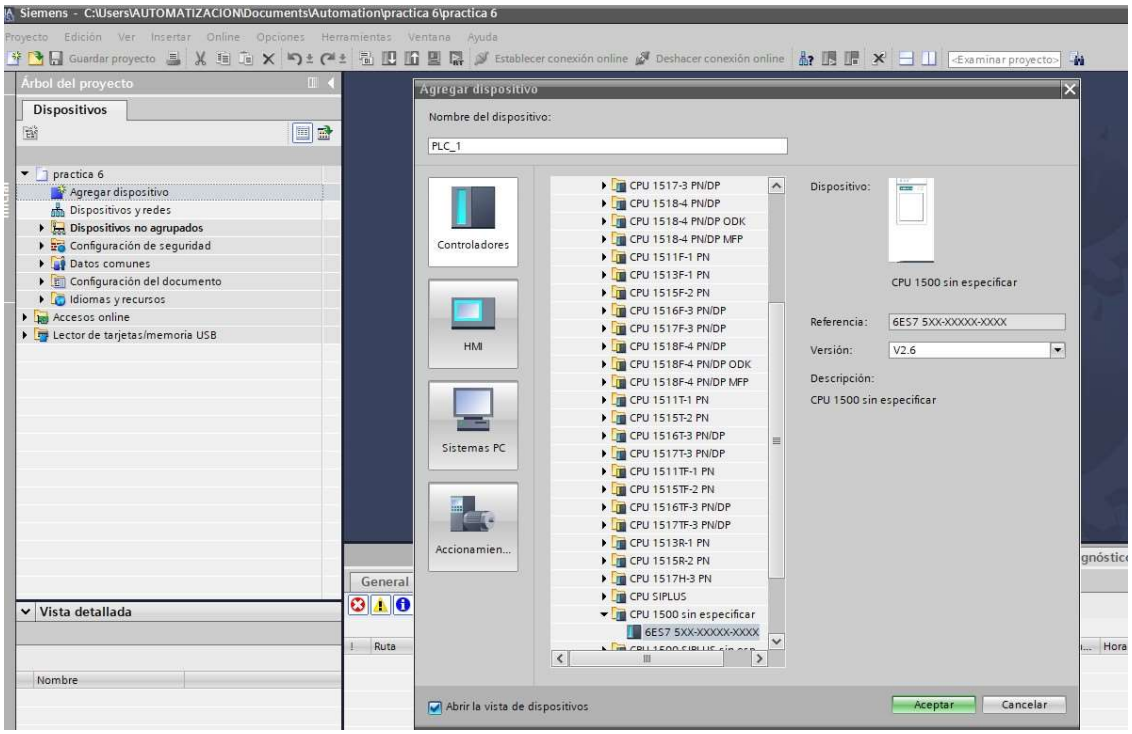


Figura5. Agregar dispositivo al proyecto.

6. Clic en la opción agregar.

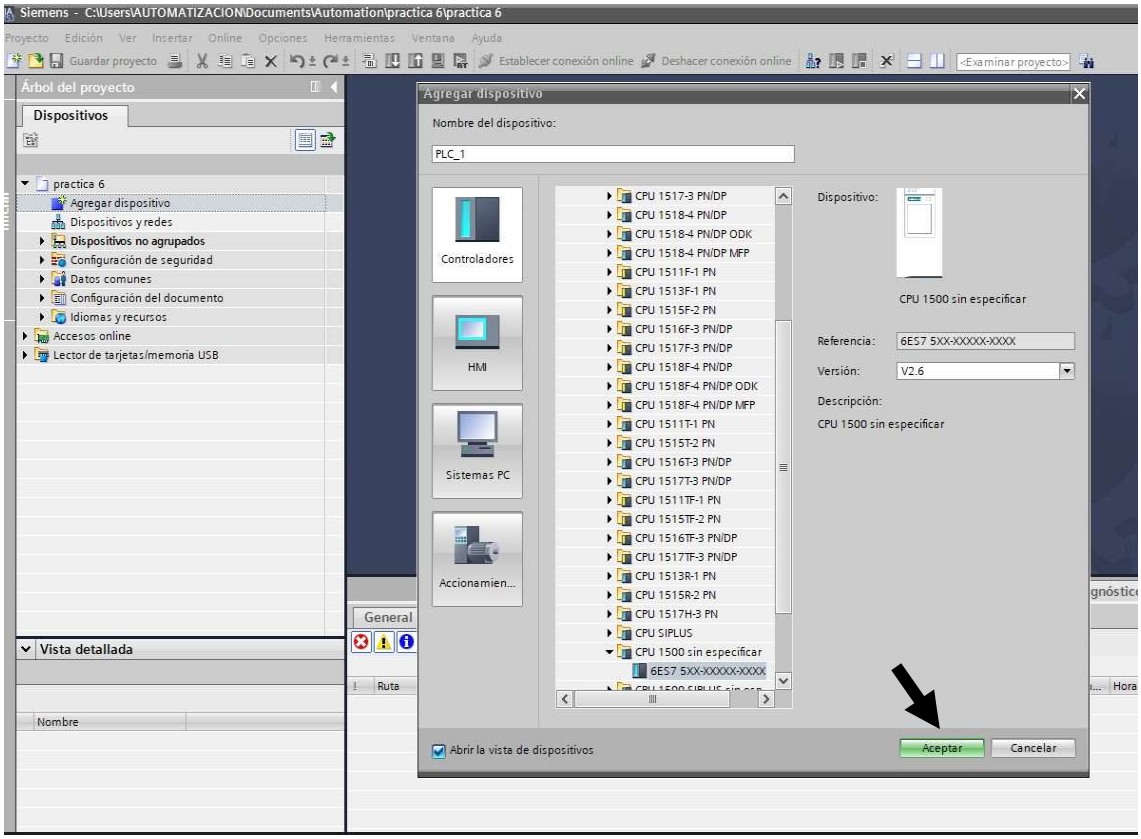


Figura6. Selección de versión del dispositivo a agregar.

7. Luego de agregar el dispositivo en la pantalla se presentará su respectiva imagen en el software TIA Portal.

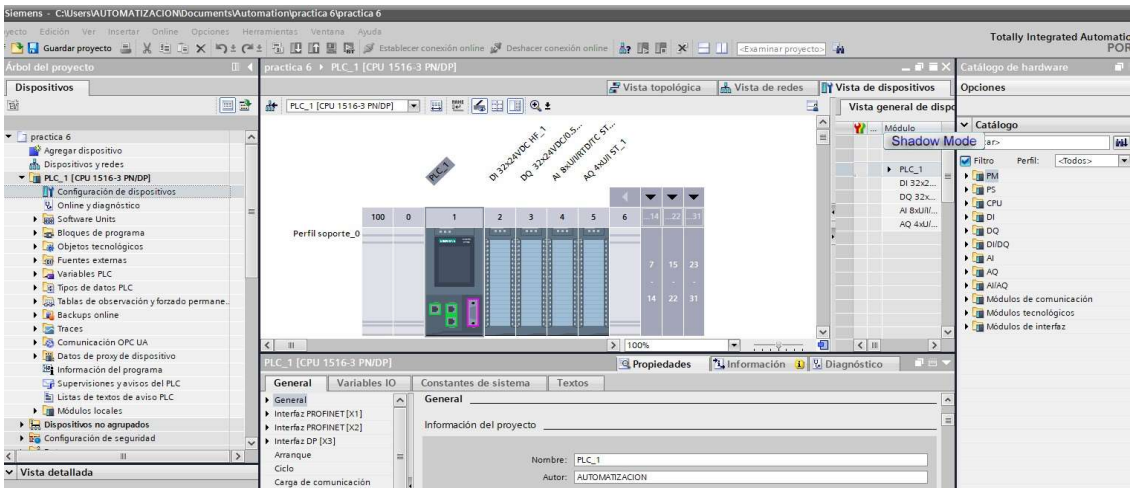


Figura7. Vista del Proyecto Agregado.

8. En esta práctica también vamos a necesitar de una pantalla HMI por lo que debemos agregarla de la misma manera que el PLC S7-1500 pero en este caso seleccionando la opción HMI>Basic Panel>7”>HMI KTP700 Basic PN serial 6AV2-123-2GB03-0AX0
9. Clic en la opción agregar.
10. Luego de agregar el dispositivo en la pantalla se presentará su respectiva imagen en el software TIA Portal.
11. Lo siguiente es la programación de nuestro controlador por medio de lenguaje de contactos, para esto debemos dirigirnos al árbol del proyecto a la izquierda de la pantalla y luego dar

clic en "PLC_1", posteriormente "Bloques de Programa" y damos doble clic sobre "Main [OB1]", finalmente nos aparecerá la venta que nos permitirá realizar la programación pertinente.

12. A cada segmento se le asignará un nombre dependiendo de la acción que en este se realiza, siendo este primer segmento nombrado "Puesta en Marcha con Enclavamiento para Energizar y Paro de Emergencia".
13. En este segmento se incluyen un contacto abierto para las direcciones i0.0 "Marcha" para arrancar el programa y m0.0 marca denominada "Enclavamiento/Energizar", continuando con un contacto cerrado para i0.1 "Paro de Emergencia" cuya finalidad es la desactivación de todo el proceso.

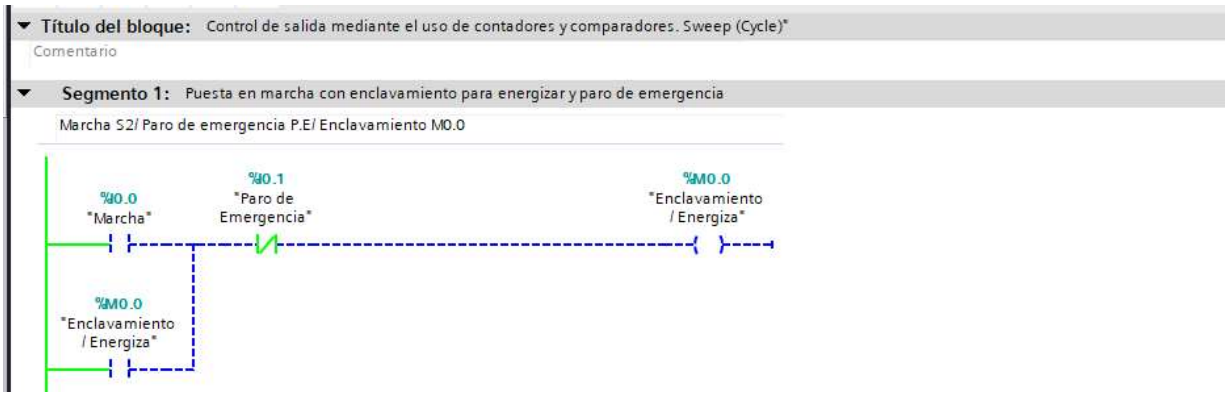


Figura8. Programación del Segmento 1.

14. Agregamos un segundo segmento con el nombre "Contador Ascendente", donde colocaremos la marca m0.0 "Enclavamiento/Energizar" en serie con i0.2 "Pulsos" cuya habilitación será contabilizada por nuestro contador Ascendente (CTU) en su parámetro CU, también un contacto abierto i0.3 "Reset" en el parámetro R para resetear el contador, el parámetro PV tendrá colocado el valor hasta donde se desea captar los pulsos de i0.2 , en este caso es hasta 6 iniciando desde cero y de esta manera ascendentemente, que se guardará en MW100 "Valor 1" activando la salida de la marca m300.0 cuando los pulsos sean igual al valor del parámetro PV. Se coloca otra rama con la marca m0.0 "Enclavamiento/Energizar" en serie con la marca indicadora de activación de nuestro Contador Ascendente y luego a una bobina de salida Q0.0 "Luz Valor 1" representada en las láminas del módulo con un led verde H2.

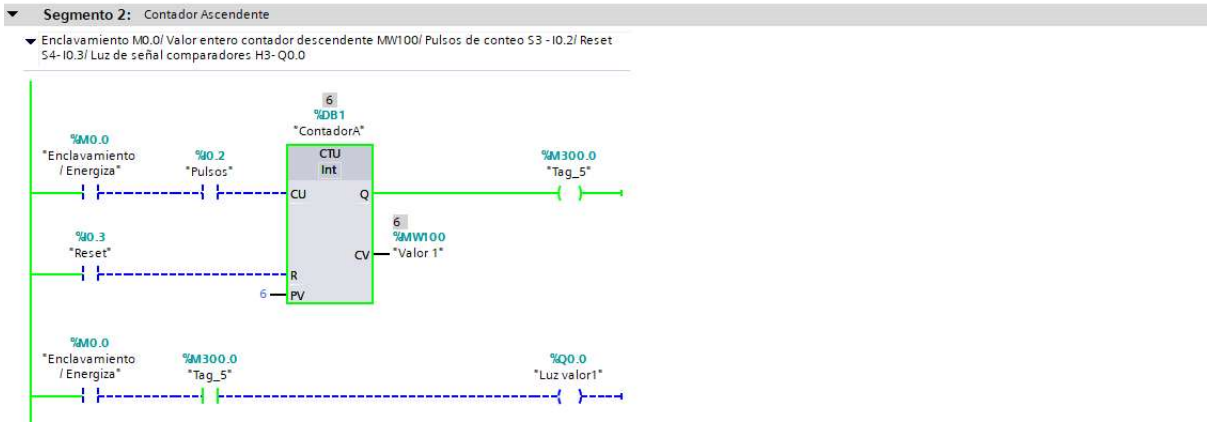


Figura9. Programación del Segmento 2.

15. Agregamos un Tercer segmento con el nombre “Contador Descendente”, donde colocaremos la marca m0.0 “Enclavamiento/Energizar” en serie con i0.2 “Pulsos” cuya habilitación será contabilizada por nuestro contador Descendente (CTD) en su parámetro CD, también un contacto abierto i0.3 “Reset” en el parámetro R para resetear el contador, el parámetro PV tendrá colocado el valor desde donde se desea captar los pulsos de i0.2 , en este caso es 3 iniciando desde el valor de PV y de esta descendentemente, que se guardará en MW200 “Valor 2” activando la salida de la marca m300.1 cuando los pulsos sean igual al valor del parámetro PV. Se coloca otra rama con la marca m0.0 “Enclavamiento/Energizar” en serie con la marca indicadora de activación de nuestro Contador Descendente y luego a una bobina de salida Q0.1 “Luz Valor 2” representada en las láminas del módulo con un led verde H2.

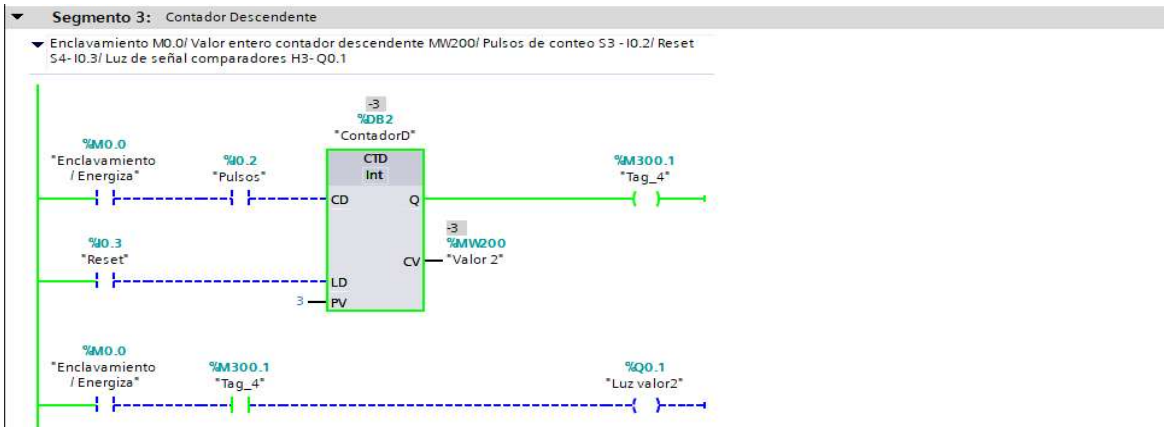


Figura10. Programación del Segmento 3.

16. Añadimos un cuarto segmento denominado “Normalizar y Escalar” que nos permiten colocar los limites 0-28770 y el rango de valores 0 a 10 en que trabajaremos. Además, la entrada Analógica “Valor analógico” IW4 cuyo valor normalizado se guardará en dato Dword tipo real MD50, luego pasará a escalarse y guardarse en el Dato MD60 “Comparación”.

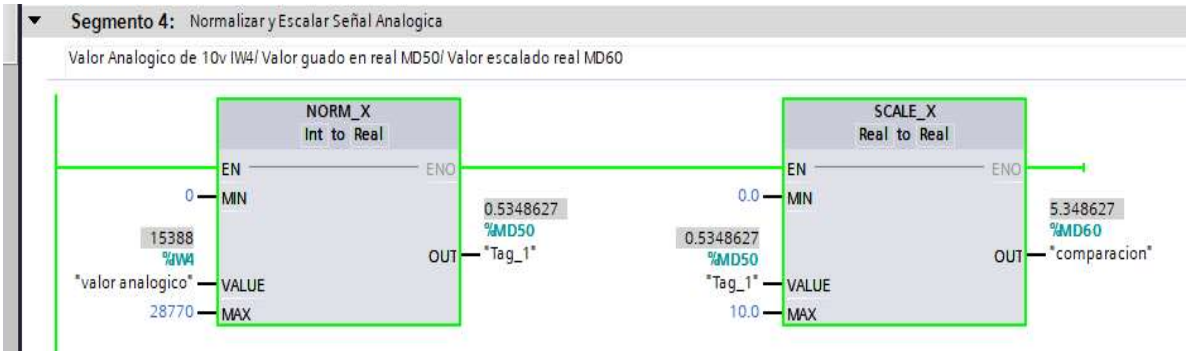


Figura11. Programación del Segmento 4.

17. Finalmente disponemos de un quinto segmento que incluye un contacto abierto para la marca de activación m0.0 “Enclavamiento/Energizar” seguido de un comparador mayor o igual que cuya variable a inferir es MD60 “Comparación” con el valor real 6.0, continuando con un comparador menor o igual que cuya variable a inferir es MD60 “Comparación” con el valor real 9.0 y finalmente una bobina de salida Q0.2 “Luz Comparadores” que al

activarse nos indicará en la parte del módulo didáctico a través de un led verde H3 que el valor contenido en MD60"Comparación" está en el rango de entre 6.0-9.0.

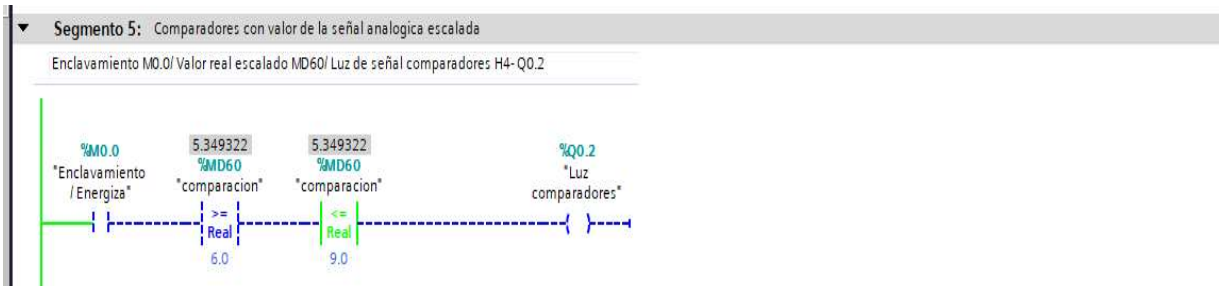


Figura12. Programación del Segmento 5.

Pantalla HMI

1. En esta práctica apreciaremos el uso de la pantalla HMI, siendo la primera imagen la portada de nuestra práctica con detalles informativos, esto fue realizado mediante la barra de herramientas a la derecha de la pantalla en la sección de "objetos básicos" seleccionando la quinta opción de añadir texto. La imagen del logo de la Universidad Politécnica Salesiana se hizo mediante un sencillo copia y pega y los ajustes de encuadre para su centrado. En esta portada también incluye un botón "Siguiente" configurado dando doble clic sobre el mismo y luego en eventos del objeto, añadimos la acción de dar clic y para dar paso a la siguiente imagen que nos presenta la ejecución de nuestra práctica.

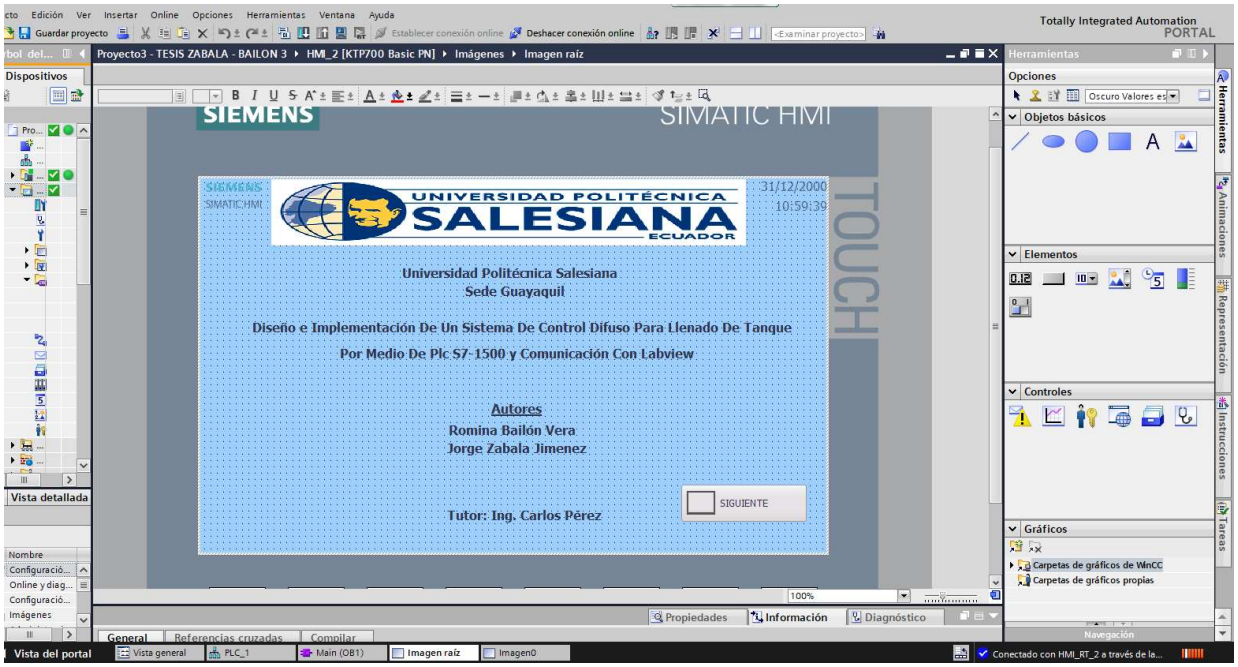


Figura13. Portada de Tesis en HMI.

2. En esta imagen se muestra la parte que va a permitir la ejecución de nuestro programa, incluye un botón de marcha, que se obtuvo en las herramientas de la parte derecha "Elementos", seleccionando la segunda opción, luego es configurado en la sección de eventos de este elemento teniendo la función de al dar clic comenzar el proceso pues se enlaza a este botón la variable marcha y así controlar el sistema también desde nuestra pantalla HMI.

3. Posteriormente se añaden de las herramientas en la sección "Elementos" escogiendo la primera opción y arrastrando 3 visualizadores para reflejar los valores de salida del parámetro CV de nuestros contadores.
    - Para nuestro contador ascendente mediante la sección de propiedades generales enlazamos la variable MW100 "Valor 1".
    - Para nuestro contador ascendente e mediante la sección de propiedades generales enlazando la variable MW200 "Valor 2".
    - Para la visualización del rango que activará los comparadores lo hacemos mediante la sección de propiedades generales y enlazando la variable MD60 "Comparación".
4. En esta sección podemos encontrar 3 representaciones de LEDS, que fueron añadidos de la barra de herramientas "Objetos básicos".
    - Para representar el LED de activación de nuestro "contador ascendente" añadimos 2 círculos uno más grande que el otro para simular bordes, y configuramos al dar clic en el elemento y en sus indicativos de visualización programamos para que cambie de color el círculo de menor tamaño cuando el valor de la variable enlazada pase de 0 a 1 en este caso la variable es Q0.0 "Luz Valor 1".
    - Para representar el LED de activación de nuestro "contador descendente" añadimos 2 círculos uno más grande que el otro para simular bordes, y configuramos al dar clic

en el elemento y en sus indicativos de visualización programamos para que cambie de color el círculo de menor tamaño cuando el valor de la variable enlazada pase de 0 a 1 en este caso la variable es Q0.1 “Luz Valor 2”.

- Para representar el LED de activación de nuestro “Comparador” que se habilita si el valor de MD60 está entre 6.0-9.0; añadimos 1cuadrado y un círculo, siendo el cuadrado más grande que el circulo para simular bordes, y configuramos al dar clic en el elemento y en sus indicativos de visualización programamos para que cambie de color el círculo de menor tamaño cuando el valor de la variable enlazada pase de 0 a 1 en este caso la variable es Q0.2 “Luz Comparador”. En esta portada también incluye un botón “Atrás” configurado dando doble clic sobre el mismo y luego en eventos del objeto, añadimos la acción de dar clic y para dar paso a la anterior imagen que nos presenta la portada de nuestra práctica.

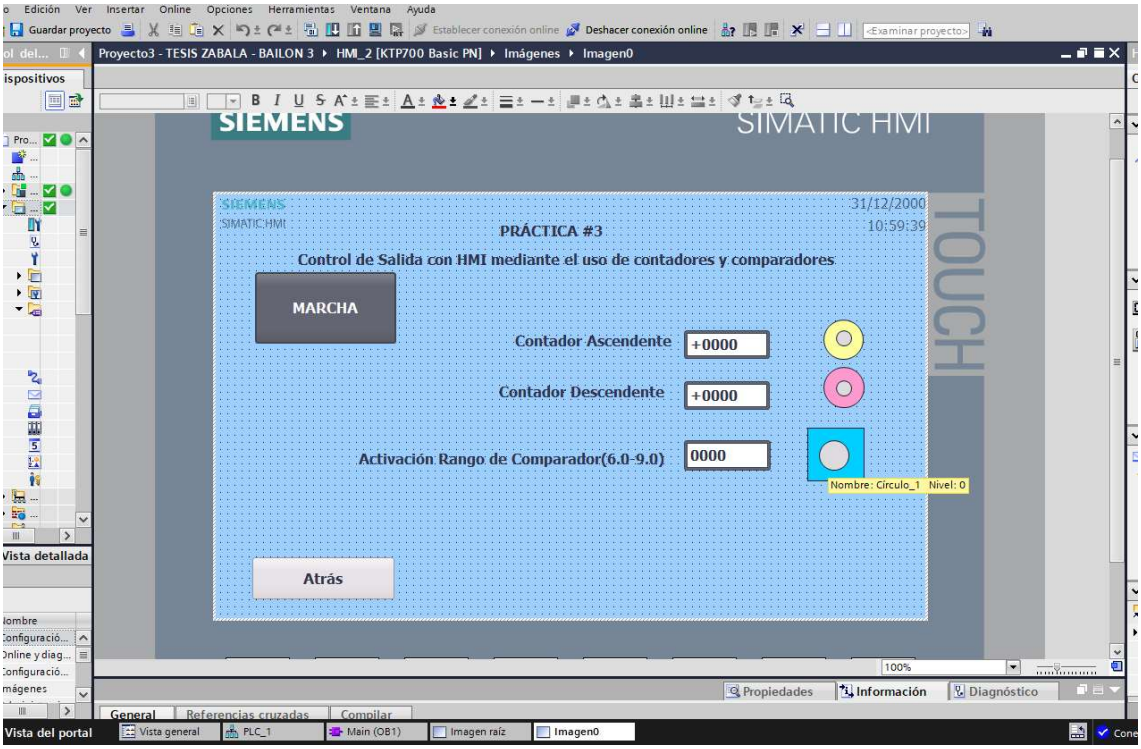


Figura 14. Visualización de la práctica interfaz HMI.

5. Contamos también con una tabla de variables de los datos declarados en nuestro bloque de programación Main [OB1]. Podemos acceder a ella, dirigiéndonos al árbol del proyecto a la izquierda de la pantalla y luego dar clic en “PLC_1”, posteriormente “Variables del PLC” se desplegarán opciones y escogeremos “Tabla de variables estándar”.

6. Podemos cambiar los nombres de nuestras variables o agregarlas si así lo requerimos. En esta tabla se mostrará también el tipo de dato que estamos manejando y también tenemos la opción de modificarlos.

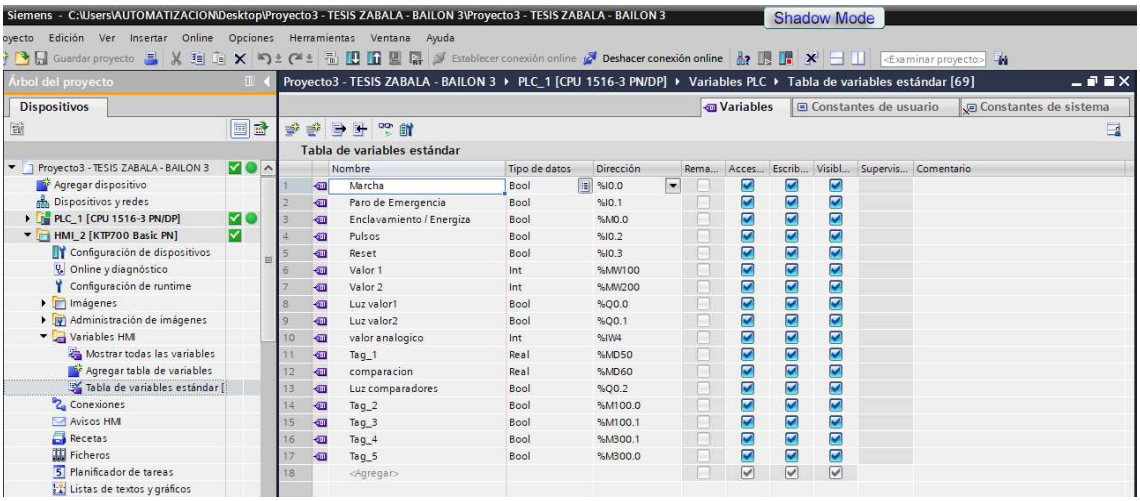


Figura 15. Tabla de Variables del PLC S7-1500.

7. Contamos también con una tabla de variables de los datos declarados en nuestro Panel HMI. Podemos acceder a ella, dirigiéndonos al árbol del proyecto a la izquierda de la pantalla y luego dar clic en “HMI_2”, posteriormente “Variables del HMI” se desplegarán opciones y escogeremos “Tabla de variables estándar”.
8. Podemos cambiar los nombres de nuestras variables o agregarlas si así lo requerimos. En esta tabla se mostrará también el tipo de dato que estamos manejando y también tenemos la opción de modificarlos.

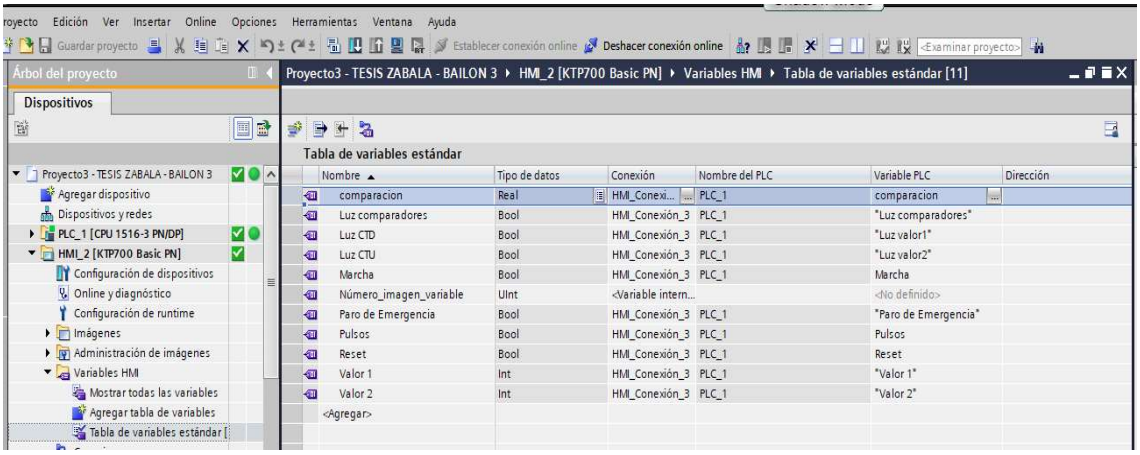


Figura 16. Tabla de Variables del Panel HMI.

d. Recursos Utilizados

- Lámina que contiene al PLC Siemens S7-1500.
- Pantalla HMI KTP700 Basic Panel.
- Lámina de Fuente de Alimentación.
- Lámina de Distribución.
- Lámina de Mando y Señalización.
- Computadora con software TIA Portal Versión 15.1.

e. Registro de Resultados

Podemos apreciar satisfactoriamente el funcionamiento de práctica #3. Se muestra a nuestro PLC S7-1500 en su estado RUN con todos los datos programados cargados, la visualización del proceso en la pantalla HMI y además de las conexiones pertinentes en las láminas usadas.

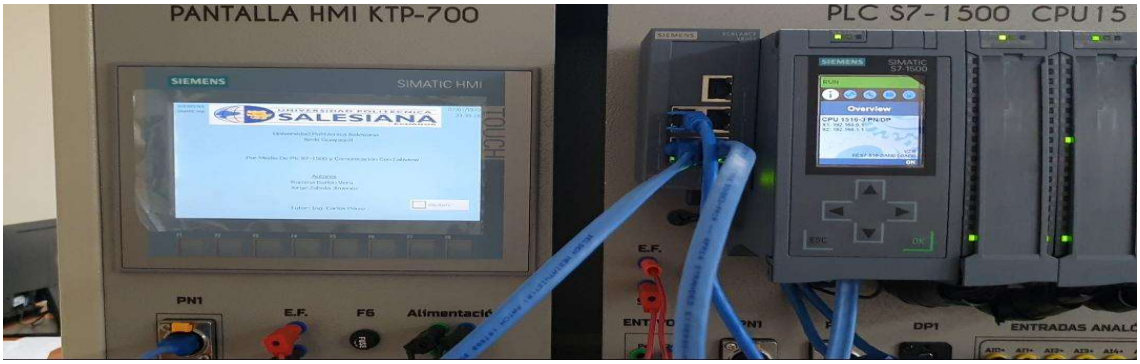


Figura 17. Práctica Funcional.

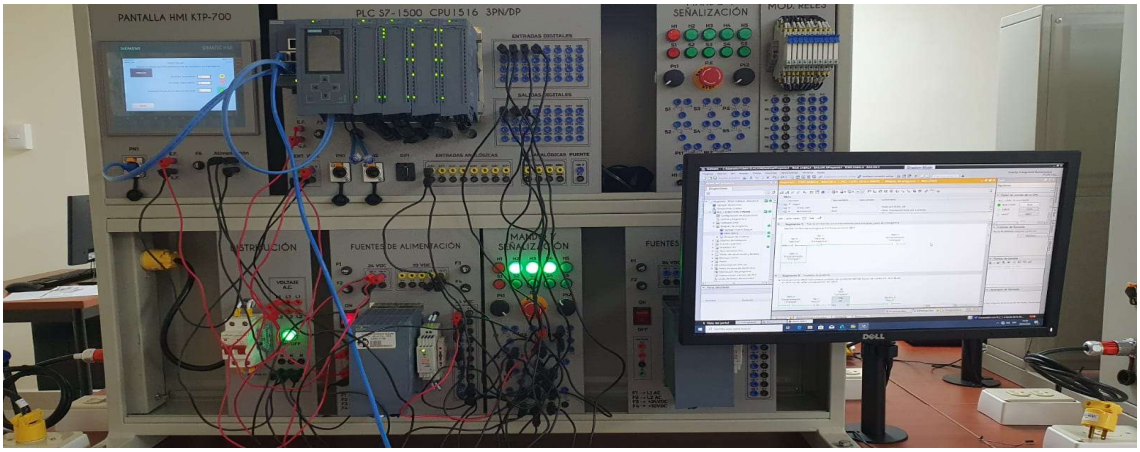
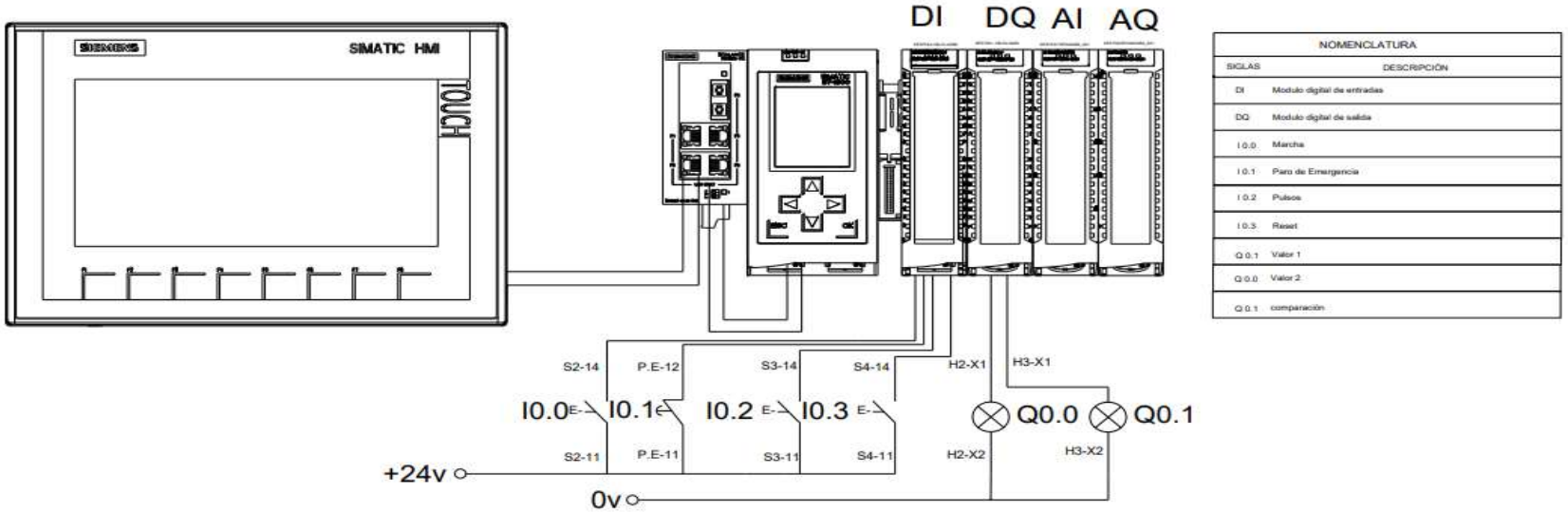


Figura 18. Práctica Funcional.

Ejercicio # 3.

Control de salida mediante el uso de contadores y comparadores.



NOMENCLATURA	
SIGLAS	DESCRIPCIÓN
DI	Modulo digital de entradas
DQ	Modulo digital de salida
I 0.0	Marcha
I 0.1	Paro de Emergencia
I 0.2	Pulsos
I 0.3	Reset
Q 0.1	Valor 1
Q 0.0	Valor 2
Q 0.1	comparación

				FECHA	30/07/2019	*EJERCICIO # 3*	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.	Control de salida mediante el uso de contadores y comparadores	FUERZA :
				DISEÑO	J. ZBALAA				CONTROL :
				DIBUJADO	J. ZABALA				FISICO :
				APROBADO					
Nr.	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			*DISEÑO*	*PROYECTO*	*DETALLE*	NUMERACION DEL PLANO

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Práctica #4

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. CARLOS PÉREZ

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: "Simulación de dos semáforos en HMI con 6 salidas físicas y digitales utilizando un controlador S7-1500"

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

a. Objetivo General:

Dar a conocer el funcionamiento del panel de interacción HMI y su utilidad para la proyección de salidas digitales.

b. Objetivos Específicos:

- Diseñar un programa de declaración de variables en el software TIA Portal versión 15.1.
- Implementar mediante las conexiones en los sistemas de fuerza y control.

c. Marco Procedimental

4. Dar Clic sobre el ícono del software TIA Portal Versión 15.1. A partir de este punto se efectuarán los mismos pasos de configuración **desde ítem 2 al 11 realizados en la práctica #3 "Control de Salida Mediante el Uso de Contadores y Comparadores".**

Figura1. Pantalla de inicio y visualización del software TIA Portal.

5. A cada segmento se le asignará un nombre dependiendo de la acción que en este se realiza, siendo este primer segmento nombrado “MARCHA”. En este primer segmento contamos con dos contactos abiertos M0.3 “MARCHA” e i0.0 “MARCHA BOTÓN” en paralelo, representando la activación de nuestro sistema tanto por el panel HMI siendo la marca M0.3 “MARCHA” su representación, por otro lado i0.0 “MARCHA BOTÓN” la parte física de las láminas del módulo didáctico conectado al PLC S7-1500.Siguiendo el esquema contamos con dos contactos cerrados M0.4 “PARO” y “PARO BOTÓN” i0.0, cuya función es el paro de nuestro sistema tanto desde el panel HMI como por la parte de botoneras. De salidas en este primer segmento tenemos dos marcas M0.0 “AUXILIAR 1 VERDE” para el color verde del primer semáforo y “AUXILIAR 2 ROJO” para el color rojo del segundo semáforo, dichas salidas serán visualizadas en el HMI.

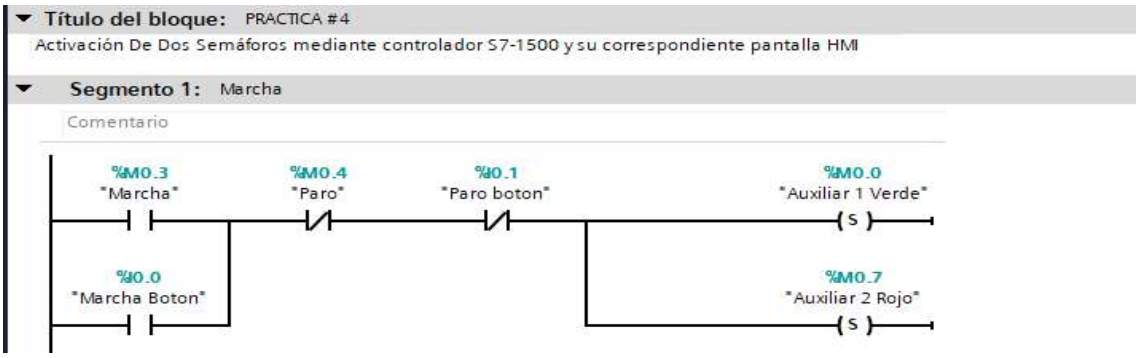


Figura2. Programación del segmento 1

6. En este segmento “SEMÁFORO 1”se incluyen tres ramas, todas ellas cuentan con contactos cerrados i0.1 “PARO BÓTON” y M0.4 “PARO”, siendo la pausa del programa que puede hacerse desde el panel HMI o desde las botoneras físicas. El detalle de lo restante de la programación nos describe las funciones de las ramas respectivamente:
    1) Un contacto abierto para la marca M0.0 “AUXILIAR 1 VERDE” que representa la activación de la salida correspondiente al color verde del primer semáforo en la pantalla HMI, siendo su activación el paso para la activación correspondiente de la salida física Q0.0 “SEMÁFORO 1 VERDE” que se visualizará en el recuadro de LEDS de las láminas de mando y señalización en el módulo didáctico.
    2) Un contacto abierto para la marca M0.1 “AUXILIAR 1 AMARILLO” que representa la activación de la salida correspondiente al color amarillo del primer semáforo en la pantalla HMI, siendo su activación el paso para la activación correspondiente de la salida física Q0.1 “SEMÁFORO 1 AMARILLO” que se visualizará en el recuadro de LEDS de las láminas de mando y señalización en el módulo didáctico.
    3) Un contacto abierto para la marca M0.2 “AUXILIAR 1 ROJO” que representa la activación de la salida correspondiente al color rojo del primer semáforo en la pantalla HMI, siendo su activación el paso para la activación correspondiente de la

salida física Q0.2 “SEMÁFORO 1 ROJO” que se visualizará en el recuadro de LEDS de las láminas de mando y señalización en el módulo didáctico.

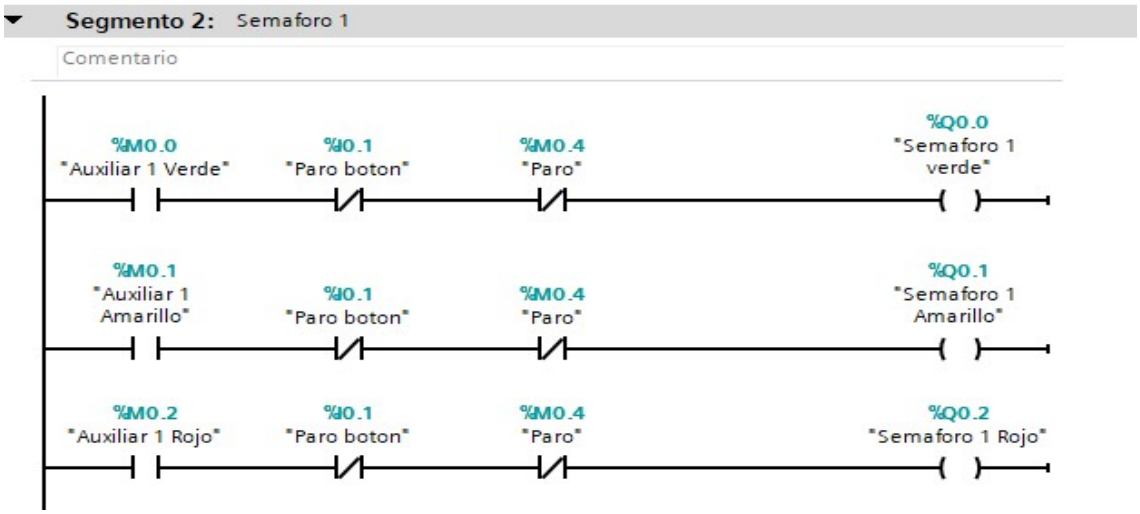


Figura3. Programación del segmento 2.

7. Continuando con el correspondiente segmento “CONTROL DEL SEMÁFORO 1”, tenemos tres ramas para la secuencia de nuestro primer semáforo, cuyas funciones son:

    1) Contacto abierto M0.0 “AUXILIAR 1 VERDE”, seguido por un bloque temporizador DB1 "TIMER" designado en PT el tiempo predeterminado de 5 segundos correspondiéndose a T#5S en la programación de TIA Portal, una vez transcurrido este tiempo da paso a la activación de M0.1 “AUXILIAR 1 AMARILLO” salida digital en la pantalla HMI para el color amarillo del semáforo

1, así como también la desactivación M0.0 “AUXILIAR 1 VERDE” salida digital en la pantalla HMI para el color verde del semáforo 1.

2) Contacto abierto M0.1 “AUXILIAR 1 AMARILLO”, seguido por un bloque temporizador DB2 "TIMER" designado en PT el tiempo predeterminado de 2 segundos correspondiéndose a T#2S en la programación de TIA Portal, una vez transcurrido este tiempo da paso a la activación de M0.2 “AUXILIAR 1 ROJO” salida digital en la pantalla HMI para el color rojo del semáforo 1, así como también la desactivación M0.1 “AUXILIAR 1 AMARILLO” salida digital en la pantalla HMI para el color amarillo del semáforo 1.
3) Contacto abierto M0.2 “AUXILIAR 1 ROJO”, seguido por un bloque temporizador DB3 "TIMER" designado en PT el tiempo predeterminado de 5 segundos correspondiéndose a T#5S en la programación de TIA Portal, una vez transcurrido este tiempo da paso a la activación de M0.0 “AUXILIAR 1 verde” salida digital en la pantalla HMI para el color verde del semáforo 1, así como también la desactivación M0.2 “AUXILIAR 1 ROJO” salida digital en la pantalla HMI para el color rojo del semáforo 1.

Figura4. Programación del segmento 3.

Figura5. Programación del segmento 3.

8. En este segmento "PARO DE LOS SEMÁFOROS" se nos presenta un lazo en paralelo entre M0.4 "PARO" e i0.0 "PARO BOTÓN" que tienen la función de hacer la desactivación de todas las marcas representativas de las luces de los dos semáforos que son las salidas digitales mostradas en la interacción HMI. La desactivación mediante ese lazo en paralelo permite puede hacerse tanto del panel HMI como desde las botoneras físicas en las láminas de mando y señalización.

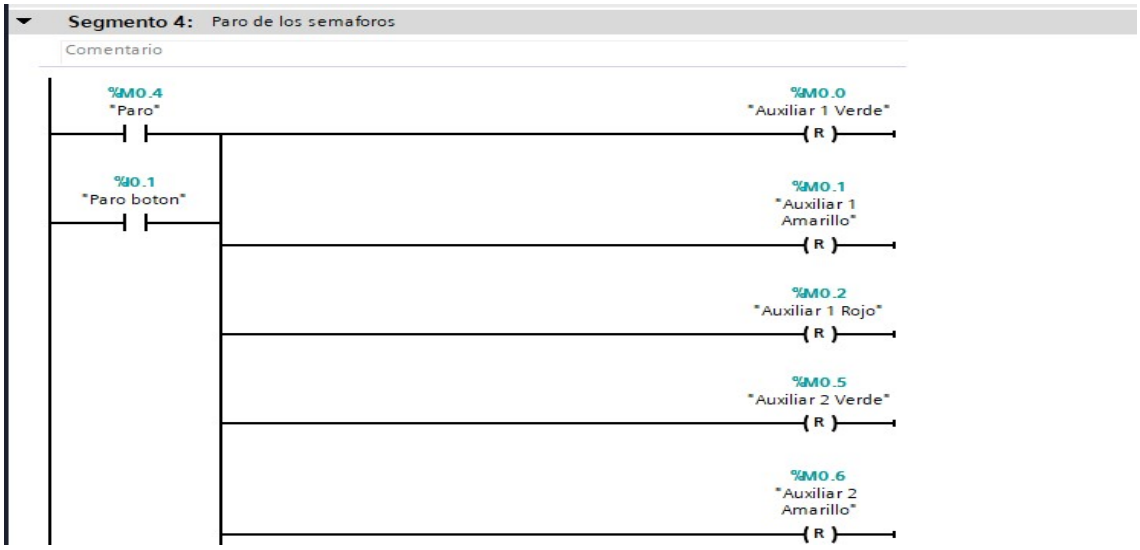


Figura6. Programación del segmento 4.

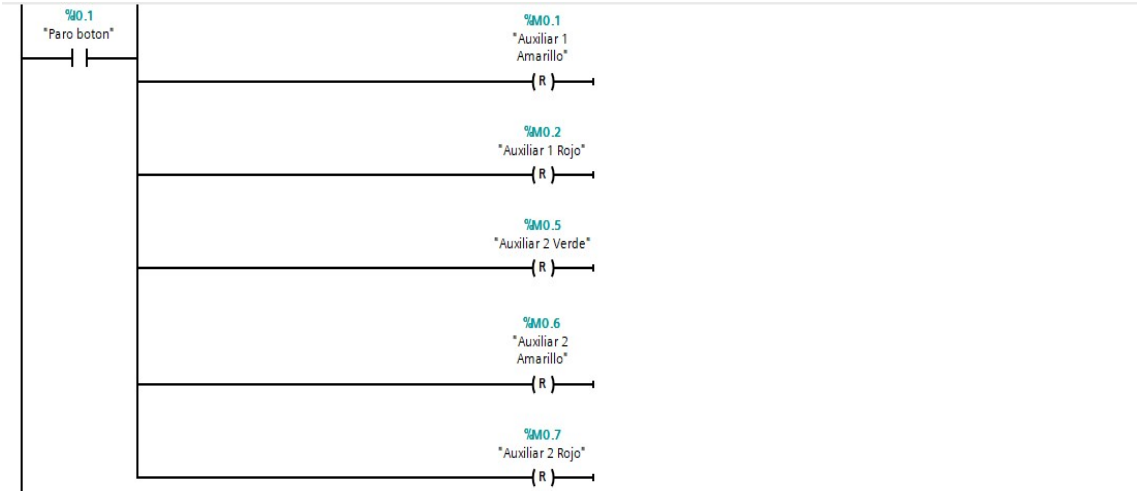


Figura7. Programación del segmento 4.

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

9. A continuación, tenemos el segmento “SEMÁFORO 2”se incluyen tres ramas, todas ellas cuentan con contactos cerrados i0.1 “PARO BÓTON” y M0.4 “PARO”, siendo la pausa del programa que puede hacerse desde el panel HMI o desde las botoneras físicas. El detalle de lo restante de la programación nos describe las funciones de las ramas respectivamente:
    1) Un contacto abierto para la marca M0.5 “AUXILIAR 2 VERDE” que representa la activación de la salida correspondiente al color verde del segundo semáforo en la pantalla HMI, siendo su activación el paso para la activación correspondiente de la salida física Q0.3 “SEMÁFORO 2 VERDE” que se visualizará en el recuadro de LEDS de las láminas de mando y señalización en el módulo didáctico.
    2) Un contacto abierto para la marca M0.6 “AUXILIAR 2 AMARILLO” que representa la activación de la salida correspondiente al color amarillo del segundo semáforo en la pantalla HMI, siendo su activación el paso para la activación correspondiente de la salida física Q0.4 “SEMÁFORO 2 AMARILLO” que se visualizará en el recuadro de LEDS de las láminas de mando y señalización en el módulo didáctico.
    3) Un contacto abierto para la marca M0.7 “AUXILIAR 2 ROJO” que representa la activación de la salida correspondiente al color rojo del segundo semáforo en la pantalla HMI, siendo su activación el paso para la activación correspondiente de la

salida física Q0.5 “SEMÁFORO 2 ROJO” que se visualizará en el recuadro de LEDS de las láminas de mando y señalización en el módulo didáctico.

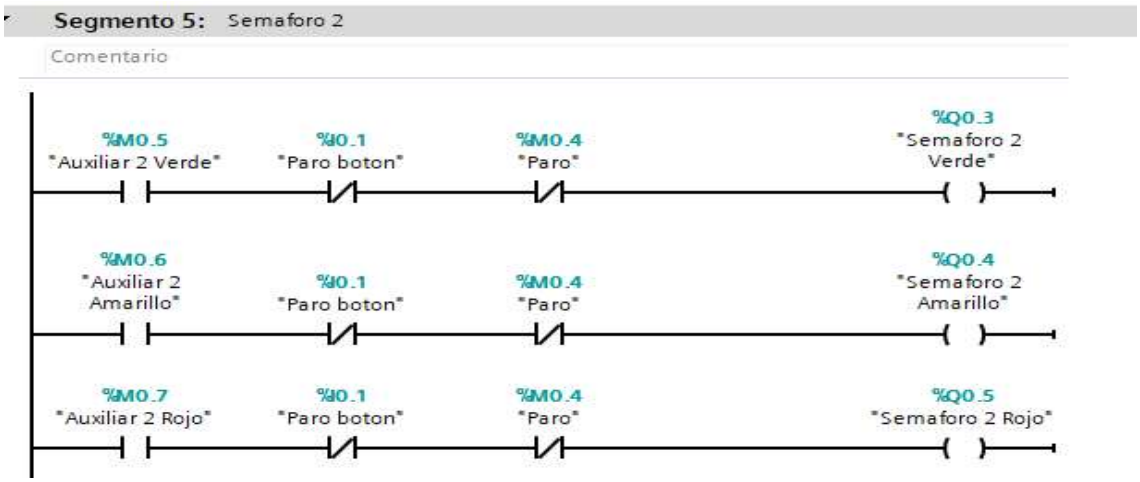


Figura8. Programación segmento 5.

10. Continuando con el correspondiente segmento “CONTROL DEL SEMÁFORO 2”, tenemos tres ramas para la secuencia de nuestro primer semáforo, cuyas funciones son:

    1) Contacto abierto M0.5 “AUXILIAR 2 VERDE”, seguido por un bloque temporizador DB4 "TIMER" designado en PT el tiempo predeterminado de 5 segundos correspondiéndose a T#5S en la programación de TIA Portal, una vez transcurrido este tiempo da paso a la activación de M0.6 “AUXILIAR 2 AMARILLO” salida digital en la pantalla HMI para el color amarillo del semáforo 2, así como también la desactivación M0.5 “AUXILIAR 2 VERDE” salida digital en la pantalla HMI para el color verde del semáforo 2.

2) Contacto abierto M0.6 “AUXILIAR 2 AMARILLO”, seguido por un bloque temporizador DB5 "TIMER" designado en PT el tiempo predeterminado de 2 segundos correspondiéndose a T#2S en la programación de TIA Portal, una vez transcurrido este tiempo da paso a la activación de M0.7 “AUXILIAR 2 ROJO” salida digital en la pantalla HMI para el color rojo del semáforo 2, así como también la desactivación M0.6 “AUXILIAR 2 AMARILLO” salida digital en la pantalla HMI para el color amarillo del semáforo 2.
3) Contacto abierto M0.7 “AUXILIAR 2 ROJO”, seguido por un bloque temporizador DB6 "TIMER" designado en PT el tiempo predeterminado de 5 segundos correspondiéndose a T#5S en la programación de TIA Portal, una vez transcurrido este tiempo da paso a la activación de M0.5 “AUXILIAR 2 verde” salida digital en la pantalla HMI para el color verde del semáforo 2, así como también la desactivación M0.7 “AUXILIAR 2 ROJO” salida digital en la pantalla HMI para el color rojo del semáforo 2.

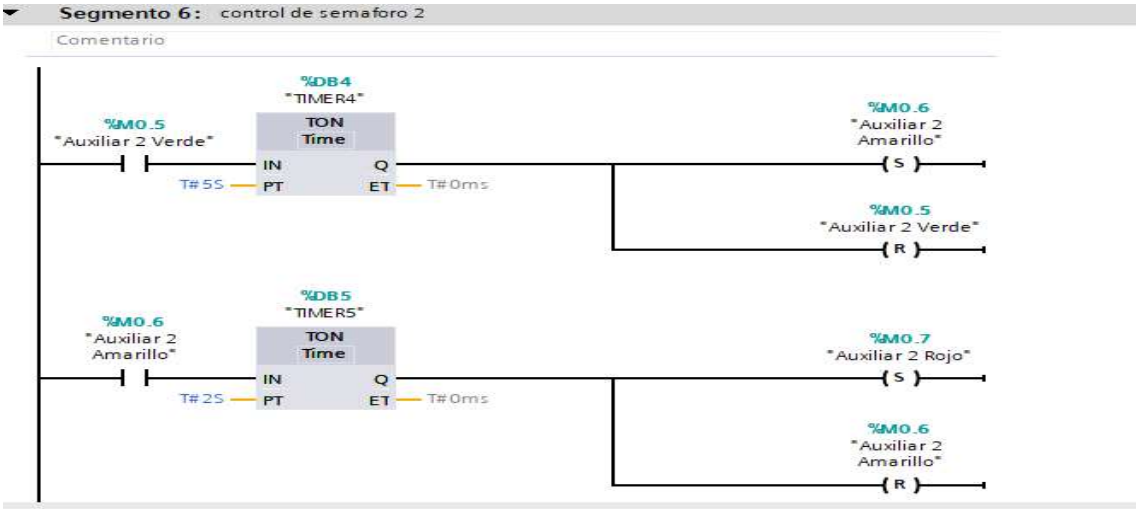


Figura9. Programación del segmento 6.

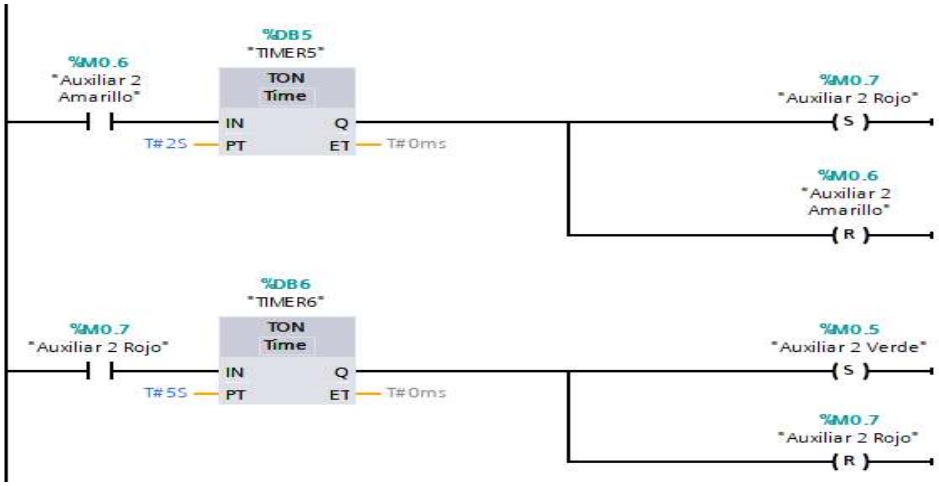
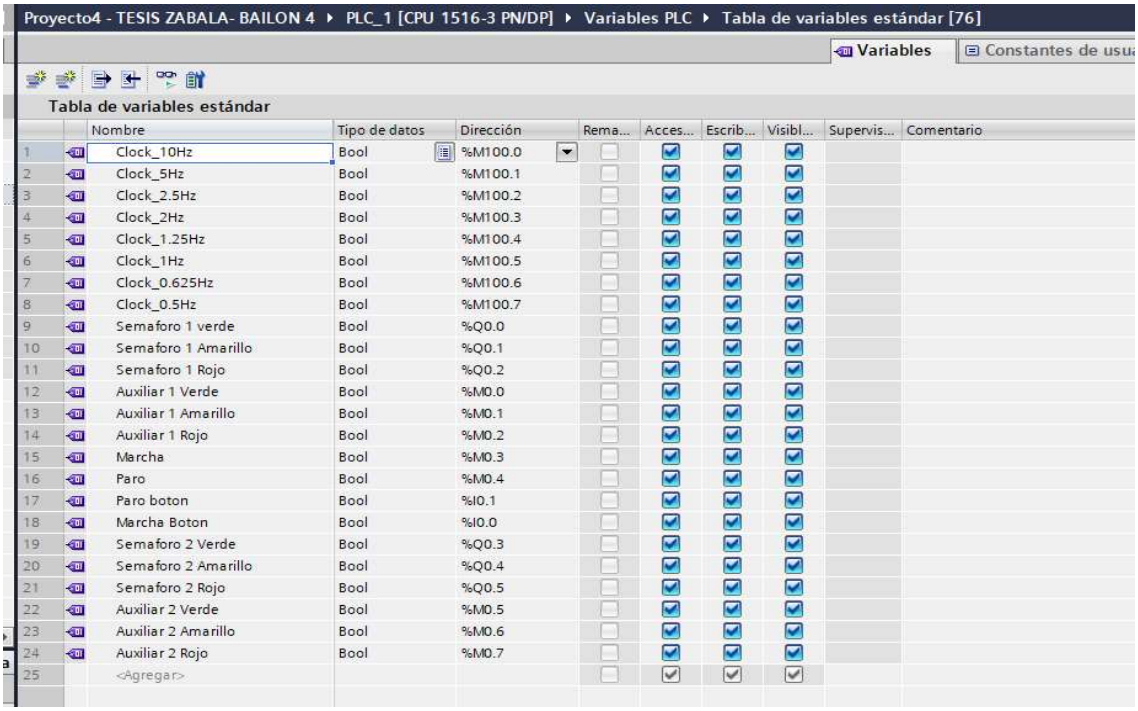


Figura10. Programación del segmento 6.

11. Contamos también con una tabla de variables de los datos declarados en nuestro bloque de programación Main [OB1]. Podemos acceder a ella, dirigiéndonos al árbol del proyecto a

la izquierda de la pantalla y luego dar clic en "PLC_1", posteriormente "Variables del PLC" se desplegarán opciones y escogeremos "Tabla de variables estándar". Podemos cambiar los nombres de nuestras variables o agregarlas si así lo requerimos. En esta tabla se mostrará también el tipo de dato que estamos manejando y también tenemos la opción de modificarlos.



	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Supervis...	Comentario
1	Clock_10Hz	Bool	%M100.0		☑	☑	☑		
2	Clock_5Hz	Bool	%M100.1		☑	☑	☑		
3	Clock_2.5Hz	Bool	%M100.2		☑	☑	☑		
4	Clock_2Hz	Bool	%M100.3		☑	☑	☑		
5	Clock_1.25Hz	Bool	%M100.4		☑	☑	☑		
6	Clock_1Hz	Bool	%M100.5		☑	☑	☑		
7	Clock_0.625Hz	Bool	%M100.6		☑	☑	☑		
8	Clock_0.5Hz	Bool	%M100.7		☑	☑	☑		
9	Semaforo 1 verde	Bool	%Q0.0		☑	☑	☑		
10	Semaforo 1 Amarillo	Bool	%Q0.1		☑	☑	☑		
11	Semaforo 1 Rojo	Bool	%Q0.2		☑	☑	☑		
12	Auxiliar 1 Verde	Bool	%M0.0		☑	☑	☑		
13	Auxiliar 1 Amarillo	Bool	%M0.1		☑	☑	☑		
14	Auxiliar 1 Rojo	Bool	%M0.2		☑	☑	☑		
15	Marcha	Bool	%M0.3		☑	☑	☑		
16	Paro	Bool	%M0.4		☑	☑	☑		
17	Paro boton	Bool	%I0.1		☑	☑	☑		
18	Marcha Boton	Bool	%I0.0		☑	☑	☑		
19	Semaforo 2 Verde	Bool	%Q0.3		☑	☑	☑		
20	Semaforo 2 Amarillo	Bool	%Q0.4		☑	☑	☑		
21	Semaforo 2 Rojo	Bool	%Q0.5		☑	☑	☑		
22	Auxiliar 2 Verde	Bool	%M0.5		☑	☑	☑		
23	Auxiliar 2 Amarillo	Bool	%M0.6		☑	☑	☑		
24	Auxiliar 2 Rojo	Bool	%M0.7		☑	☑	☑		
25	<Agregar>				☑	☑	☑		

Figura11. Tabla de Variables del PLC S7-1500.

12. En esta práctica apreciaremos el uso de la pantalla HMI, siendo imagen de ejecución de la práctica con el enunciado respectivo, esto fue realizado mediante la barra de herramientas

a la derecha de la pantalla en la sección de "objetos básicos" seleccionando la quinta opción de añadir texto.

Figura12. Selección de herramienta Texto en el panel HMI.

13. En esta imagen también incluye un botón de MARCHA, que se obtuvo en las herramientas de la parte derecha "Elementos", seleccionando la segunda opción, luego es configurado en la sección de eventos de este elemento teniendo la función de al dar clic comenzar el proceso pues se enlaza a este botón la variable "MARCHA" M0.3 y así controlar el sistema desde nuestra pantalla HMI. Se añadió el botón de PARO que se obtuvo en las herramientas de la parte derecha "Elementos", seleccionando la segunda opción, luego es configurado en la sección de eventos de este elemento teniendo la función de al dar clic comenzar el proceso pues se enlaza a este botón la variable "PARO" M0.4. Posteriormente se añaden de las herramientas en la sección "Elementos" escogiendo la tercera opción y arrastrando 3 que representan los cambios de colores en los semáforos, los mismos que configuramos al dar

clic en el elemento y en sus indicativos de visualización programamos para que cambie de color cuando el valor de la variable enlazada pase de 0 a 1.

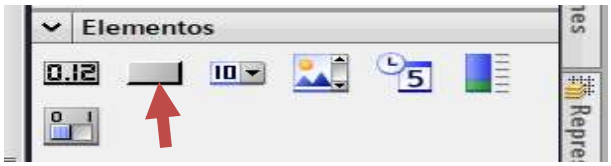


Figura13. Selección de herramienta Botón en el panel HMI.

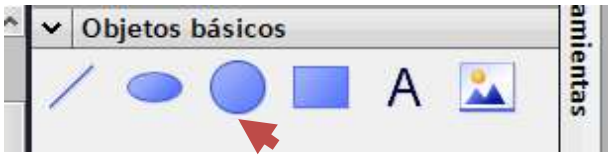


Figura14. Selección de herramienta Círculo en el panel HMI.

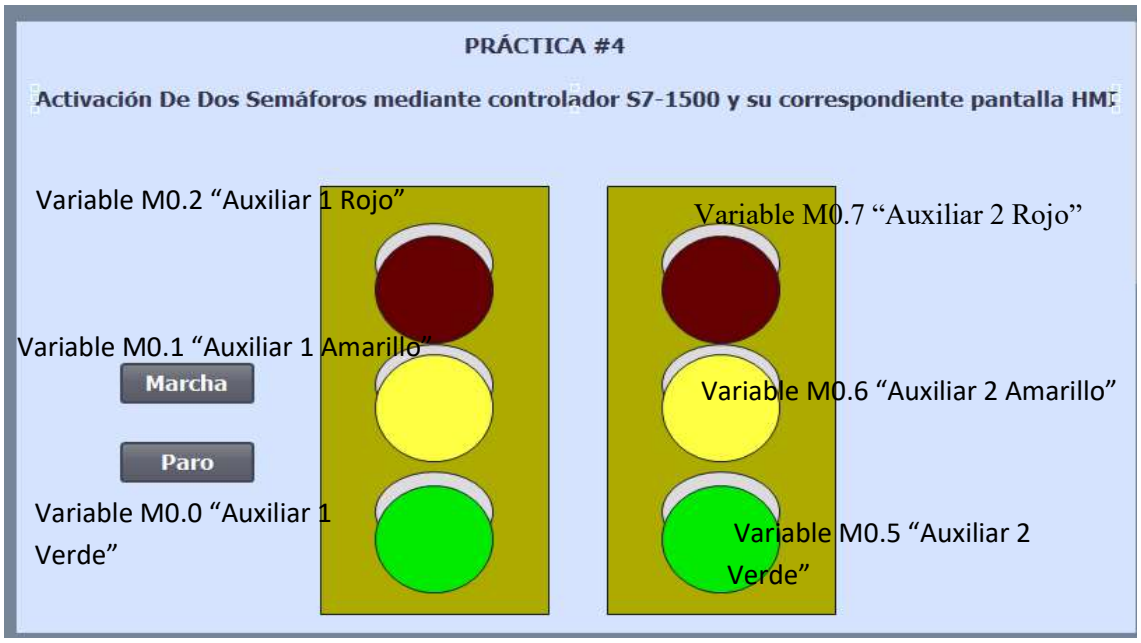


Figura15. Configuración de Imagen en el Panel HMI.

28. El Programa nos proporciona una tabla de variables de los datos declarados en nuestro Panel HMI. Podemos acceder a ella, dirigiéndonos al árbol del proyecto a la izquierda de la pantalla y luego dar clic en "HMI_1", posteriormente "Variables del HMI" se desplegarán opciones y escogeremos "Tabla de variables estándar".

29. Podemos cambiar los nombres de nuestras variables o agregarlas si así lo requerimos. En esta tabla se mostrará también el tipo de dato que estamos manejando y también tenemos la opción de modificarlos.

Nombre	Tipo de datos	Conexión	Nombre del PLC	Variable PLC	Dirección	Modo de acceso
LUZ AMARILLA	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"Semaforo 1 Amarillo"		<Acceso simbólico>
LUZ AMARILLA 2	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"Semaforo 2 Amarillo"		<Acceso simbólico>
LUZ ROJA	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"Semaforo 1 Rojo"		<Acceso simbólico>
LUZ ROJA 2	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"Semaforo 2 Rojo"		<Acceso simbólico>
LUZ VERDE	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"Semaforo 1 verde"		<Acceso simbólico>
LUZ VERDE 2	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	"Semaforo 2 Verde"		<Acceso simbólico>
MARCHA	Bool	HMI_Conexión_1	PLC_1	Marcha		<Acceso simbólico>
PARO	Bool	HMI_Conexi...	PLC_1	Paro		<Acceso simbólico>

Figura16. Tabla de Variables del Panel HMI.

d. Recursos Utilizados

- Lámina que contiene al PLC Siemens S7-1500.
- Pantalla HMI KTP700 Basic Panel
- Lámina de Fuente de Alimentación.
- Lámina de Distribución.

- 2 láminas de Mando y Señalización.
- Computadora con software TIA Portal Versión 15.1.

e. Registro de Resultados

Podemos apreciar satisfactoriamente el funcionamiento de práctica #4. Se muestra a nuestro PLC S7-1500 en su estado RUN con todos los datos programados cargados, la visualización del proceso en la pantalla HMI y además de las conexiones pertinentes en las láminas usadas.

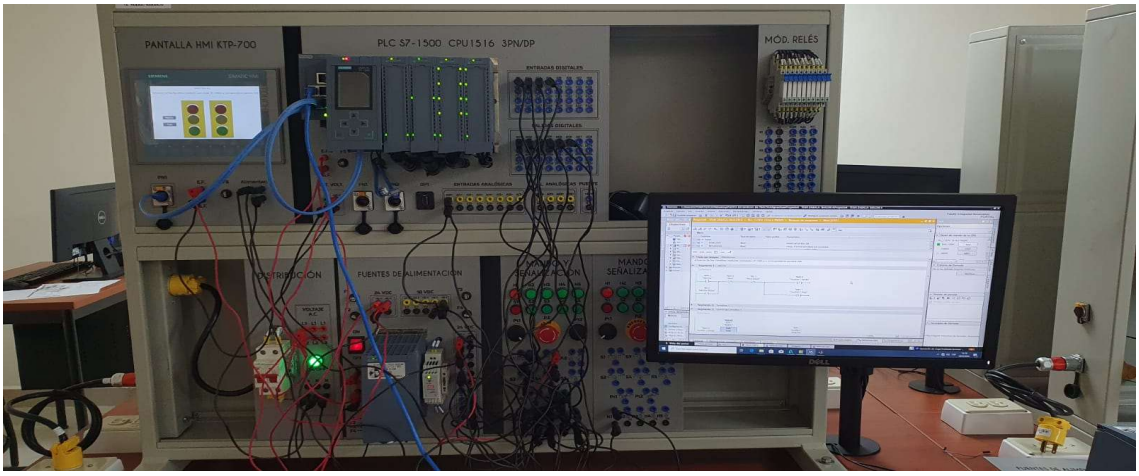


Figura17. Implementación de la programación y las conexiones requeridas.

Figura18. Visualización de los Semáforos en la Pantalla HMI.

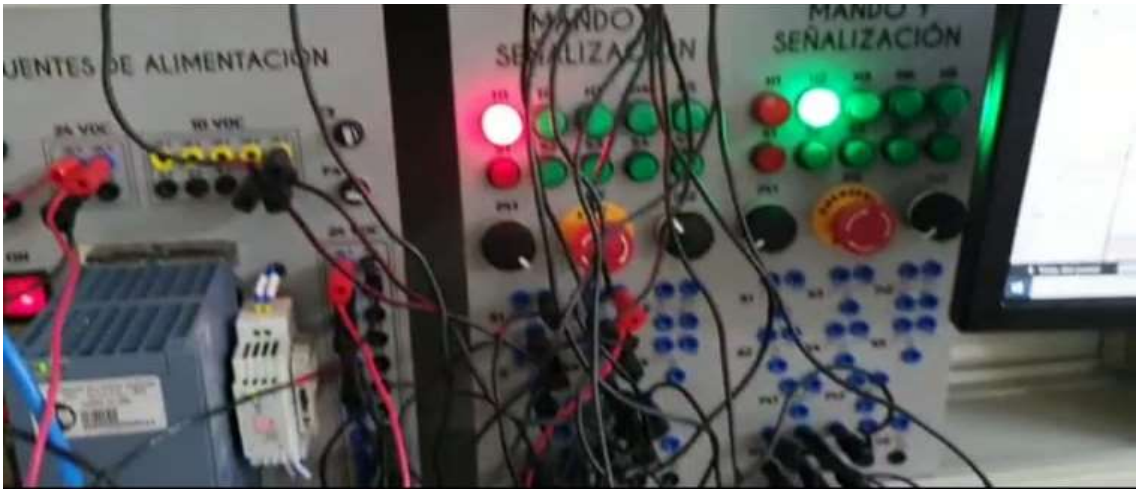
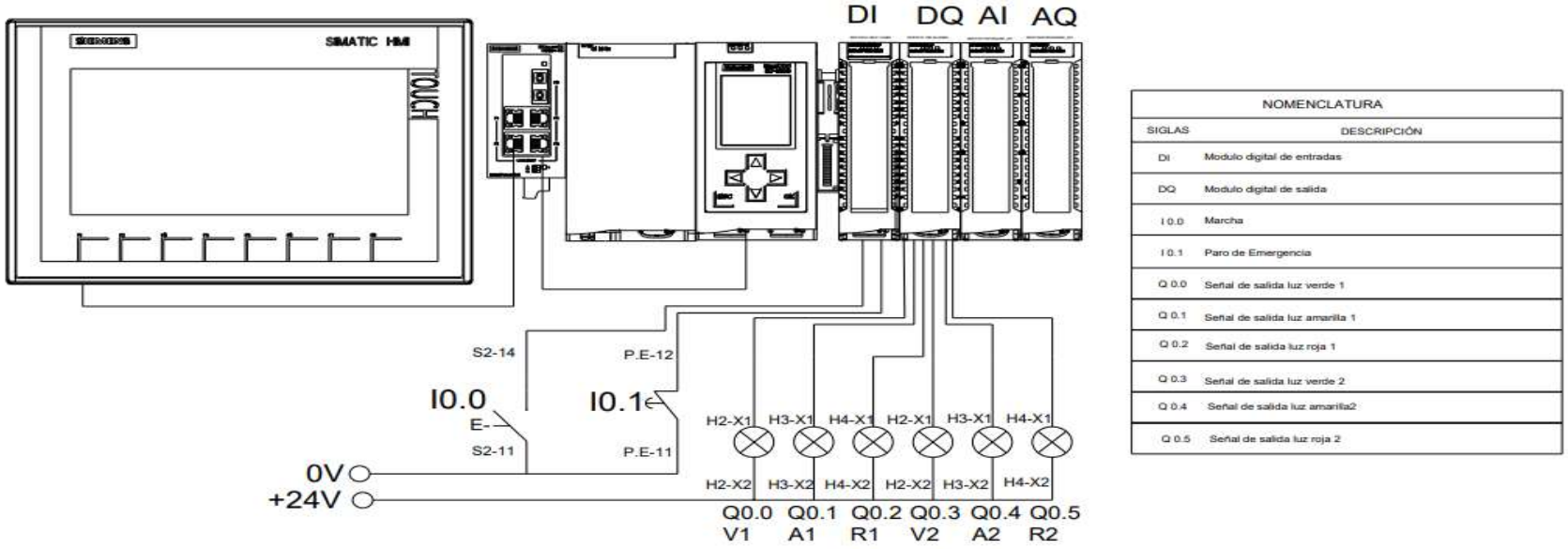


Figura19. Visualización de la secuencia de los Semáforos en las láminas de Mando y Señalización.

Ejercicio # 4.

Simulación de dos semáforo de 6 salidas físicas digitales utilizando un controlador S7-1500 y simulando en HMI.



NOMENCLATURA	
SIGLAS	DESCRIPCIÓN
DI	Modulo digital de entradas
DQ	Modulo digital de salida
I 0.0	Marcha
I 0.1	Paro de Emergencia
Q 0.0	Señal de salida luz verde 1
Q 0.1	Señal de salida luz amarilla 1
Q 0.2	Señal de salida luz roja 1
Q 0.3	Señal de salida luz verde 2
Q 0.4	Señal de salida luz amarilla2
Q 0.5	Señal de salida luz roja 2

				FECHA	30/07/2019	EJERCICIO # 4	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.	Utilización de 6 salidas físicas digitales para control de un semáforo con simulación en HMI.	FUERZA :
				DISEÑO	J. ZABALA				CONTROL :
				DIBUJADO	J. ZABALA				FISICO :
				APROBADO					
Nr.	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			DISEÑO	PROYECTO	DETALLE	NUMERACION DEL PLANO

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Práctica #5

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. CARLOS PÉREZ

TIEMPO ESTIMADO: 45 minutos

TEMA: "Control secuencial de un motor a través de un variador de frecuencia"

a. Objetivo General:

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

b. Objetivos Específicos:

- Diseñar un programa de un control secuencial para un motor con variador de frecuencia en el software TIA Portal versión 15.1.
- Implementar mediante las conexiones en los sistemas de fuerza y control.
- Realizar los diagramas de control y fuerza en AutoCAD.

c. Marco Procedimental

Proceso En TIA Portal

1. Dar Clic sobre el ícono del software TIA Portal Versión 15.1. A partir de este punto se efectuarán los mismos pasos de configuración **desde ítem 2 al 8 realizados en la práctica #1 "Declaración de variable de entradas y salidas para un control on/off de salidas digitales utilizando set/reset".**

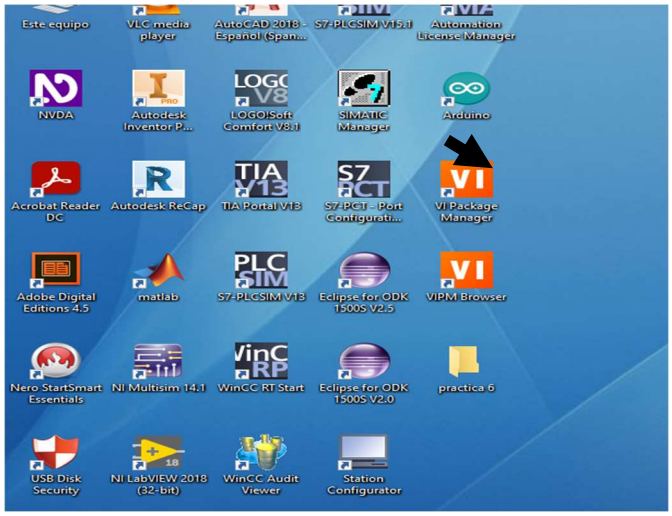


Figura1. Pantalla de inicio y visualización del software TIA Portal.

2. A cada segmento se le asignará un nombre dependiendo de la acción que en este se realiza, siendo este primer segmento nombrado "ARRANQUE DE MOTOR" como podemos apreciar, el primer segmento se compone de entradas físicas como digitales (variables Bools) además de una marca de enclavamiento para inicializar todo el proceso.

    - Entradas físicas (I0.0 – I0.1) Bools.
    - Entradas digitales por pantalla HMI (M0.1 – M0.2) Bools.
    - Marca de enclavamiento de M0.0 Bool.

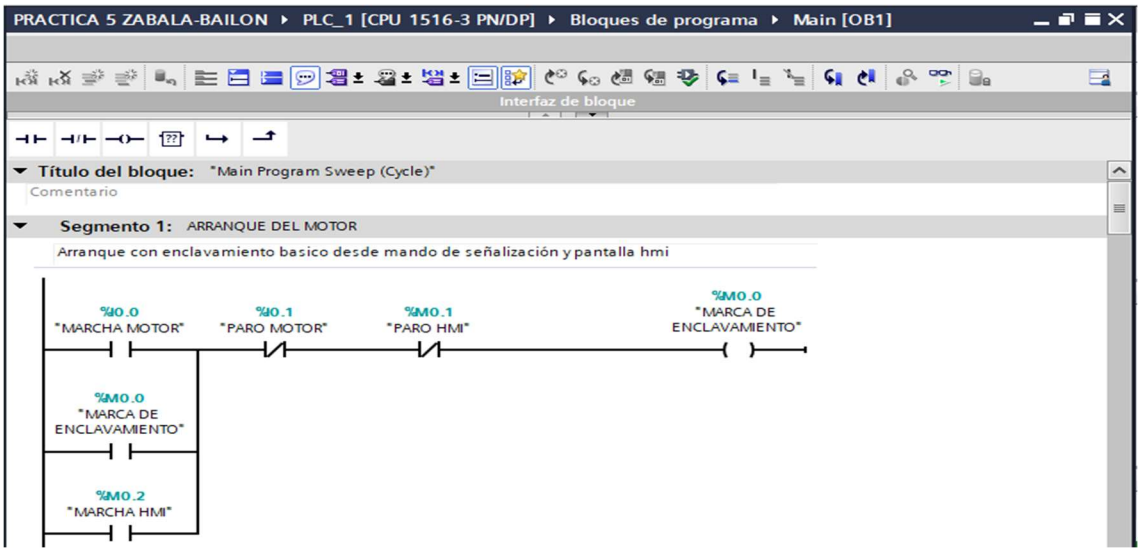


Figura2. Bloque Main primer segmento de programación.

3. El segundo segmento tiene el nombre de "SALIDA PARA ENCENDER EL MOTOR" como podemos apreciar, el segundo segmento se compone de marcas y una salida que habilita al motor, las variables que se utilizan en este segmento son (variables Bools).

    - Salidas físicas Q0.0 Bool.
    - Marca para verificar encendido del temporizador M1.0 Bool.
    - Marca de enclavamiento de M0.0 Bool.

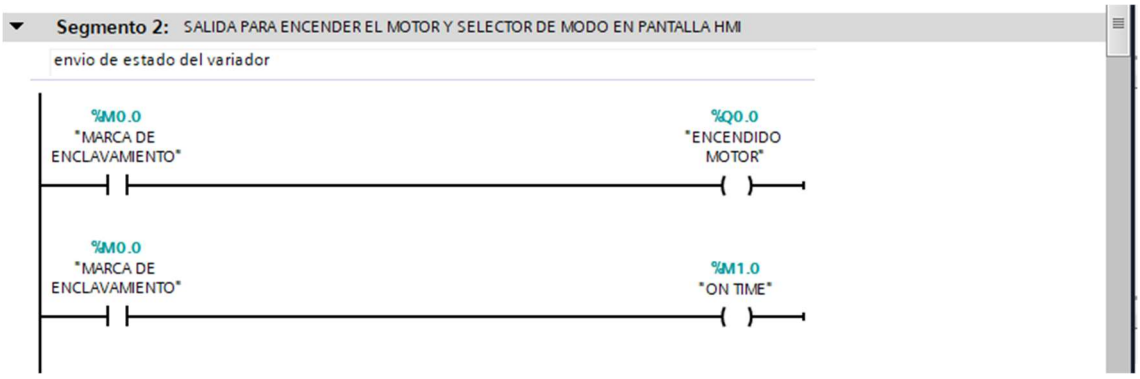


Figura3. Bloque Main segundo segmento de programación.

4. El tercer segmento tiene el nombre de "CUANDO SE ENCIENDE ON TIME SE ACTIVA EL TEMPORIZADOR" como podemos apreciar, el tercer segmento se encarga

de inicializar el temporizador tipo TON con dirección DB4, este se encarga de contar tiempo de forma cíclica haciendo que compare su valor ET en el segmento 4 con un valor fijo y haciendo que el variador cambie de valor dependiendo del valor comparado.

- Entradas físicas (I0.1) Paro físico y entrada digital (M0.1) paro digital Bools.
- Marca MD12 TIME variable Time.
- Marca para verificar encendido del temporizador “ON TIME” M1.0 Bool.
- Marca de enclavamiento de M0.0 Bool.

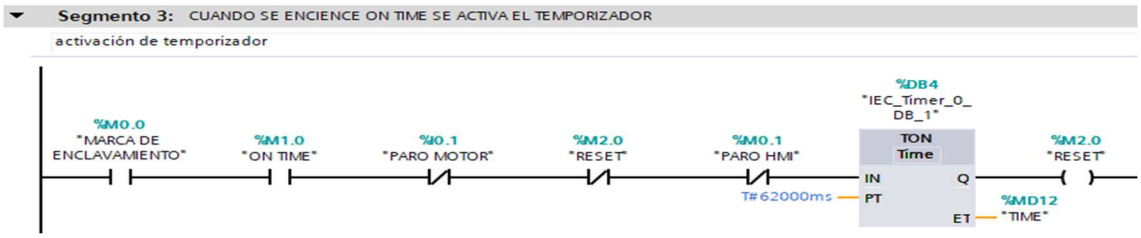


Figura4. Bloque Main tercer segmento de programación.

5. El cuarto segmento tiene el nombre de “ESCALAMIENTO PARA VISUALIZACIÓN EN HMI” en este segmento vamos a escalar el valor que resulta de la comparación de nuestra variable TIME con un bloque de comparación Dword y que movemos a otra variable (se puede ver esto en el segmento 5 de programación).

- Bloque NORM_X (Normalizar) y SCALE_X (Escalar).
- Variable MD60 tipo Dword (Frecuencia escalada).
- Variables MD70 tipo Real (Normalizar F) y MD80 tipo Real (Visualización F).

Figura5. Bloque Main cuarto segmento de programación.

6. Este segmento tiene el nombre de “COMPARACIONES PARA TRABAJAR CON DIFERENTES VALORES DE FRECUENCIA” en este segmento vamos a comparar nuestra variable TIME con un bloque de comparación Dword y el resultado cuando se habilite lo movemos a un Bloque MOVE cuya entrada será el valor que vamos a ingresar a nuestro variador y la salida es la variable que va moverse de nuevo a la salida Analógica de nuestro PLC (se puede ver esto en el segmento 7 de programación).

    - Marca MD12 TIME variable Time.
    - Variable MD60 tipo Dword (Frecuencia escalada).

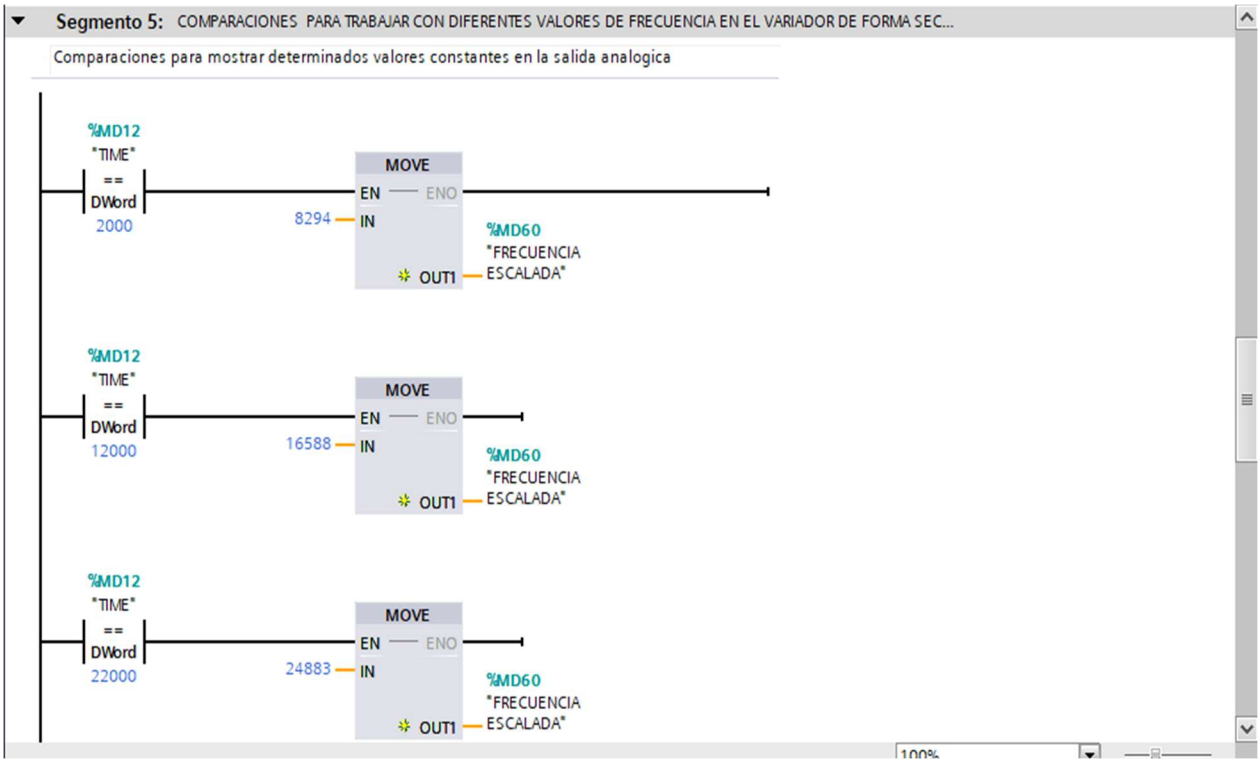


Figura6. Bloque Main quinto segmento de programación.

7. En esta imagen sigue las comparaciones que se realizaron para el funcionamiento secuencial de variador también presente en la anterior figura.

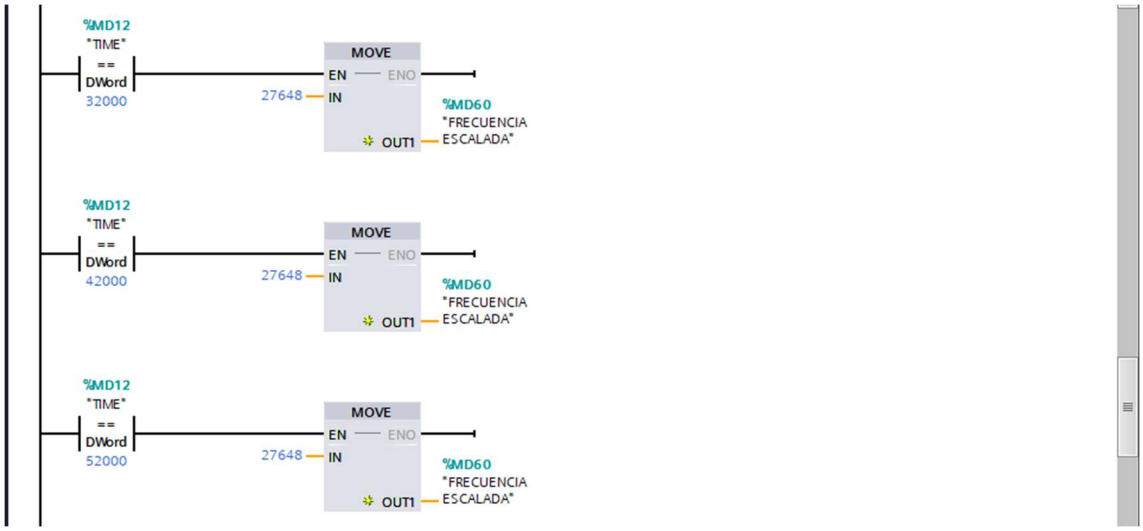


Figura7. Bloque Main quinto segmento de programación.

8. Este segmento tiene el nombre de "MARCHA INACTIVA VUELVE TODO A ESTADO 0" en este segmento vamos a asegurarnos de reiniciar el sistema dándole un valor de 0 a la frecuencia escalada moviendo dicho valor a la variable con el bloque MOVE.

    - Variable MD60 tipo Dword (Frecuencia escalada).
    - Bloque MOVE con valor de 0 en la entrada.

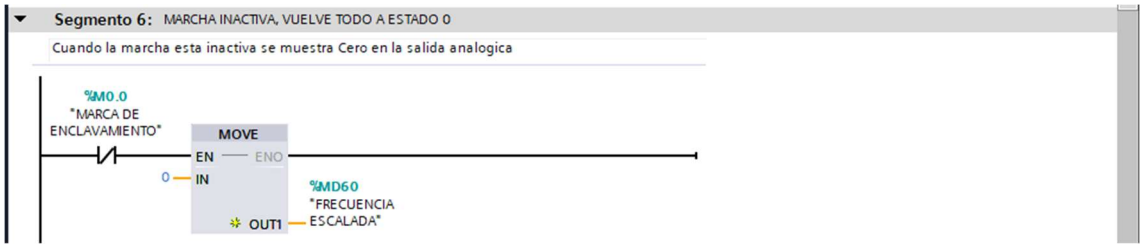


Figura8. Bloque Main sexto segmento de programación.

9. El séptimo segmento tiene el nombre de "ENVIO DEL VALOR DE LA FRECUENCIA HACIA LA SALIDA ANALOGICA" en este segmento vamos a mover por medio del bloque MOVE nuestro valor de FRECUENCIA ESCALADA a la salida analógica de nuestro PLC y cuyos datos ingresaran por medio de la entrada analógica del variador de frecuencia.

- Bloque MOVE
- Variable MD60 tipo Dword (Frecuencia escalada).
- Variables QW4 tipo UInt (Salida Analógica del PLC S7-1500).

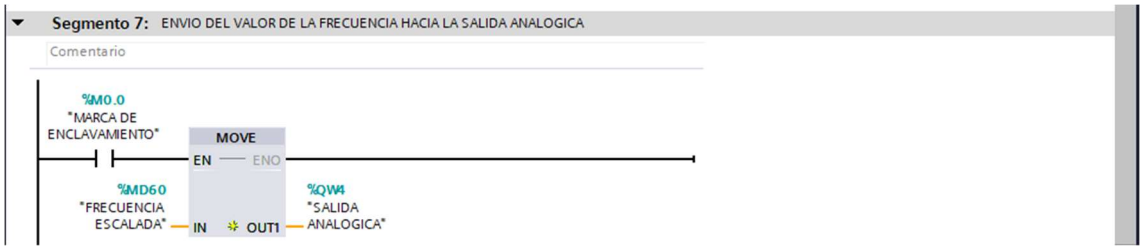
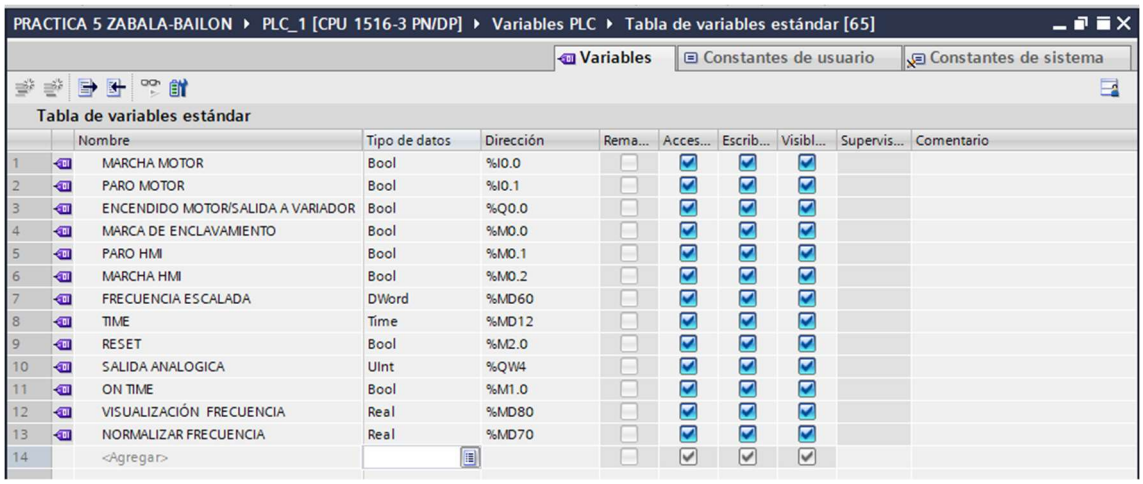


Figura9. Bloque Main séptimo segmento de programación.

10. En esta imagen vamos a ver las variables que utilizamos para realizar nuestro proyecto, también podremos apreciar el tipo de variable que es cada una para identificar bien que variables componen nuestro proyecto.



	Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Supervis...	Comentario
1	MARCHA MOTOR	Bool	%I0.0		☑	☑	☑		
2	PARO MOTOR	Bool	%I0.1		☑	☑	☑		
3	ENCENDIDO MOTOR/SALIDA A VARIADOR	Bool	%Q0.0		☑	☑	☑		
4	MARCA DE ENCLAVAMIENTO	Bool	%M0.0		☑	☑	☑		
5	PARO HMI	Bool	%M0.1		☑	☑	☑		
6	MARCHA HMI	Bool	%M0.2		☑	☑	☑		
7	FRECUENCIA ESCALADA	DWord	%MD60		☑	☑	☑		
8	TIME	Time	%MD12		☑	☑	☑		
9	RESET	Bool	%M2.0		☑	☑	☑		
10	SALIDA ANALOGICA	UInt	%QW4		☑	☑	☑		
11	ON TIME	Bool	%M1.0		☑	☑	☑		
12	VISUALIZACIÓN FRECUENCIA	Real	%MD80		☑	☑	☑		
13	NORMALIZAR FRECUENCIA	Real	%MD70		☑	☑	☑		
14	<Agregar>				☑	☑	☑		

Figura10. Tabla de variables estándar del proyecto.

11. En esta práctica también vamos a necesitar de una pantalla HMI por lo que debemos agregarla de la misma manera que el PLC S7-1500 pero en este caso seleccionando la opción HMI>Basic Panel>7”>HMI KTP700 Basic PN serial 6AV2-123-2GB03-0AX0.

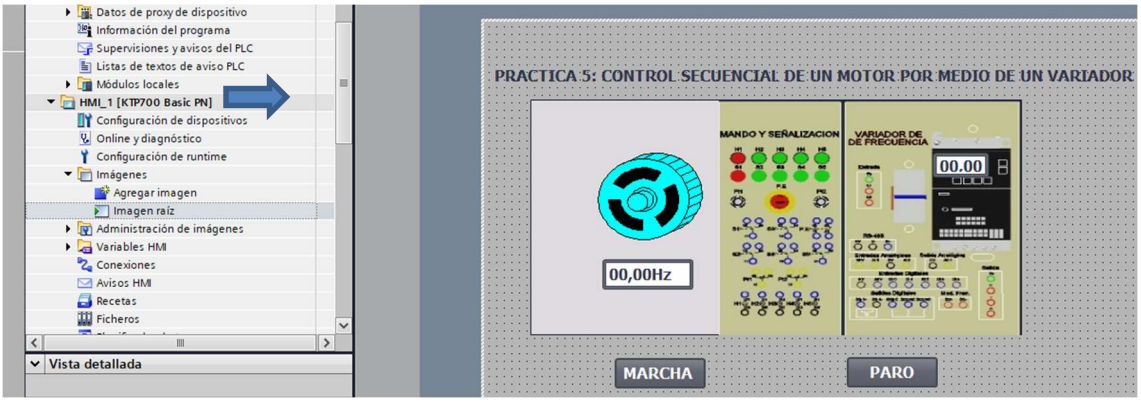


Figura11. Programación en pantalla HMI.

12. En esta figura vamos a agregar las variables que utilizaremos para nuestra pantalla HMI y las comunicaremos con variables que están en nuestro proyecto en la parte programación de nuestro PLC.

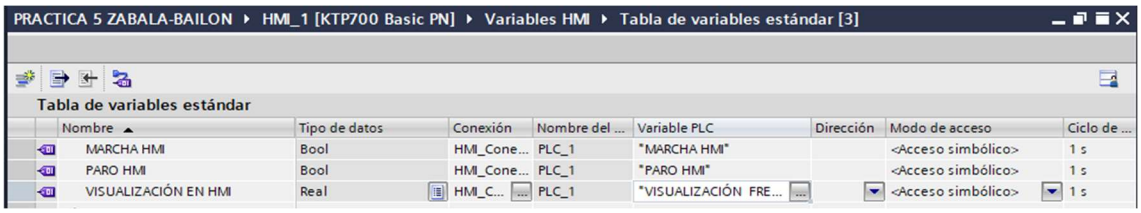


Figura12. Tabla de variables estándar del HMI.

13. En esta figura se muestra que agregamos un evento para nuestro botón “MARCHA” (se encuentra en el área de herramientas – Elementos), dicho evento será pulsar y lo configuraremos al igual que está en la imagen, esto nos permitirá activar el bit de esa marca.

Figura13. Configuración botón Marcha.

14. En esta figura observamos cómo agregar un evento para nuestro botón “MARCHA” (se encuentra en el área de herramientas – Elementos), dicho evento será soltar y lo configuraremos al igual que está en la imagen, esto nos permitirá desactivar el bit de esa marca.

Figura14. Configuración botón MARCHA.

15. En esta figura muestra que agregamos un evento para nuestro botón “PARO” (se encuentra en el área de herramientas – Elementos), dicho evento será pulsar y lo configuraremos al igual que está en la imagen, esto nos permitirá activar el bit de esa marca.

Figura15. Configuración botón PARO.

16. En esta figura añadimos un evento para nuestro botón “PARO” (se encuentra en el área de herramientas – Elementos), dicho evento será soltar y lo configuraremos al igual que está en la imagen, esto nos permitirá desactivar el bit de esa marca.

Figura16. Configuración botón PARO.

17. En esta figura vamos a agregar un campo E/S para visualización de la frecuencia que estamos utilizando para el variador con lo cual verificamos que la dirección de la variable del PLC este correctamente vinculada con la variable del HMI y colocamos el campo como tipo salida para solo visualizar y no agregar ningún valor.

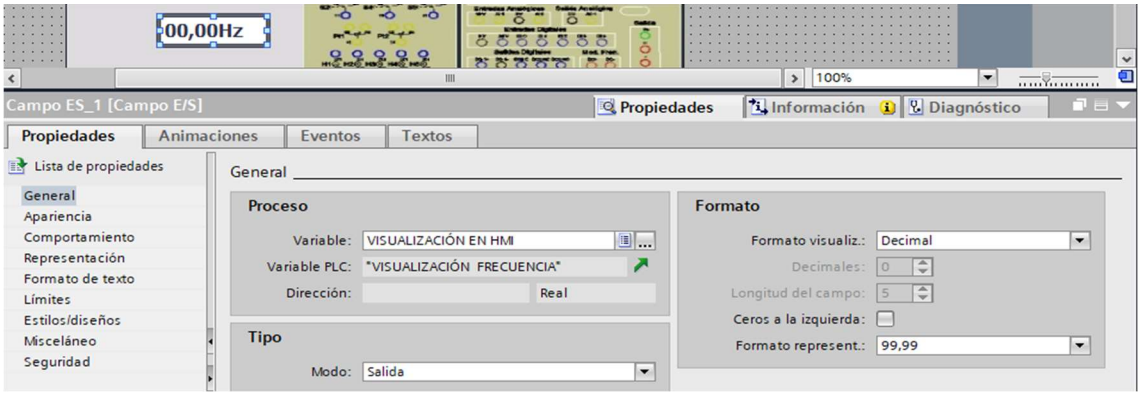


Figura17. Configuración campo E/S.

18. En esta figura agregamos un campo E/S y seguimos los mismos pasos que en la figura anterior.

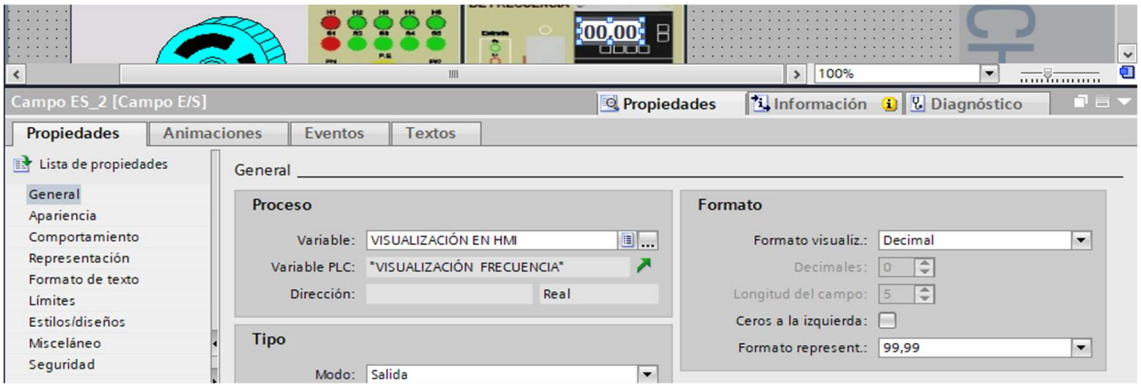


Figura18. Configuración campo E/S.

19. En esta imagen vamos a ver el resultado final de nuestra práctica ya lista para iniciarla cargando el proyecto y la pantalla HMI y dando Run para probar el proyecto.

Figura19. Pantalla HMI del proyecto.

20. En esta figura vamos a visualizar el valor que tiene la frecuencia el cual debe ser el mismo que se visualiza en el variador.

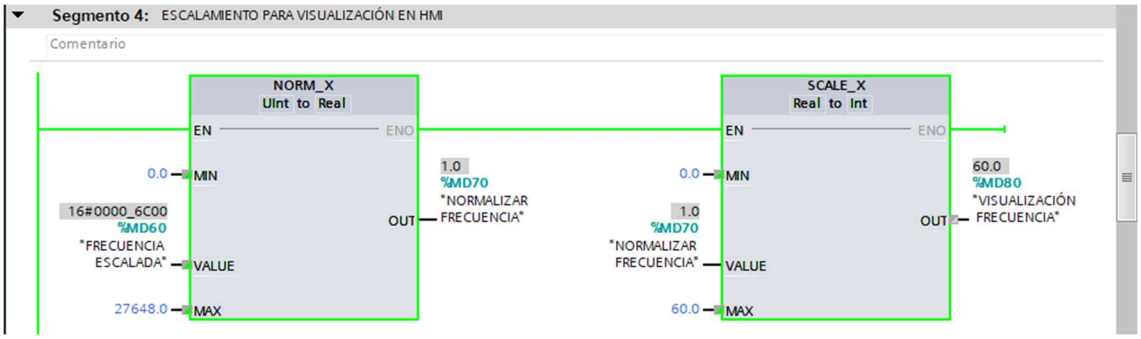


Figura20. Prueba del proyecto Online.

d. Recursos Utilizados

- Lámina que contiene al PLC Siemens S7-1500.
- Lámina de Fuente de Alimentación.
- Lámina de Distribución.
- Lámina de Mando y Señalización.
- Pantalla HMI KTP700 Basic PN serial 6AV2-123-2GB03-0AX0.
- Lámina de Variador de Frecuencia.
- Motor ABB DE 0.5Hp.
- Computadora con software TIA Portal Versión 15.1.

e. Registro de Resultados

Podemos apreciar satisfactoriamente el funcionamiento de práctica #5. Se muestra a nuestro PLC S7-1500 en su estado RUN con todo el dato programado cargado, además de las conexiones pertinentes en las láminas usadas.

21. En esta figura vamos a visualizar el valor que tiene la frecuencia que es el mismo que en TIA Portal visto en la figura anterior.

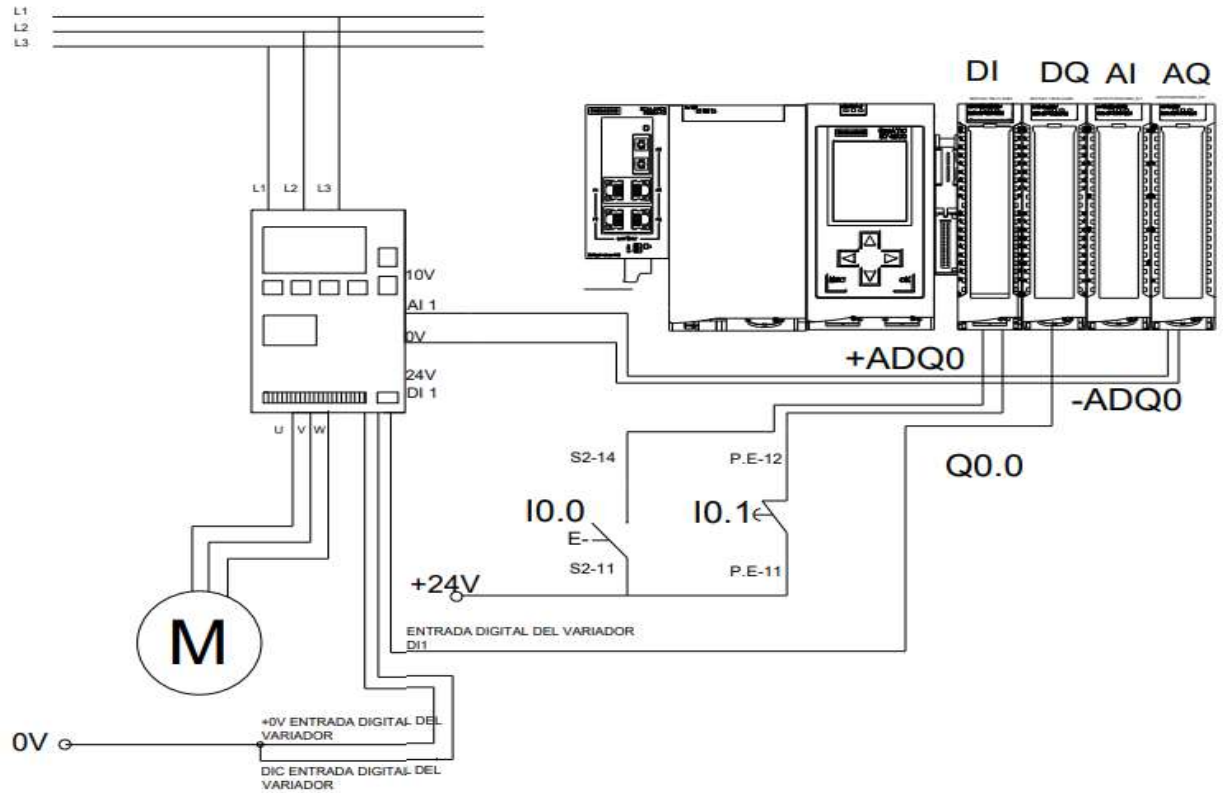
Figura21. Variador de frecuencia de 60Hz.

22. En esta imagen podemos visualizar el valor que tiene el variador de frecuencia para hacer trabajar al motor, siendo el mismo que se visualiza en TIA Portal visto en la figura 19 anterior.

Figura22. Pantalla HMI mostrando el valor del Variador de frecuencia.

Ejercicio # 5.

Control secuencial de motor a través de un variador de frecuencia.



NOMENCLATURA	
SIGLAS	DESCRIPCIÓN
DI	Modulo digital de entradas
DQ	Modulo digital de salida
I 0.0	Marcha Motor
I 0.1	Paro Motor
Q 0.0	Encendido Motor
M 0.0	Marca de enclavamiento
M 0.1	Paro HMI
M 0.2	Marcha HMI
MD60	Frecuencia Escalad
MD12	Time
M 2.0	Reset
QW4	Salida Analógica
M 1.0	On Time
M 2.0	Reset
MD80	Visualizacion Frecuencia
MD70	Normalizar Frecuencia

				FECHA	30/07/2019	*EJERCICIO # 5*	**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.**	Control secuencial de un motor a través de un variador de frecuencia	FUERZA :
				DISEÑO	J. ZABALA				CONTROL :
				DIBUJADO	J. ZABALA				FISICO :
				APROBADO					
Nr.	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			*DISEÑO*	*PROYECTO*	*DETALLE*	NUMERACION DEL PLANO

LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SEDE	GUAYAQUIL

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Práctica #6

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. CARLOS PÉREZ

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: "Comparación Entre Función de Pertenencia de un Conjunto Triangular vs Función de Pertenencia de un Conjunto Trapezoidal para Control Difuso de Nivel de Tanque en Labview y Activación del Proceso en TIA Portal por Medio de OPC Server**"**

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

a. Objetivo General:

Dar a conocer el funcionamiento de las distintas funciones de pertenencia que pueden ser usadas en el diseño de un controlador difuso en Labview.

b. Objetivos Específicos:

- Diseñar un programa de activación de variables en el software TIA Portal versión 15.1.
- Diseñar un programa de control difuso en el software Labview 2018.
- Implementar mediante las conexiones en los sistemas de fuerza y control.
- Analizar las funciones de pertenencias triangulares y trapezoidales y especificar en las conclusiones y recomendaciones las diferencias y cuál de ellas sería la óptima para el proceso requerido por medio de la realización de una base de datos guardados en Excel.

c. Marco Procedimental

Proceso En TIA Portal

1. Dar Clic sobre el ícono del software TIA Portal Versión 15.1

Figura1. Pantalla de inicio y visualización del software TIA Portal.

2. Se desplegará una pantalla, y nos iremos a la opción “Crear Proyecto”; llenamos los campos en blanco, colocando el nombre y la ruta donde se guardará nuestro nuevo proyecto.

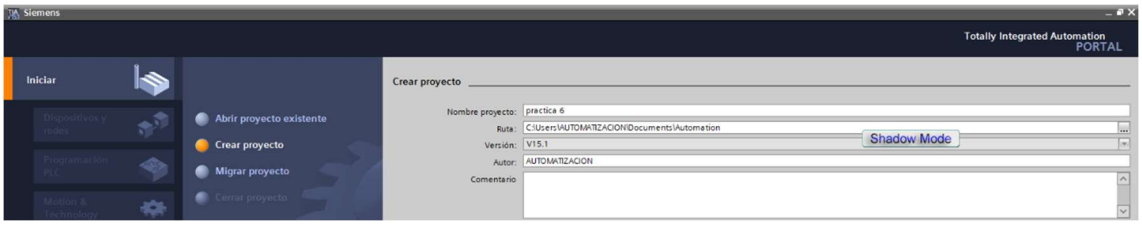


Figura2. Nombrar proyecto.

3. Clic en el botón crear.

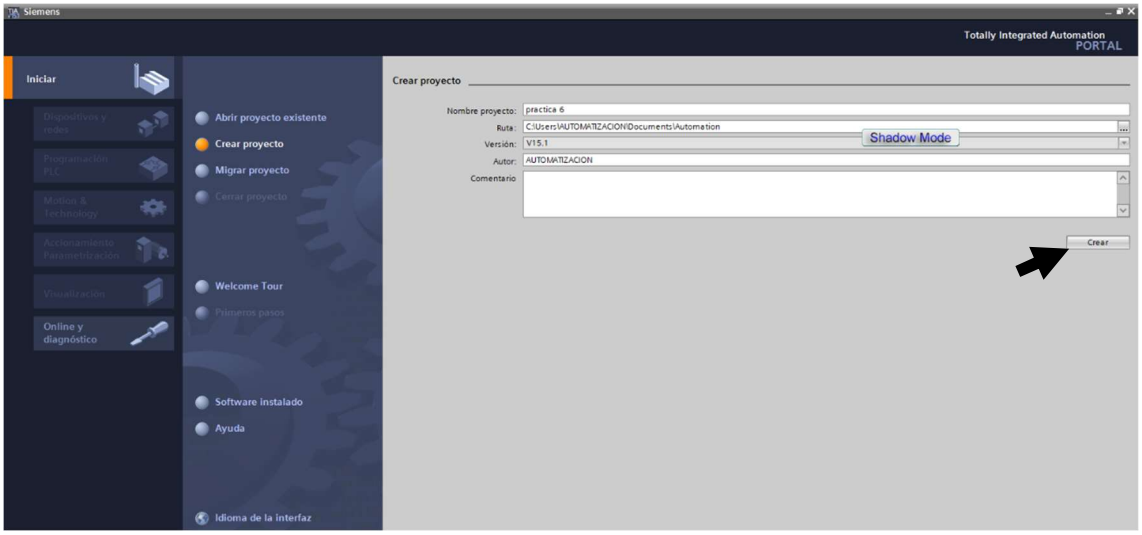


Figura3. Crear proyecto.

4. Nos aparecerá otra pantalla para agregar el dispositivo o dispositivos que vamos a necesitar en nuestra respectiva práctica.

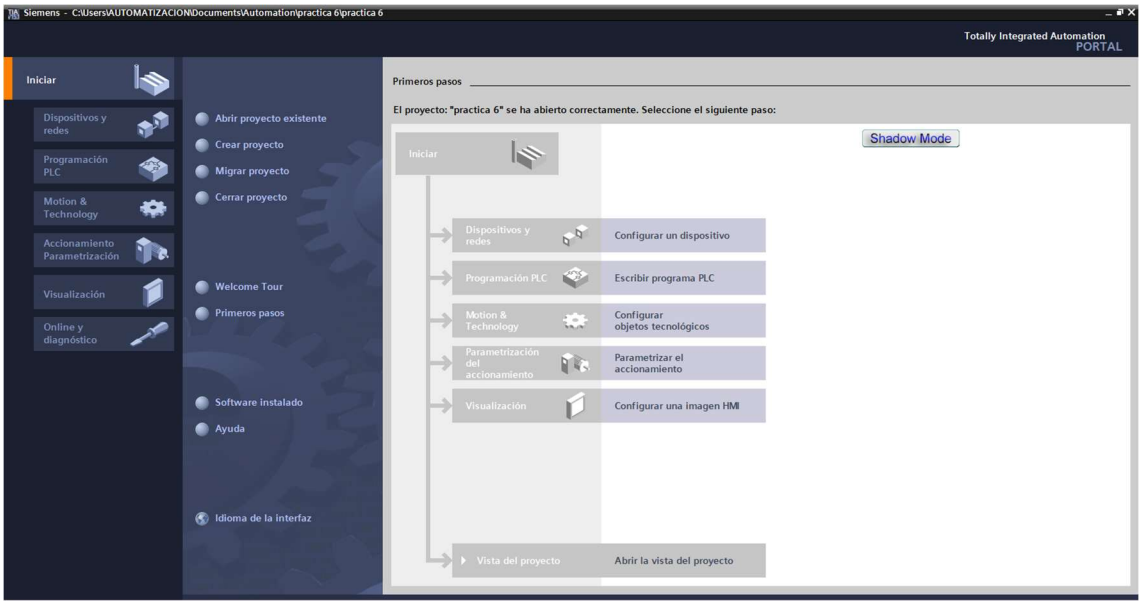


Figura4. Vista del proyecto a crear.

5. En este caso necesitaremos de dos controladores. Iniciamos agregando PLC Simatic S7-1500 y como se muestra en la figura escogeremos lo siguiente: CPU>CPU 1516-3PN/DP serial 6ES7 516-3AN01-0AB0. En la parte inferior derecha nos solicitará la versión y seleccionaremos V2.6.

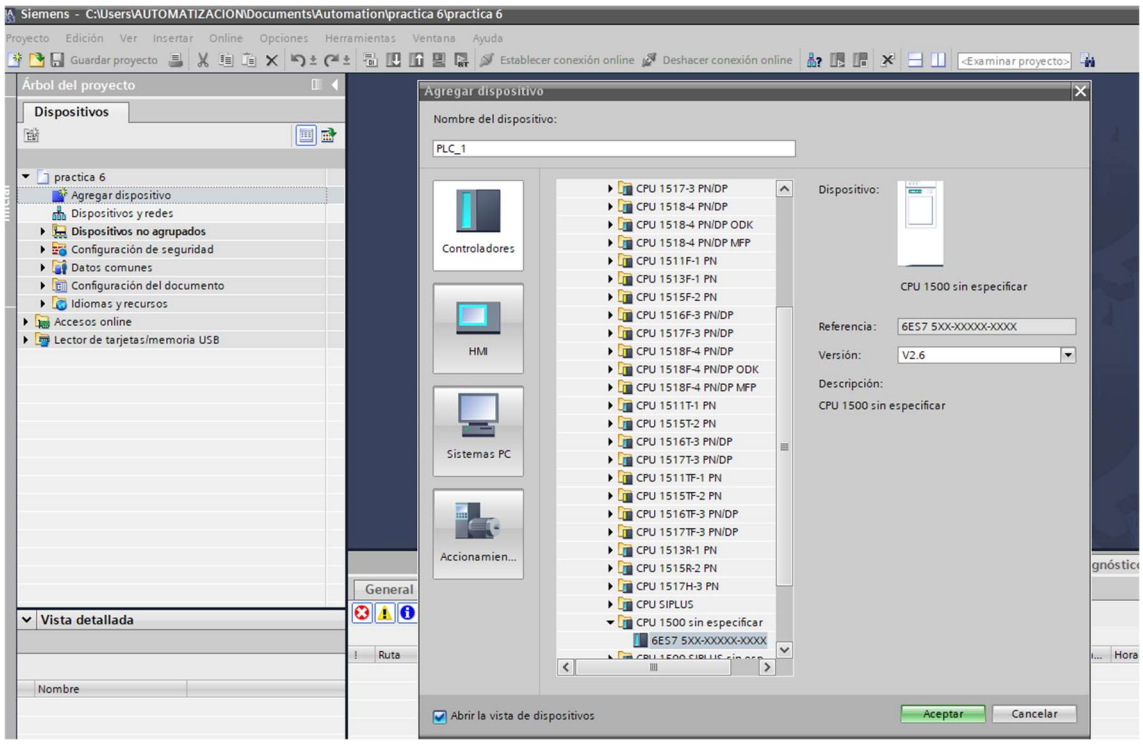


Figura5. Agregar dispositivo al proyecto.

6. Clic en la opción agregar.

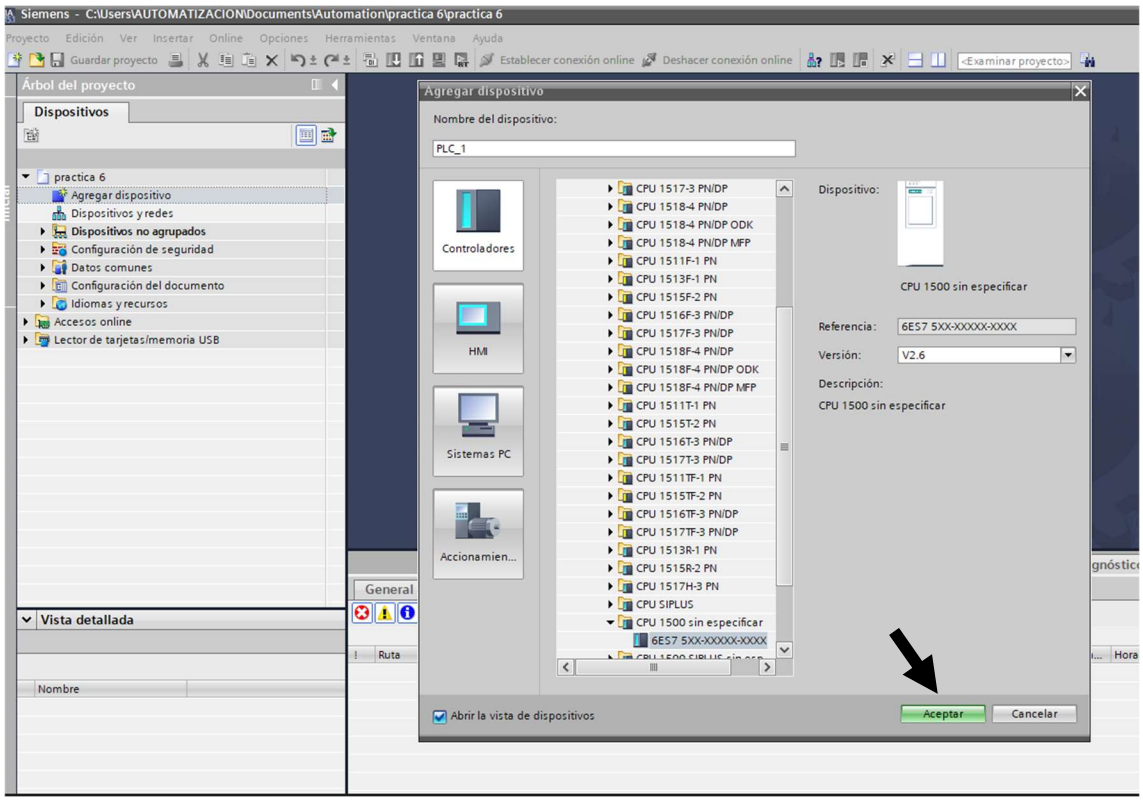


Figura6. Selección de versión del dispositivo a agregar.

7. Luego de agregar el dispositivo en la pantalla se presentará su respectiva imagen en el software TIA Portal.

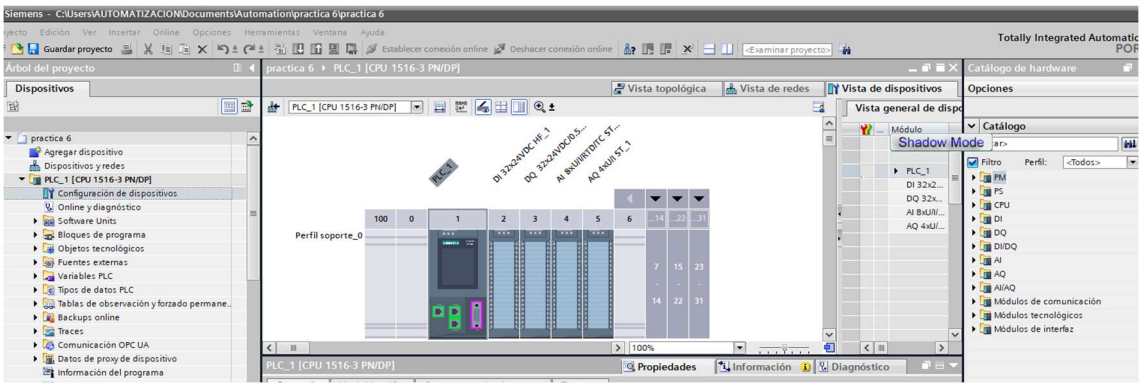


Figura7. Vista del dispositivo agregado.

8. Continuamos agregando un segundo PLC, en este caso PLC S7-1200 en la parte izquierda de nuestra ventana del árbol de proyecto, opción agregar dispositivo

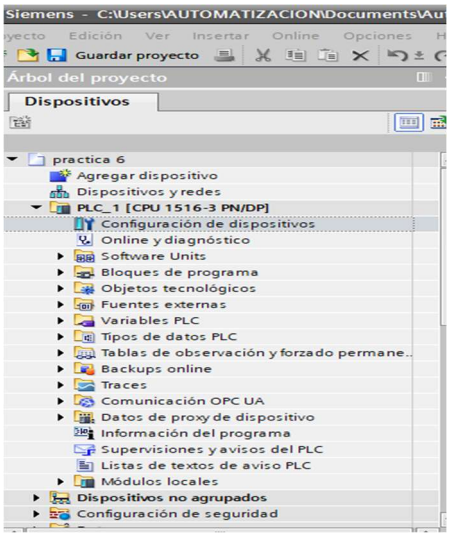


Figura8. Vista del árbol del proyecto.

9. Seleccionamos de entre los tipos de PLC, la sección del grupo de los 1200, opción sin especificar para que el programa nos identifique automáticamente el PLC que estamos usando, realizando la detección una vez se cargue el PLC. En la parte inferior derecha nos solicitará la versión y seleccionaremos V2.6.

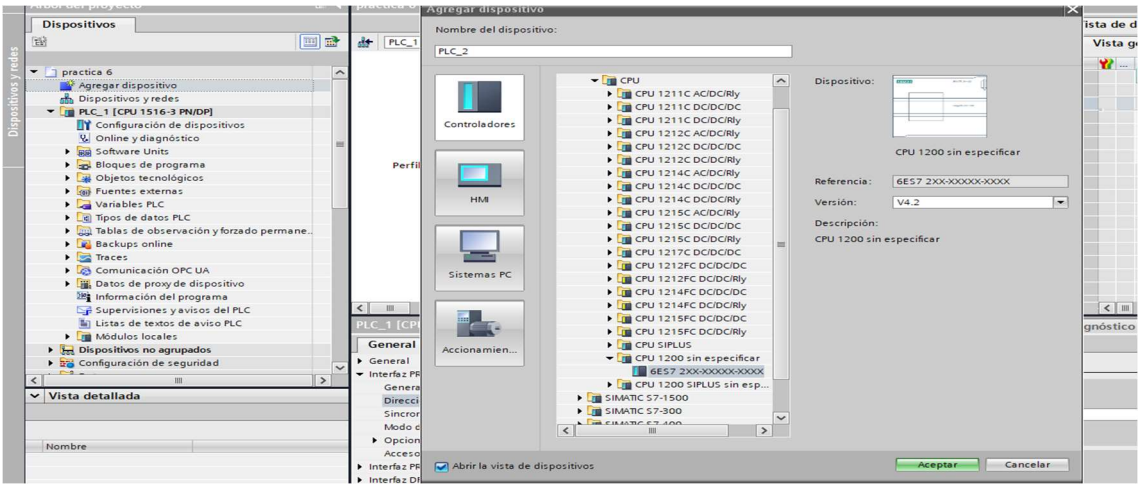


Figura9. Selección del segundo controlador

10. Clic en Aceptar

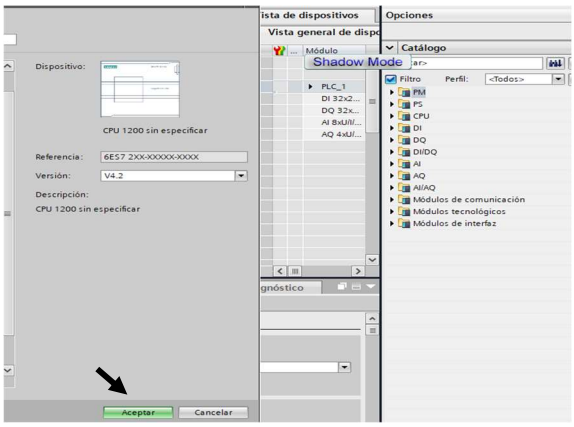


Figura10. Selección de versión y añadir dispositivo.

11. Luego de agregar el dispositivo en la pantalla se presentará su respectiva imagen en el software TIA Portal.

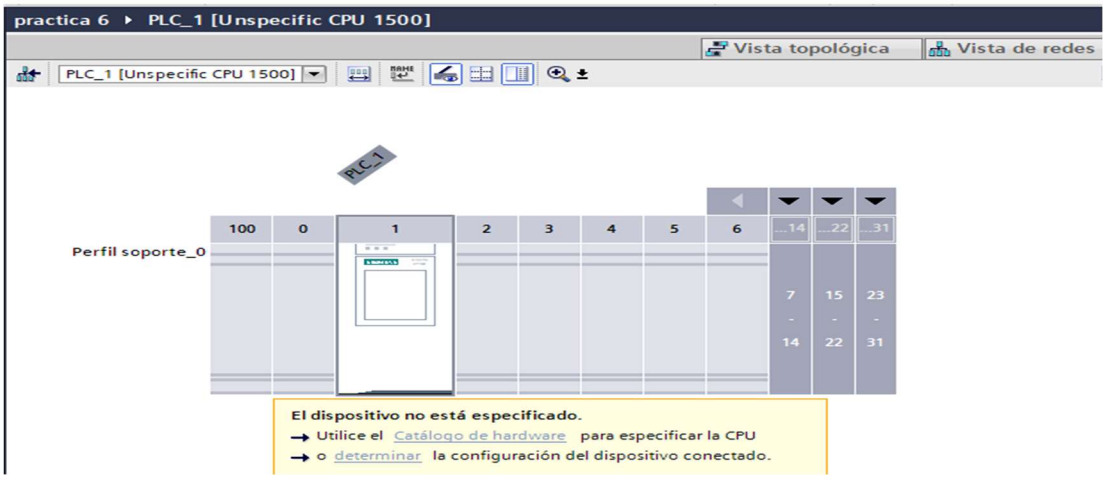


Figura11. Vista de dispositivo agregado.

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

12. Procedemos hacer la carga respectiva para la detección de nuestro segundo PLC, resultando su hallazgo y su correspondencia a un PLC S7-1200 <1214 AC/DC/RLY> serial <6ES7 214-1B-G31-0XB0>

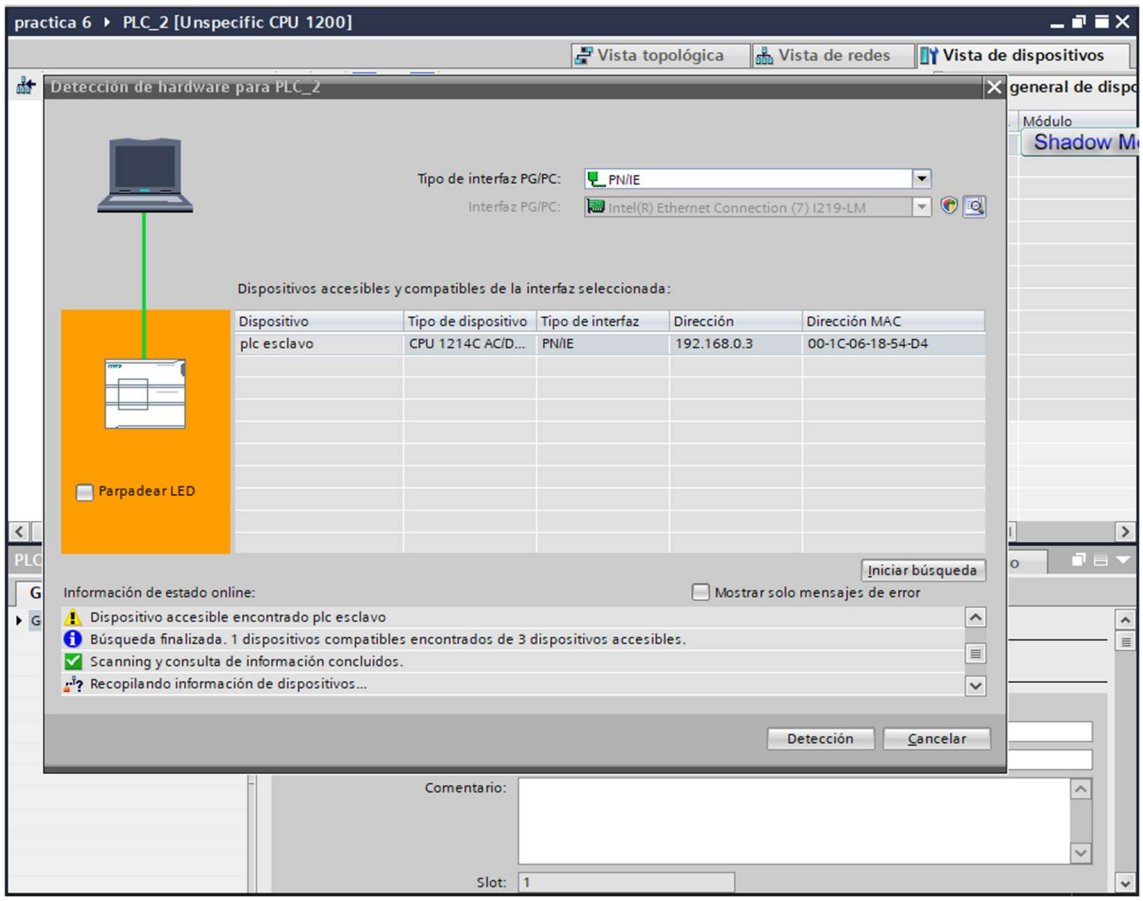


Figura12. Detección y cargado del dispositivo agregado.

13. Debemos colocar nuestros equipos en la misma red, estableciendo 192.168.0.0/24 la asignación de ip para todos los dispositivos tanto en TIA Portal por los PLCs a usar como en el centro de redes de la computadora que utilizaremos.

Figura13. Direccionamiento ip del PLC S7-1500.

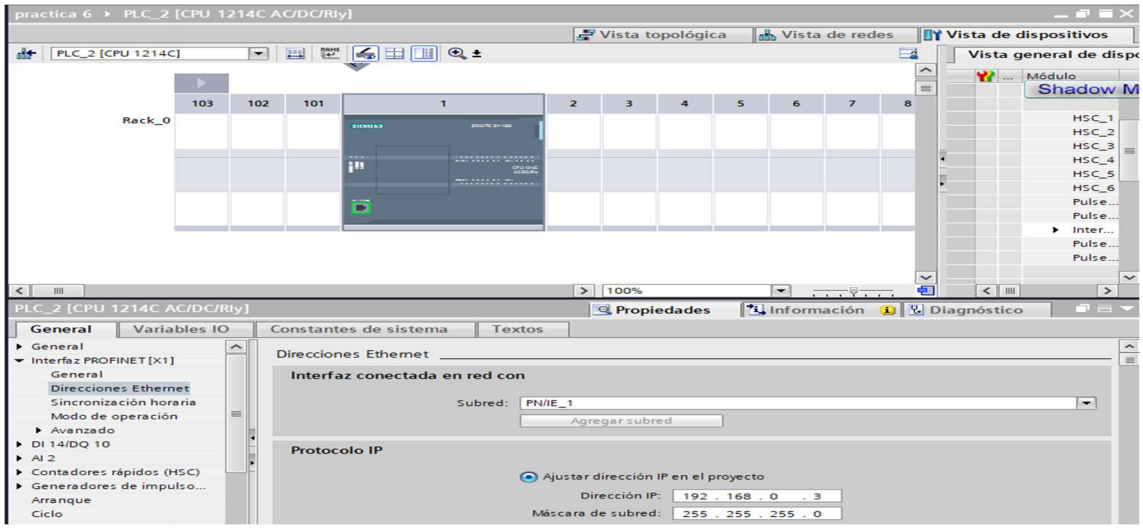


Figura14. Direccionamiento ip del PLC S7-1200.

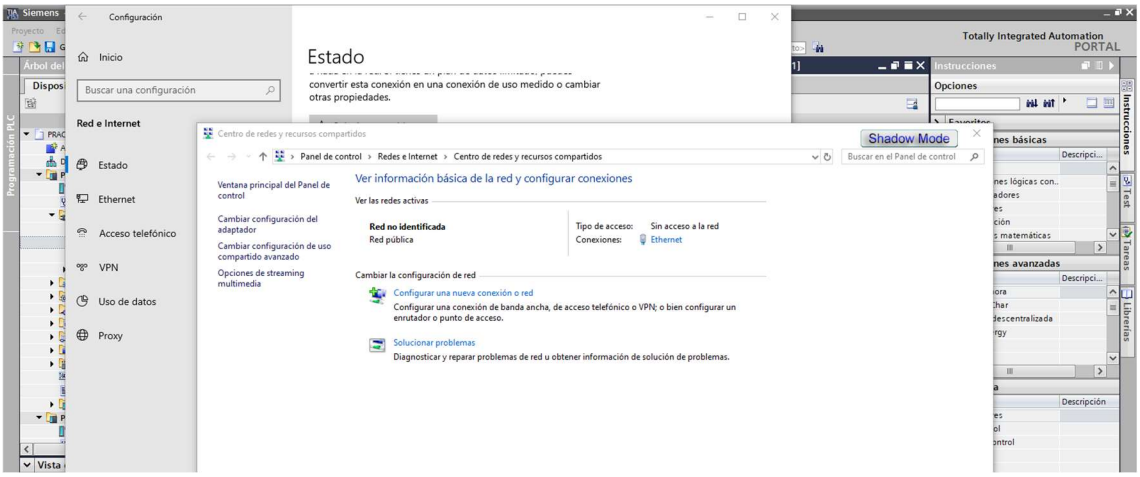


Figura15. Centro de redes y recursos compartidos de la Pc.

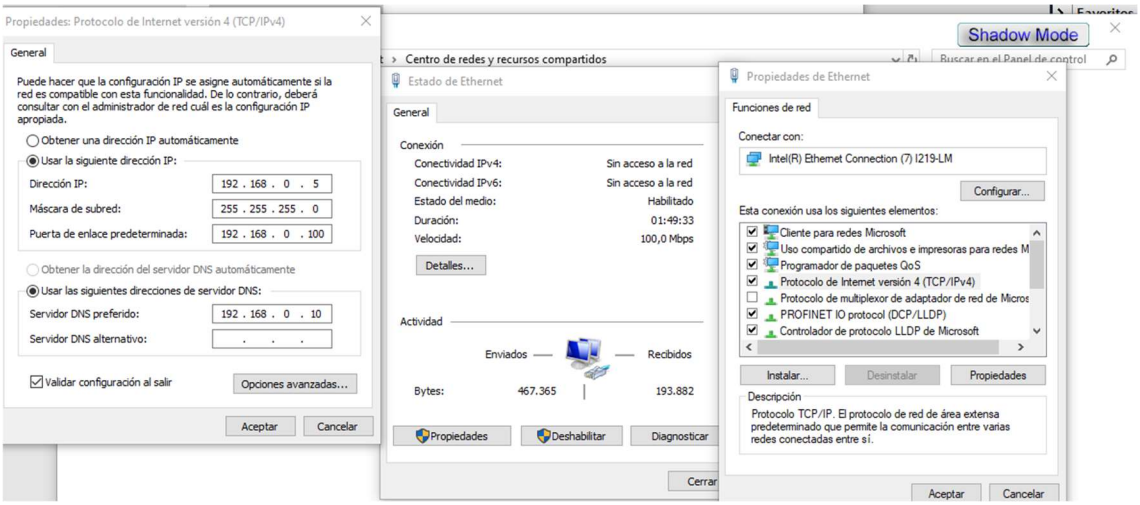


Figura16. Direccionamiento ip de la Pc.

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

14. Activamos las marcas de ciclo para nuestro PLC, pues más adelante vamos a utilizarlas para el proceso de la práctica, entonces activamos la marca del byte 10.

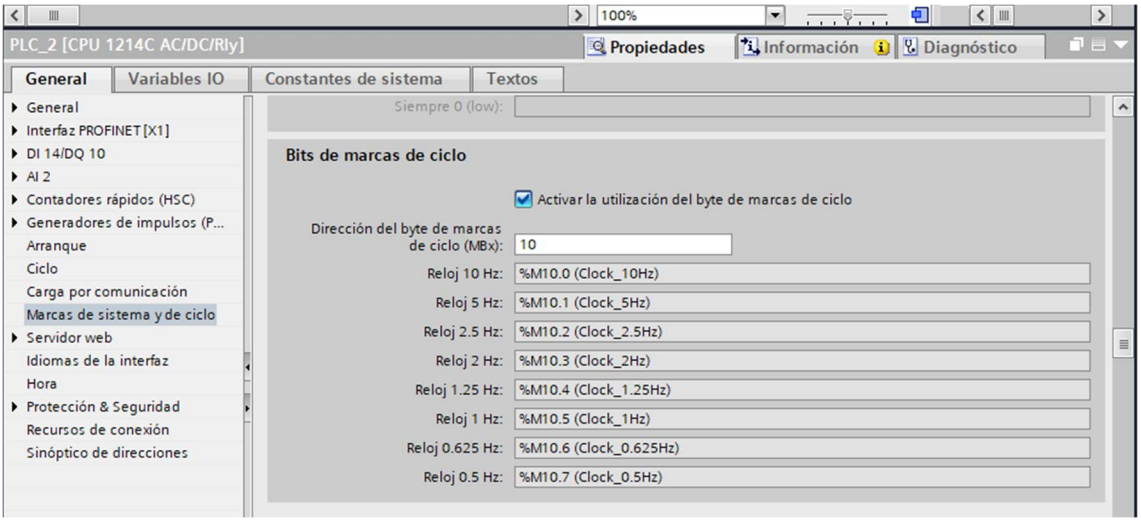


Figura17. Activación de las marcas de ciclo en el PLC S7-1200.

Programación para el PLC S7-1200

1. Lo siguiente es la programación de nuestro controlador por medio de lenguaje de contactos, para esto debemos dirigirnos al árbol del proyecto a la izquierda de la pantalla y luego dar clic en “PLC_1”, posteriormente “Bloques de Programa” y damos doble clic sobre “Main [OB1]”, finalmente nos aparecerá la ventana que nos permitirá realizar la programación pertinente.

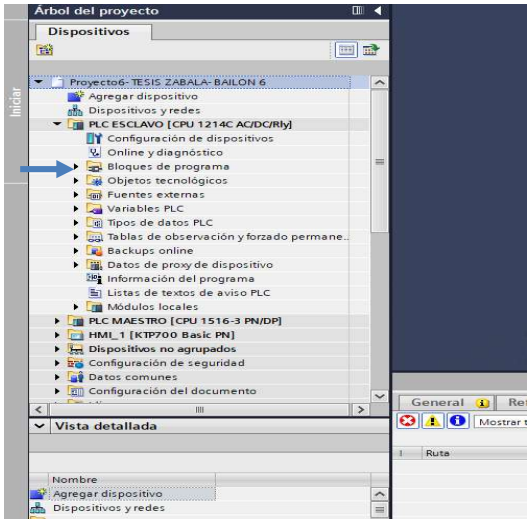


Figura18. Sección de Bloques de Programa dentro del árbol de proyecto.

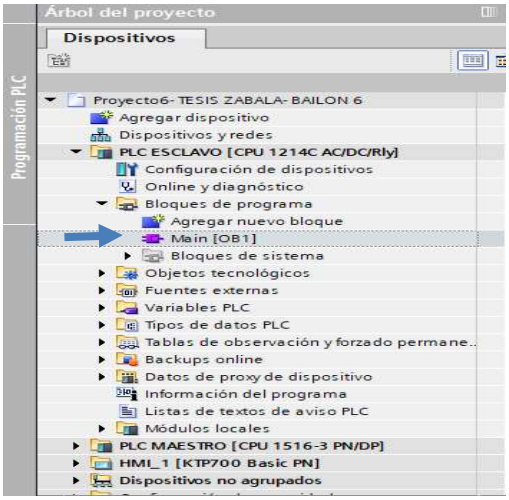


Figura19. Bloque de programación Main.

2. A cada segmento se le asignará un nombre dependiendo de la acción que en este se realiza

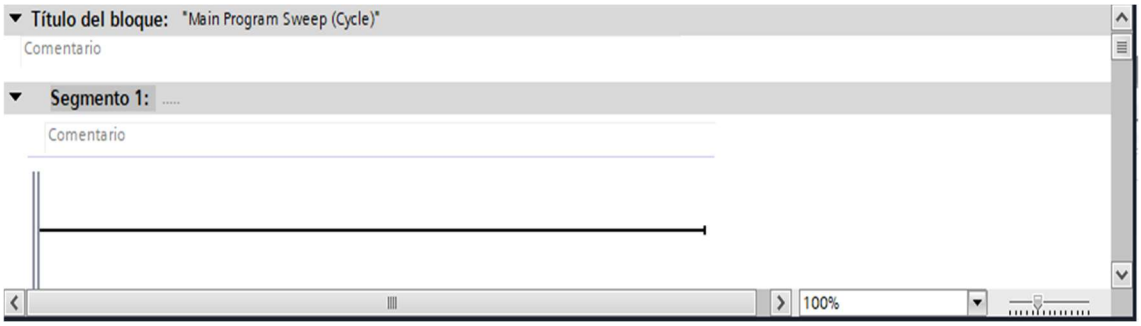


Figura20. Apertura del segmento 1.

3. Siendo este primer segmento nombrado “INICIALIZACIÓN DE SENSORES”. En este segmento se incluye varias ramas, las cuales describiremos su funcionamiento detalladamente:

    1) Un contacto abierto i0.3 para la activacion de “SELECTOR MANUAL” , con una bobina de salida que activa la marca M2.3 “l_S4”.
    2) Un contacto abierto i0.4 para la activacion de “SELECTOR AUTOMÁTICO” , con una bobina de salida que activa la marca M2.4 “l_S5”.
    3) Un contacto abierto i0.5 para la activacion de “JOG VÁLVULA” , con una bobina de salida que activa la marca M2.5 “l_S6”.

4) Un contacto abierto i0.6 para la activacion de “JOG VARIADOR” , con una bobina de salida que activa la marca M2.6 “l_S7”.
5) Un contacto abierto i0.7 para la activacion de “SENSOR LSL 102” , con una bobina de salida que activa la marca M2.6 “l_S7”.
6) Un contacto abierto i1.0 para la activacion de “CONF_VALVULA_ABIERTA” , con una bobina de salida que activa la marca M3.0 “l_S9”.
7) Un contacto abierto i1.1 para la activacion de “CONF_VALVULA_CERRADA” , con una bobina de salida que activa la marca M3.1 “l_S10”.
8) Un contacto abierto i1.2 para la activacion de “SENSOR CAPACITIVO HL 101” , con una bobina de salida que activa la marca M3.2 “l_S11”.
9) Un contacto abierto i1.3 para la activacion de “SENSOR CAPACITIVO LL 101” , con una bobina de salida que activa la marca M3.3 “l_S12”.

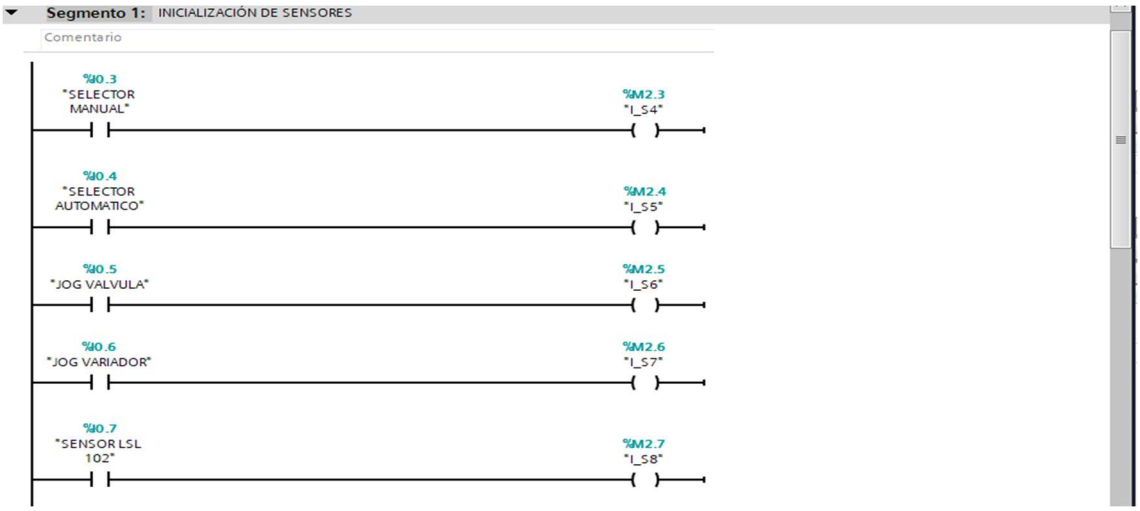


Figura21. Programación de entradas y salidas del segmento 1 del PLC S7-1200.

Figura22. Programación de entradas y salidas del segmento 1 del PLC S7-1200.

4. Este Segundo segmento denominado “Marcha” consta con los siguientes elementos: Inicia con el contacto abierto i0.0 para la “marcha” de nuestro sistema, un contacto cerrado para la marca M2.2 “l_s3”,contacto cerrado i0.2 “PARO DE EMERGENCIA “al igual que otro contacto cerrado para la marca M8.2 “PARO DE EMERGENCIA MAESTRO”, otro contacto cerrado para la marca “P. EMERGENCIA OPC” siendo la función de todos estos contactos de paro de emergencia es inhabilitar el sistema, también posee una bobina de activación de la marca m2.0 “l_s1” , a la vez que activa la bobina de la marca m0.0 y la m8.0 “MARCHA MAESTRO” que nos permiten su activación y luego colocadas en paralelo con la “MARCHA” i0.0 y la marca m6.0 “MARCHA OPC” para asegurarnos la habilitación de nuestra salida para arranque del sistema de cualquiera de las opciones de marcha.

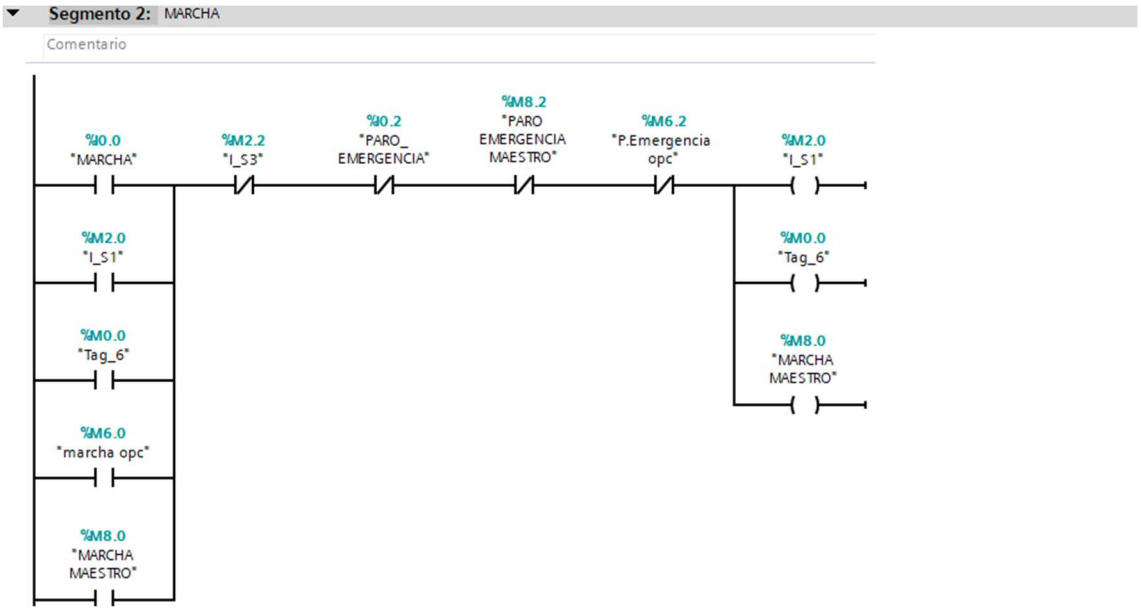


Figura23. Programación de entradas y salidas del segmento 2 del PLC S7-1200.

5. En este segmento se incluyen tres contactos abiertos en paralelo: i0.1 para el "paro" desde la planta de los tanques, el contacto abierto para la marca M6.1 "PARO OPC" y M8.1 "PARO MAESTRO" activando la bobina para la marca M2.1 "l_s2" para el paro momentáneo del sistema mientras se encuentren pulsados cualquiera de los contactos, el sistema.

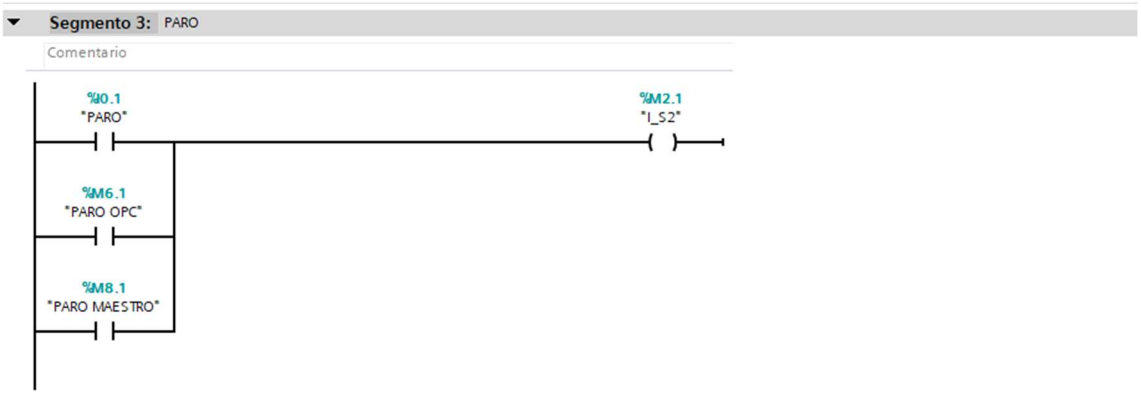


Figura24. Programación de entradas y salidas del segmento 3 del PLC S7-1200.

6. Agregamos un cuarto segmento con el nombre “PARO DE EMERGENCIA”, donde se incluyen tres contactos abiertos en paralelo: i0.2 para el “PARO DE EMERGENCIA” desde la planta de los tanques, el contacto abierto para la marca M6.2 “PARO DE EMERGENCIA OPC” y M8.2 “PARO EMERGENCIA MAESTRO” activando la bobina para la marca M2.2 “l_s3” para la inhabilitación completa del sistema cuando cualquiera de estos contactos sea activado.

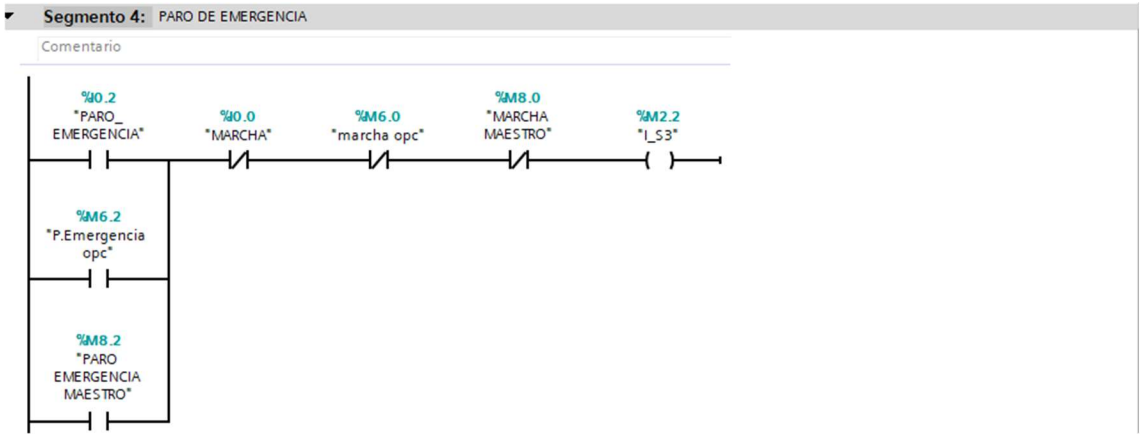


Figura25. Programación de entradas y salidas del segmento 4 del PLC S7-1200.

7. Este segmento nombrado "VERIFICACIÓN DE ENCENDIDO DE LA PLANTA POR EL OPC", destinado para la validación de la activación del sistema receptado por la herramienta OPC Server y dichos datos ser trasladados al software Labview para monitorear el sistema. Cuenta con un lazo en serie de un contacto abierto de la marca M0.0 que representa el encendido del sistema general, luego cuatro contactos cerrados de los distintos tipos de paros que se le ha otorgado a nuestro sistema, correspondiendo M6.1 "PARO OPC", i0.1 "PARO", M8.1 "PARO MAESTRO" y M7.1 "PARO HMI" todos para el paro momentáneo mientras sean activadas las entradas en cuestión, una vez se deja de pulsar el sistema vuelve a retomar el proceso desde donde se lo dejo. Además, incluye

una bobina de salida Q0.0 representado por un Led que indica el estado ON/OFF del sistema.

Figura26. Programación de entradas y salidas del segmento 5 del PLC S7-1200.

8. El segmento 6 “ACTIVACIÓN BOMBA” incluye a los contactos abiertos para las marcas M2.3 “l_s4 ” que es se activa al habilitarse el selector manual , la marca M2.6 “l_s7” que representa el accionamiento del Jog Variador que indica las variaciones dadas en el sistema dado por el funcionamiento de nuestra bomba , se coloca en lazo en paralelo a la marca m0.0 que corresponde a nuestro encendido generar enclavando así la activación de nuestra salida m4.1 “O_H2” que representa el encendido de nuestra bomba de agua. Siguiendo con el proceso contamos con los contactos cerrados M2.1 “l_s2” correspondiendo a la marca para el paro momentáneo del sistema global, seguido del contacto cerrado para la marca M2.2 “l_s3” que indica el paro completo global del sistema.

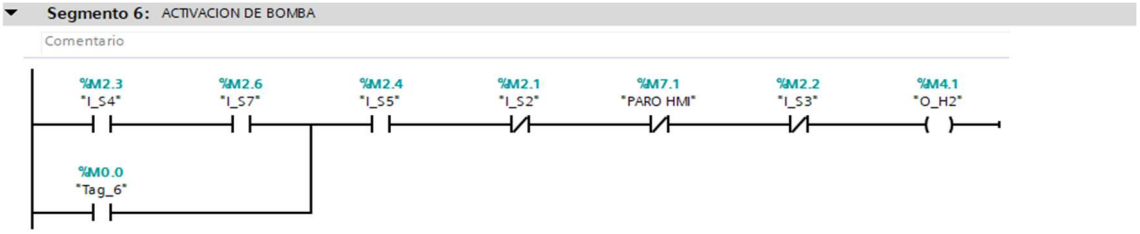


Figura27. Programación de entradas y salidas del segmento 6 del PLC S7-1200.

9. El segmento nombrado "SALIDA H2_Q0.1-VARIADOR ON/OFF". En este segmento se incluye varias ramas, las cuales describiremos su funcionamiento detalladamente:

    1) Se muetra el contacto abierto de la marca M4.1 "O_H2" que representa la activación de nuestra bomba, seguido de un contacto abierto para la marca m5.0 que representa que el valor del SetPoint es mayor al medido por el sensor respecto del nivel de nuestro tanque tk, enviándole la orden que mientras esta marca este activa la bomba debe seguir inyectando agua al sistema para poder alcanzar el SetPoint , caso contrario con el contacto cerrado m5.1 que nos indica cuando el valor de nuestro tanque excede al seteado por el usuario , dándole la orden de desactivación de la bomba , pudiendo nosotros visualizar mediante la bobina de salida Q0.1 "H2" representando el encendido y apagado a través de un Led visualizado en la parte del panel de nuestra planta de tanques.

2) Se presenta un comparador donde los valores guardado en el dato Dword MD26 "VALOR DE ALTURA EN CM TK 102" constituye la altura medida del tanque tk 102 por nuestro sensor ultrasónico comparado con el dato almacenado en MD48 "VALOR DEL SETPOINT" correspondiente al valor que el usuario setea con el fin de obtener el llenado hasta ese nivel indicado. En caso de ser verdadero lo establecido en el comparador MD26 "VALOR DE ALTURA EN CM TK 102" menor a MD48 "VALOR DEL SETPOINT" se activa la marca M5.0.
3) Se presenta un comparador donde los valores guardado en el dato Dword MD26 "VALOR DE ALTURA EN CM TK 102" constituye la altura medida del tanque tk 102 por nuestro sensor ultrasónico comparado con el dato almacenado en MD48 "VALOR DEL SETPOINT" correspondiente al valor que el usuario setea con el fin de obtener el llenado hasta ese nivel indicado. En caso de ser verdadero lo establecido en el comparador MD26 "VALOR DE ALTURA EN CM TK 102" mayor a MD48 "VALOR DEL SETPOINT" se activa la marca M5.1.

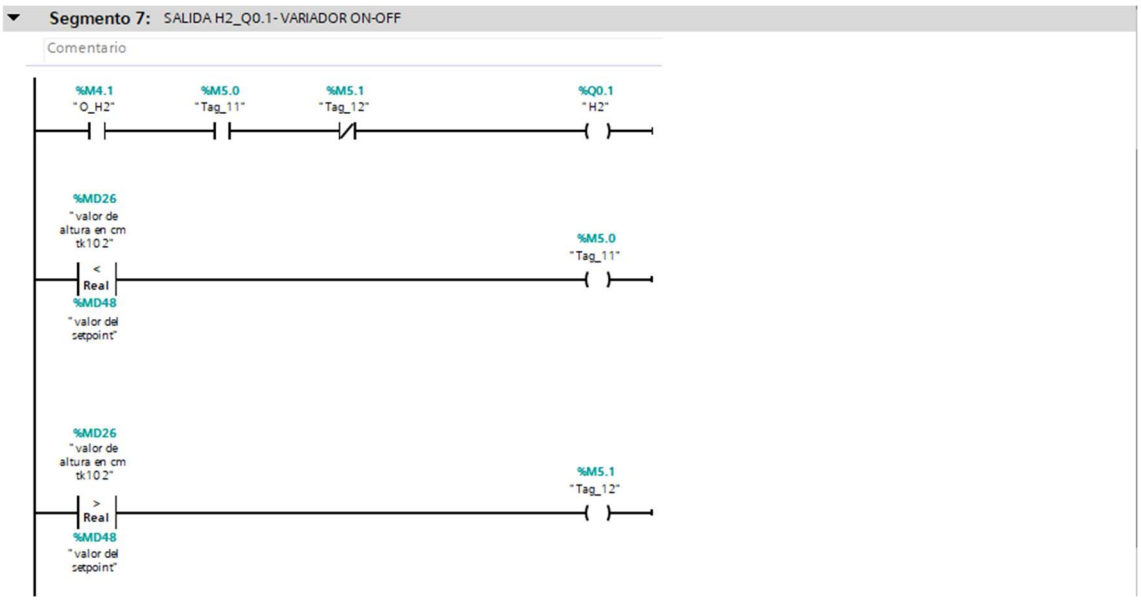


Figura28. Programación de entradas y salidas del segmento 7 del PLC S7-1200.

10. Añadimos un segmento denominado "ESCALAMIENTO DEL SENSOR ULTRASÓNICO" colocando los bloques de NORM_X y SCALE_X que nos permiten colocar los limites 0-27750 y el rango de valores 0 a 30.0 en que trabajaremos. Además, la entrada Analógica "Valor analógico" IW4 cuyo valor normalizado se guardará en dato Dword tipo real MD12, luego pasará a escalarse y guardarse en el Dato MD14. Realizamos otro escalamiento, pero en este caso con el rango de 0.5 a 10.0 para medición de litros.

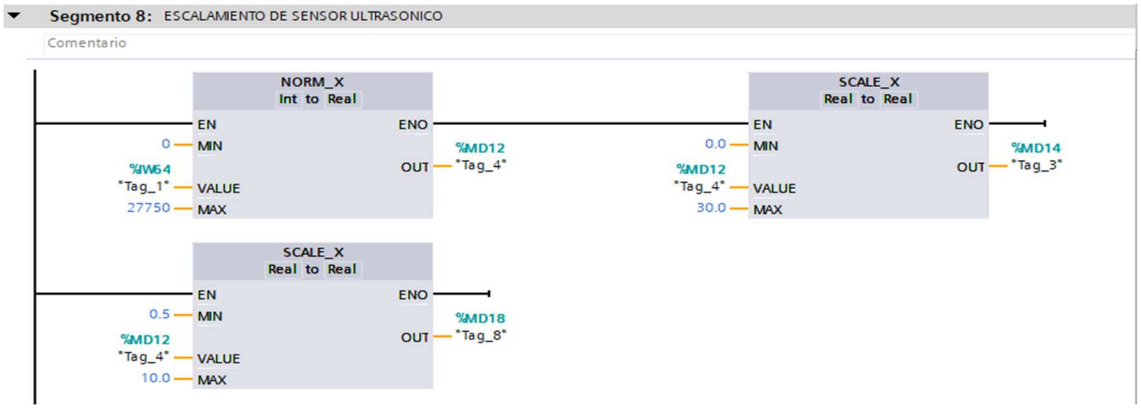


Figura29. Programación del segmento 8 del PLC S7-1200.

11. Continuamos con el segmento "ESCALAMIENTO DE ALTURA DE TANQUE", utilizando el Bloque SUB para realizar la operación de resta entre dos valores, en este caso tenemos 3 ramas con las siguientes operaciones:

    1) La operación de resta entre el valor de 30.0 que es la medida en centímetros de altura de nuestro tanque y el valor almacenado en MD14 que corresponde a la lectura esclada del sensor ultrasonico respecto al nivel de tanque tk102.Dicha operación de sustracción se almacena en MD26 "VALOR ALTURA EN CM TK102".

    2) La operación de resta entre el valor de 10.5 que es la medida en litros de nuestro tanque y el valor almacenado en MD18 que corresponde a la lectura escalada del

sensor ultrasonico respecto al nivel de tanque tk102. Dicha operación de sustracción se almacena en MD30 "VALOR EN LITROS DE TK102".

3) La operación de resta entre el valor de 30.0 que es la medida en centímetros de altura de nuestro tanque y el valor de la operación anterior almacenado en MD26 "VALOR ALTURA EN CM TK102". Dicha operación de sustracción se almacena en MD32 "VALOR ALTURA EN CM TK101" que representa la lectura que tendría nuestro tanque tk101.

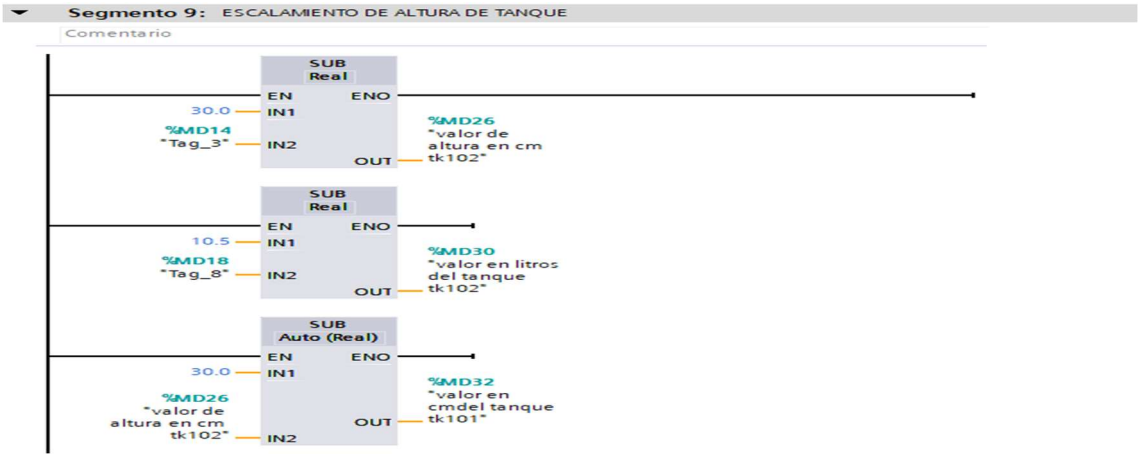


Figura30. Programación del segmento 9 del PLC S7-1200.

12. En este segmento llamado "DESPLAZAMIENTO DE VALORES" tiene como función el envío de datos mediante bloque MOVE hacia otro dato para que tome el valor de entrada

determinada en este bloque. En las ramas se visualiza el simple desplazamiento de los datos hacia otras direcciones para que se guarden y no presenten situaciones errores en lectura.

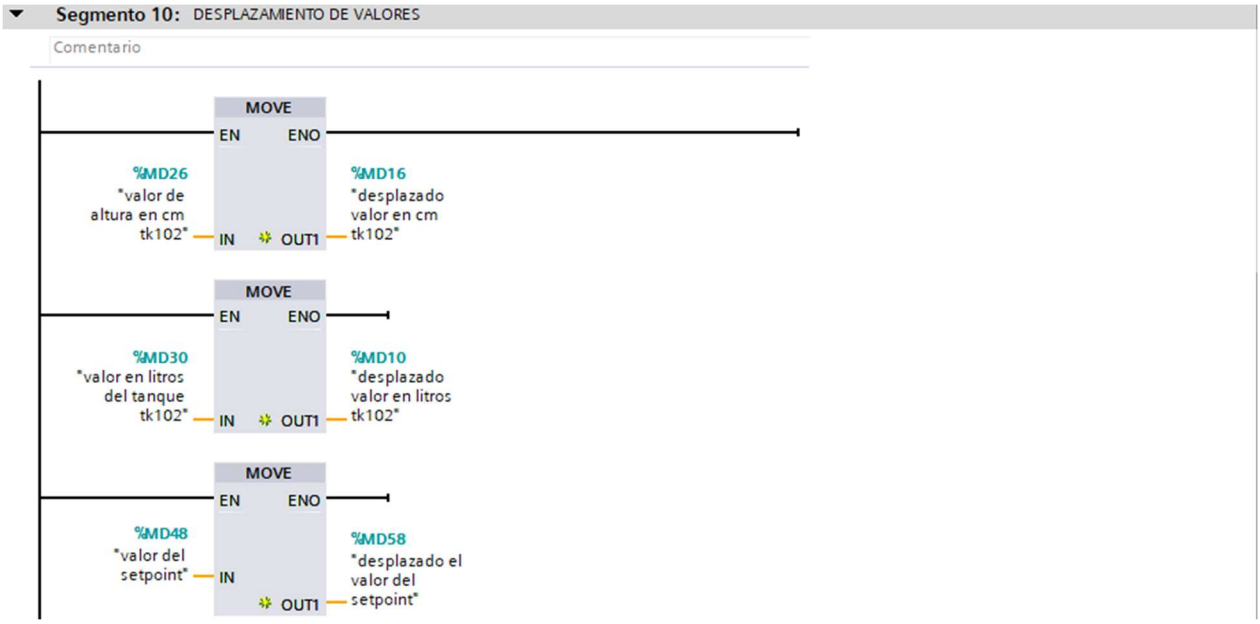


Figura31. Programación del segmento 10 del PLC S7-1200.

13. El segmento a continuación nombrado “CONVERSIÓN Y ENVÍO DE DATOS”; cumple la acción de realizar la conversión de datos a otro dependiendo la necesidad del usuario y finalmente copiado y trasladado a otra dirección.

1) Conversión de dato tipo Dword MD16 “DESPLAZADO VALOR EN CM TK102” a Real MD28 “VALOR REAL EN CM TK102” siendo efectuado con propósitos de trabajar con datos decimales donde el dato tipo Real nos permite abarcar valores comprendidos entre -3.402823e+38 y 3.402823e+38 . Posteriormente desplazado a un bloque de datos.
2) Conversión de dato tipo Dword MD10 “DESPLAZADO VALOR EN LITROS TK102” a Real MD40 “VALOR REAL EN LITRO TK102” siendo efectuado con propósitos de trabajar con datos decimales donde el dato tipo Real nos permite abarcar valores comprendidos entre -3.402823e+38 y 3.402823e+38 . Posteriormente desplazado a un bloque de datos.
3) Conversión de dato tipo Real MD48 “VALOR DEL SETPOINT” a Dword MD20 siendo efectuado con propósitos de trabajar con enteros de gran capacidad donde el dato tipo Dword nos permite abarcar valores comprendidos entre 0 y 4,294,967,295. Posteriormente desplazado a un bloque de datos.

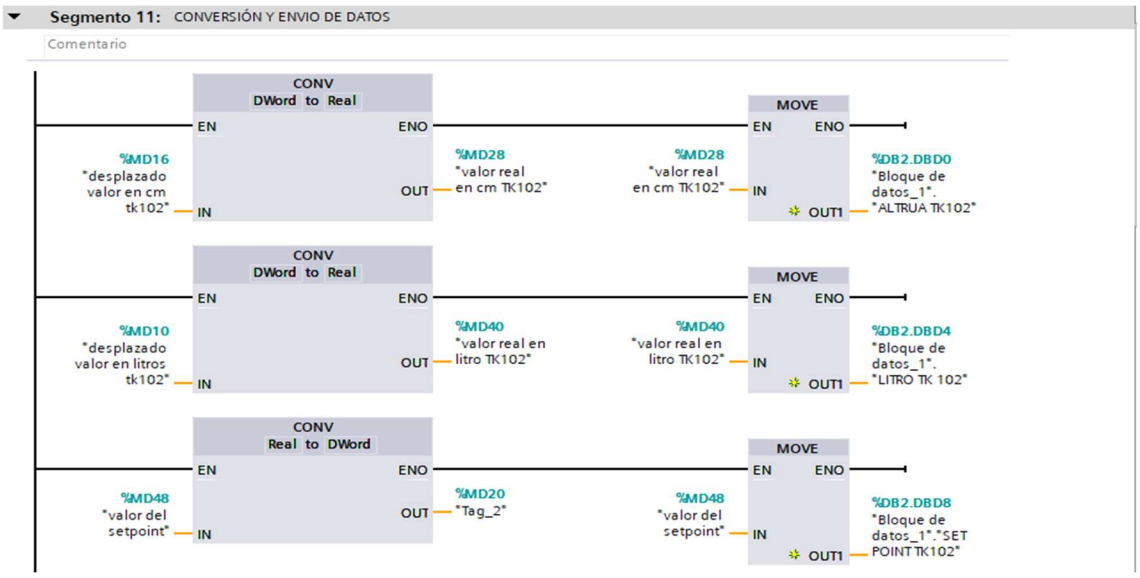


Figura32. Programación del segmento 11 del PLC S7-1200.

14. El último segmento correspondiente a la programación de nuestro PLC S7-1200 es nombrado "ENVÍO DE DATOS DE ESCALAMIENTO AL OTRO PLC". El objetivo de este segmento es que mediante el bloque PUT nos permita el direccionamiento de nuestros datos almacenado en el PLCS7-1200 que es el que controla la planta (rol de servidor) y así enviárselo al PLC S7-1500 que ejerce el papel de cliente de los procesos siendo este de donde se envíen las señales de activación.

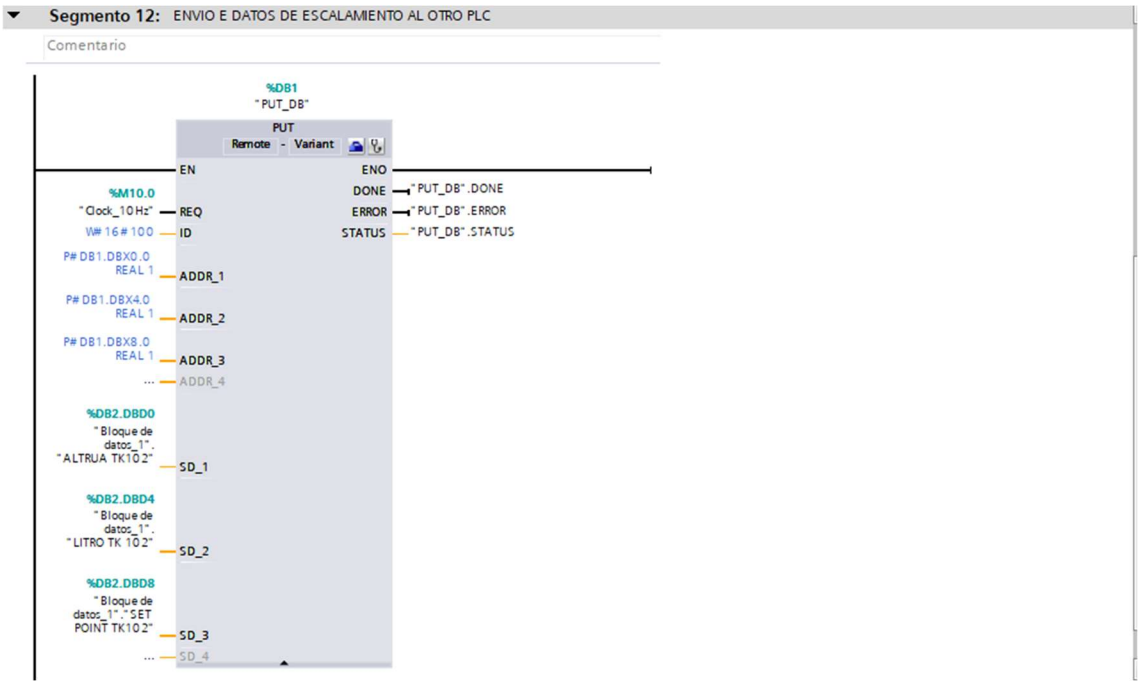


Figura33. Programación del segmento 12 del PLC S7-1200.

Programación para el PLC S7-1500

1. Activamos las marcas de ciclo para nuestro PLC, pues más adelante vamos a utilizarlas para el proceso de la práctica, entonces activamos la marca del byte 10.

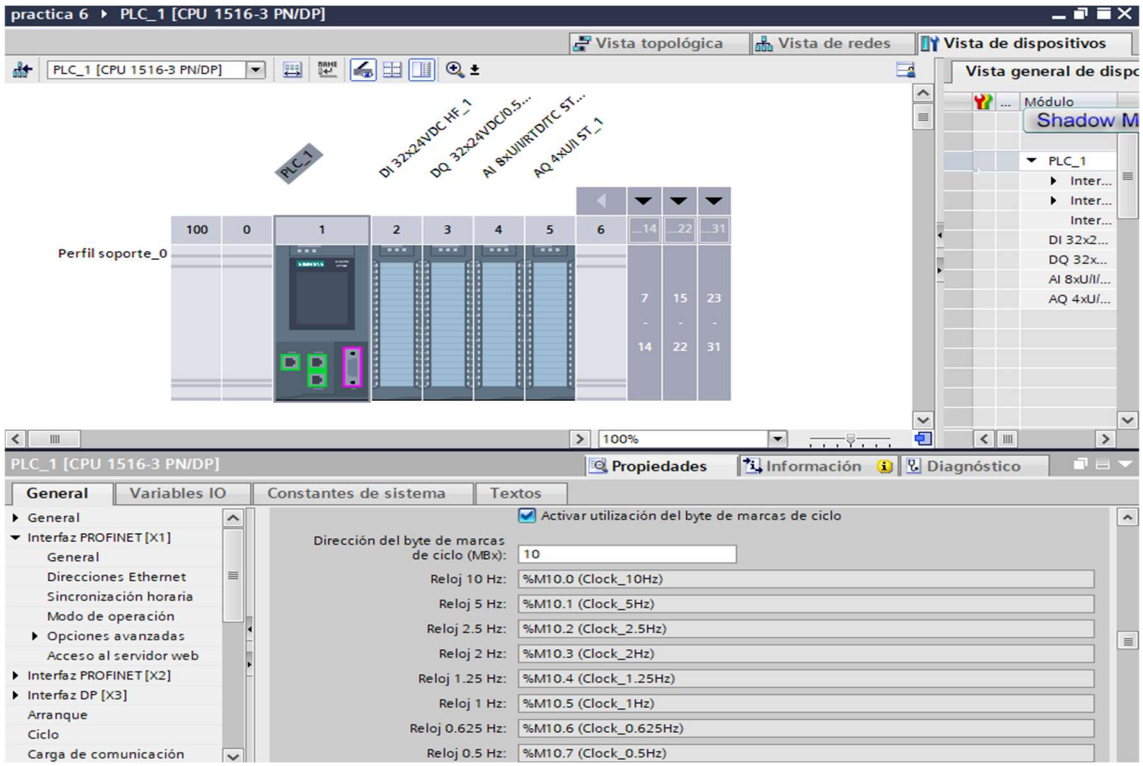


Figura34. Activación de las marcas de ciclo en el PLC S7-1500.

2. Aquí se muestra que se ha añadido un bloque de datos que se encuentra al dirigirnos al árbol de proyecto, luego al PLC s7-1500 que hace la acción Cliente/Maestro, posteriormente a bloques de programa. Damos clic a Agregar nuevo bloque y seleccionamos “BLOQUE DE DATOS”. En este Bloque incluiremos tres variables que son las indispensables en nuestro proceso siendo: ALTURA TK102, LITRO TK102 y

SETPOINT permitiéndonos el manejo global de estas variables pues serán usadas, enviadas y receptadas entre los dos PLCs. El proceso debe hacerse también para el PLC S7-1200 que hace el rol Servidor/Esclavo.

Figura35. Creación de Bloque de programa tipi Bloque de Datos.

3. En las propiedades -Generales-, -Atributos- de este "BLOQUE DE DATOS" activamos la última opción que permite que sea accesible. Y automáticamente se activará para ambos PLCs

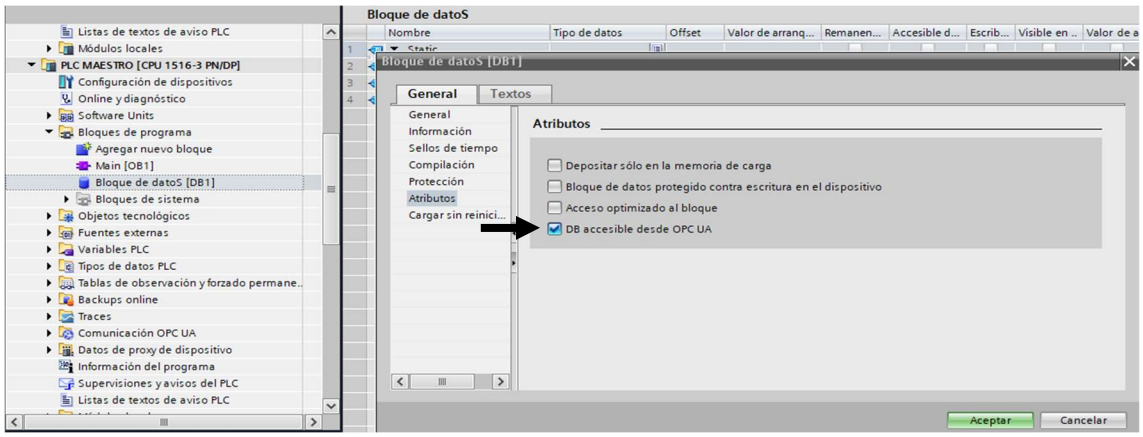


Figura36. Activación de accesibilidad al Bloque de Datos.

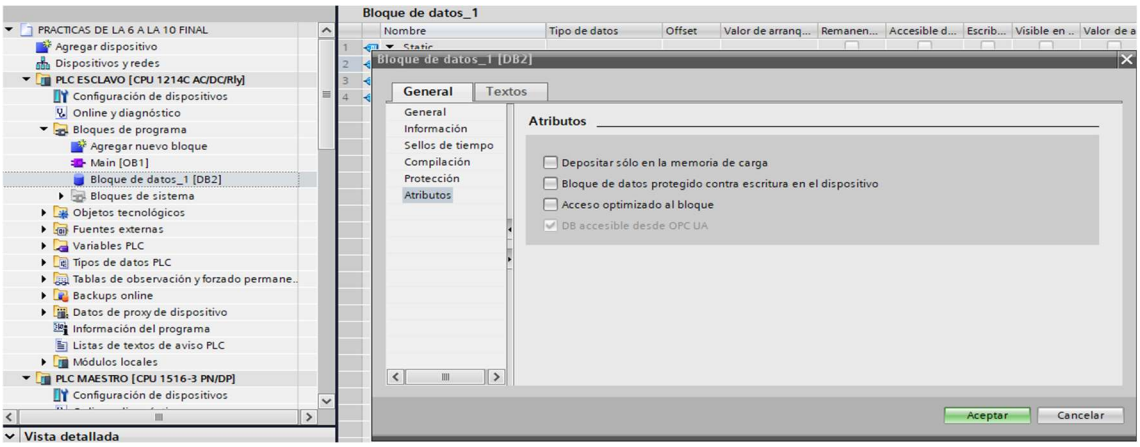


Figura37. Vista de la activación de accesibilidad al Bloque de Datos.

4. En nuestro árbol de proyecto en la sección de dispositivos y redes podremos apreciar la comunicación de nuestros PLCs.

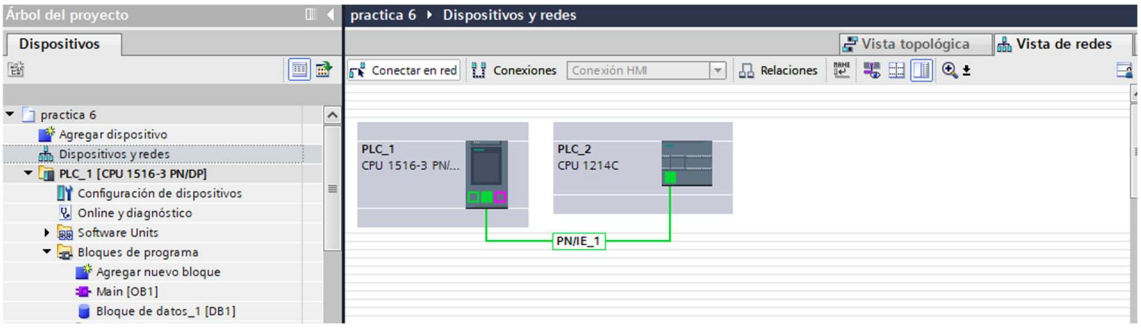


Figura38. Vista de la comunicación entre los PLCs.

5. En este primer segmento de programación en el PLC S7-1500 “ENVÍO DE ENTRADAS DEL PLC S7-1500 PARA CONTROL DE PLANTA”. El objetivo de este segmento es que mediante el bloque PUT nos permita el direccionamiento de nuestros datos almacenado en el PLCS7-1500 que es el que solicita la activación del proceso de nuestra planta (rol cliente) y así enviárselo al PLC S7-1200 que ejerce el papel de servidor y prestador de servicios de los procesos siendo este de donde se envíen los datos del proceso de llenado y todos los parámetros que intervienen en la ejecución del sistema.

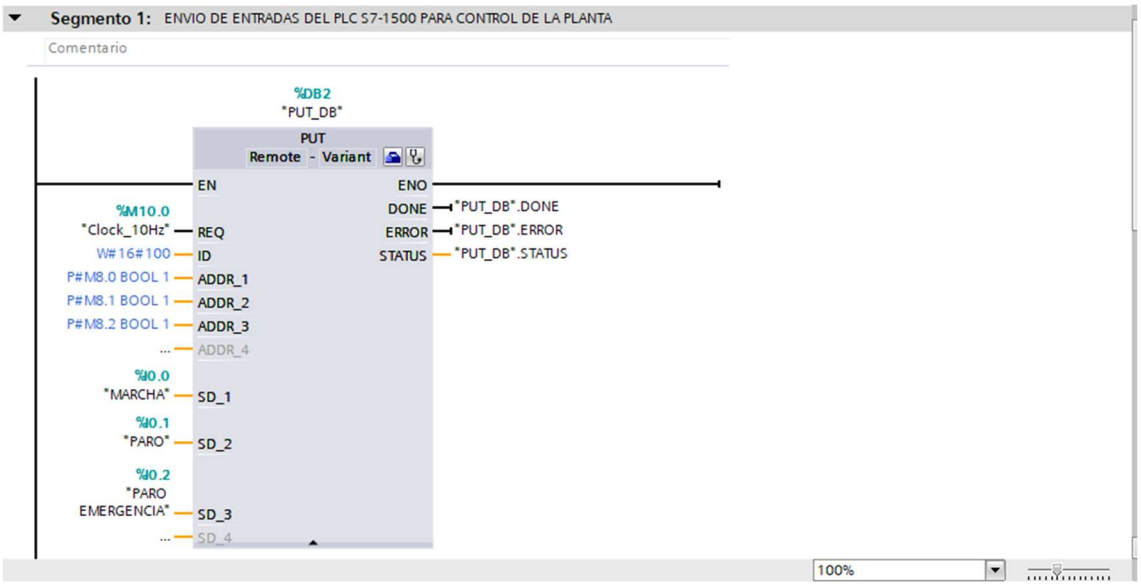


Figura39. Programación del segmento 1 del PLC S7-1500.

6. El segmento a continuación nombrado “DESPLAZAMIENTO Y CONVERSIÓN DE DATOS PARA GUARDAR EN PLC S7-1500”; cumple la acción de realizar el copiado y trasladado a otra dirección y posteriormente la conversión de datos a otro dependiendo la necesidad del usuario.

    1) El desplazamiento de la variable “ALTURA DE TK102” contenida en el bloque de datos a un dato MD28 para luego realizarse la conversión de dato tipo Dword MD28 a Real MD50 “VALOR REAL ALTURA TK102” siendo efectuado con propósitos de trabajar con datos decimales donde el dato tipo Real nos permite abarcar valores comprendidos entre -3.402823e+38 y 3.402823e+38.
    2) El desplazamiento de la variable “LITRO TK102” contenida en el bloque de datos a un dato MD40 para luego realizarse la conversión de dato tipo Dword MD40 a Real MD60 “VALOR REAL LITRO TK102” siendo efectuado con propósitos de trabajar con datos decimales donde el dato tipo Real nos permite abarcar valores comprendidos entre -3.402823e+38 y 3.402823e+38.
    3) El desplazamiento de la variable “SET POINT” contenida en el bloque de datos a un dato MD58 para luego realizarse la conversión de dato tipo de dato tipo Real MD58 “VALOR DEL SETPOINT” a Dword MD70 siendo efectuado con

propósitos de trabajar con enteros de gran capacidad donde el dato tipo Dword nos permite abarcar valores comprendidos entre 0 y 4,294,967,295. Posteriormente desplazado a un bloque de datos.

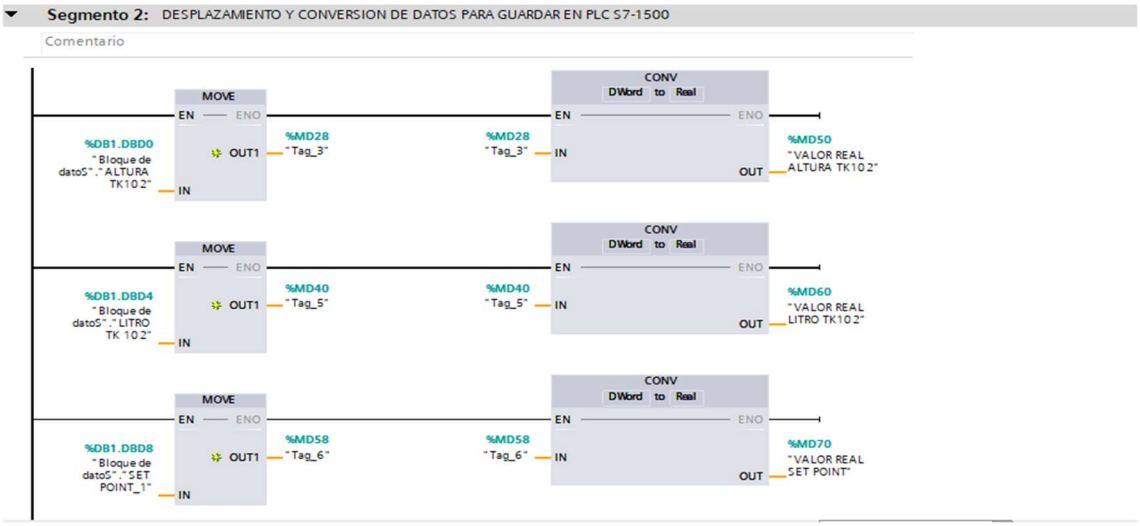


Figura40. Programación del segmento 2 del PLC S7-1500.

Proceso En OPC Server

1. Dar clic en el icono del programa NI OPC Servers, luego de esto nos aparecerá la ventana que se encuentra presente en la imagen siguiente, a continuación, tendremos la interfaz de nuestro programa y procederemos a crear un nuevo proyecto para lo cual nos dirigiremos

al icono con apariencia de hoja y le daremos clic para comenzar a crear el proyecto de comunicación entre los softwares TIA Portal y Labview.

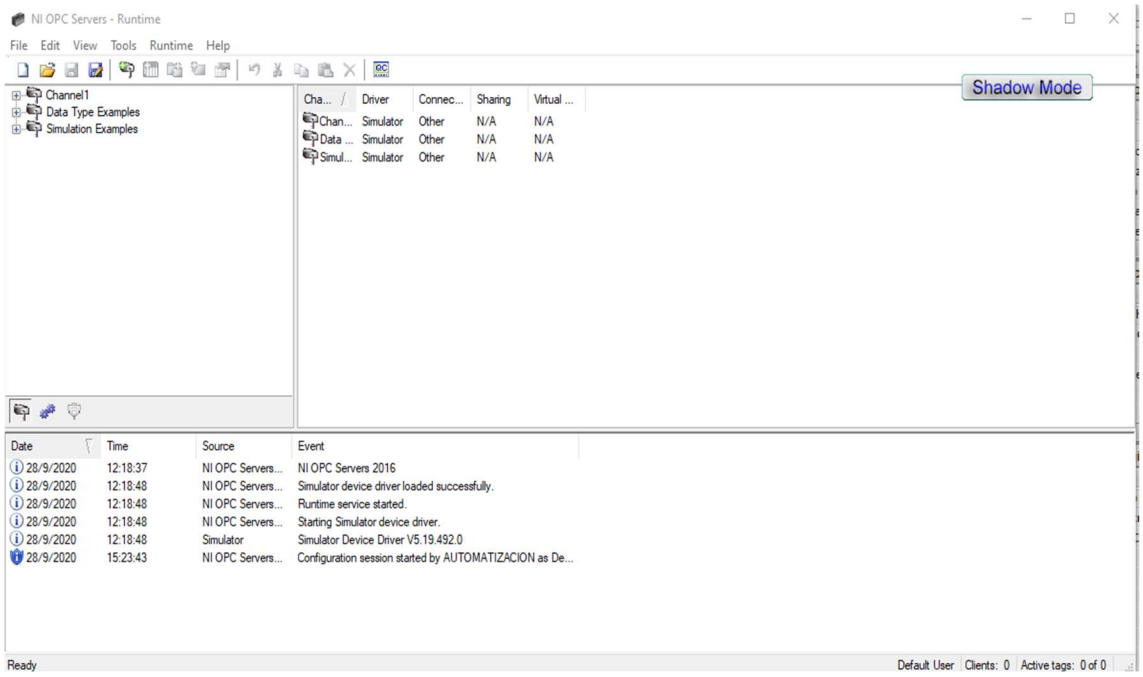


Figura41. Creación de proyecto de comunicación en OPC Server.

2. Procedemos a dar clic en el icono que dice click to add a channel y a continuación nos va a aparecer la ventana que aparece a continuación, en esta ventana vamos a agregar el nombre con el que queremos guardar nuestro proyecto de comunicación entre los dos softwares, lo recomendable es utilizar un nombre que sea fácil de identificar.

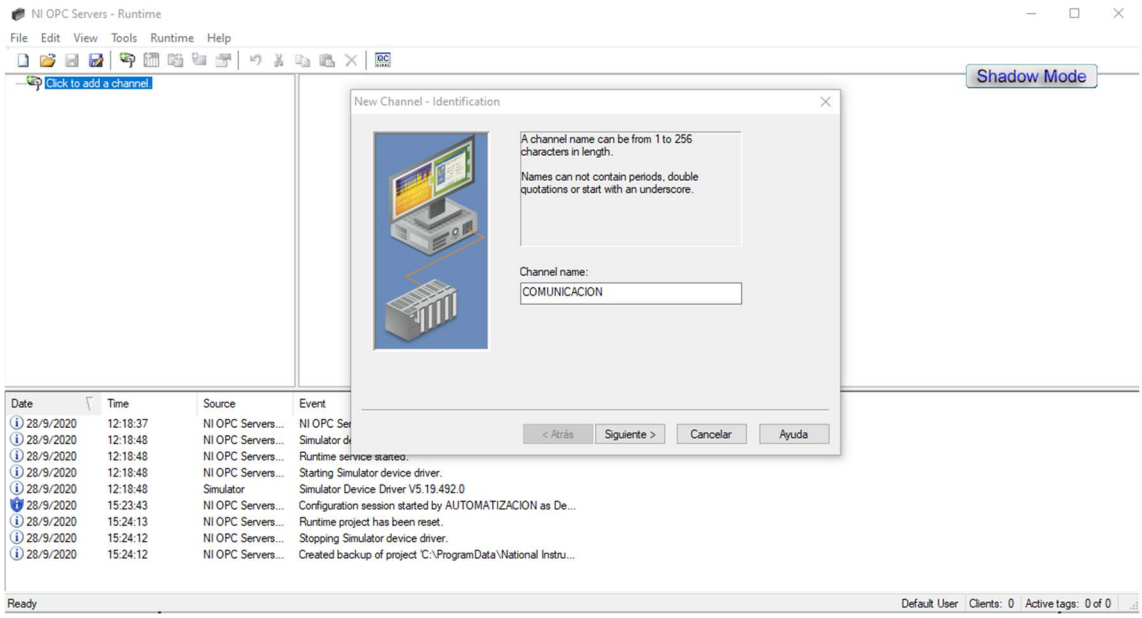


Figura42. Configuración de proyecto de comunicación en OPC Server.

3. En la siguiente imagen seguimos con la configuración del OPC Servers para lo cual debemos tener en cuenta el tipo de dispositivo que tenemos conectado y el medio. Colocamos Siemens TCP/IP Ethernet, debe mencionarse que hay imágenes de configuración del OPC Servers que se han omitido a propósito, dichas imágenes deben dejarlas con sus valores predeterminados y solo dar siguiente hasta visualizar la imagen que se muestre en la guía.

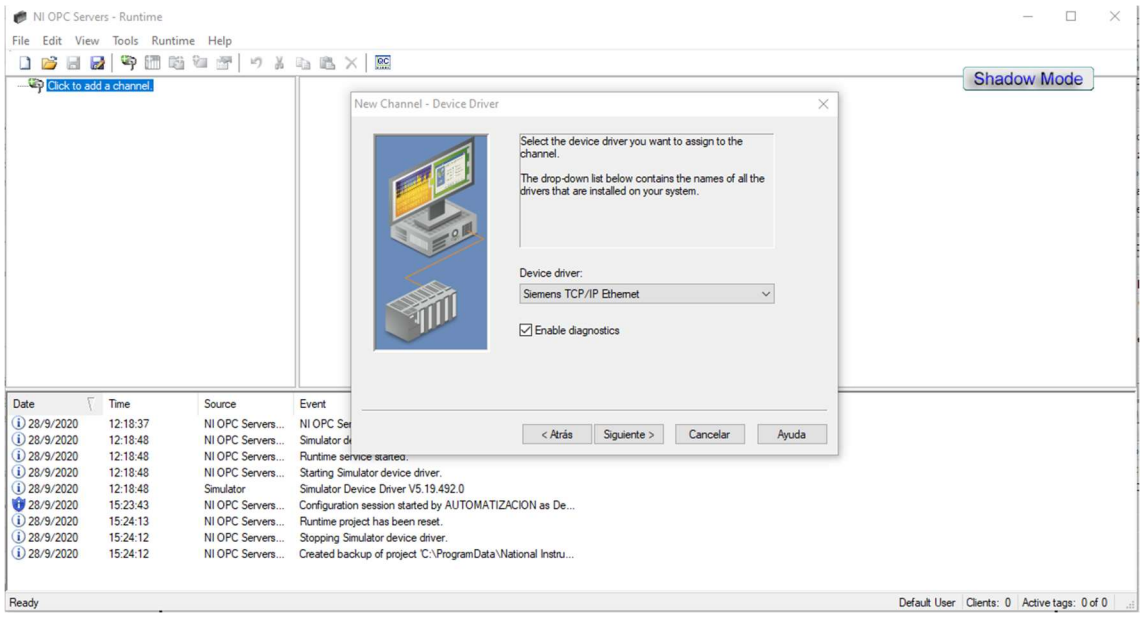


Figura43. Configuración de proyecto de comunicación en OPC Server.

4. Como se muestra la imagen, dejamos la dirección de Ethernet de nuestro ordenador anteriormente configurado como se muestra en la guía, además de eso nos aseguramos de que todos los equipos se encuentren en la misma subred.

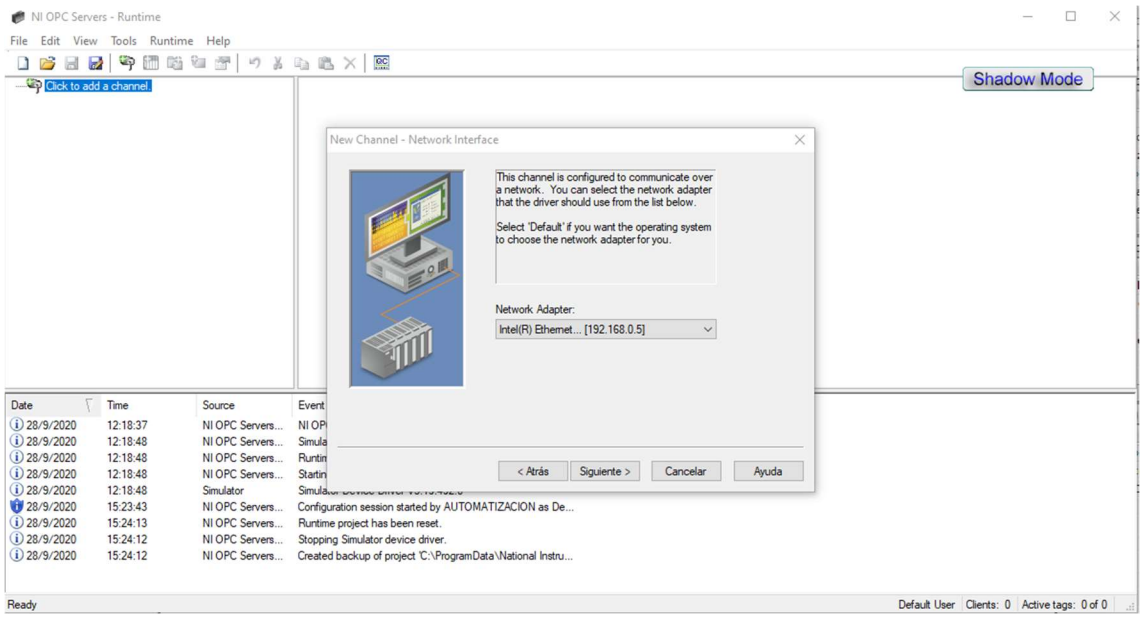


Figura44. Configuración de proyecto de comunicación en OPC Server.

5. A continuación, dejamos el valor de perform en 10 como se muestra en la imagen y proseguimos con la configuración, de nuevo menciono que hay imágenes de configuración del OPC Servers que se han omitido a propósito, dichas imágenes deben dejarlas con sus valores predeterminados y solo dar siguiente hasta visualizar la imagen que se muestre en la guía.

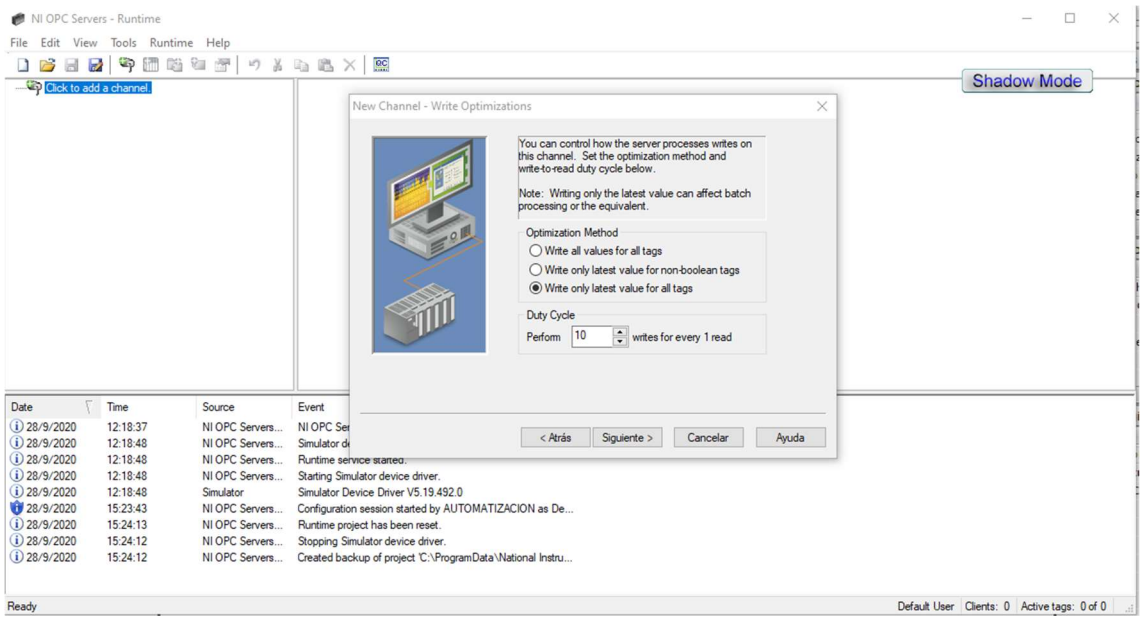


Figura45. Configuración de proyecto de comunicación en OPC Server.

6. En la siguiente imagen no realizamos ningún cambio, solo lo dejamos predeterminado como se muestra en la imagen adjunta. Se le recuerda al estudiante que hay imágenes de configuración del OPC Servers que se han omitido a propósito, dichas imágenes deben dejarlas con sus valores predeterminados y solo dar siguiente hasta visualizar la imagen que se muestre en la guía.

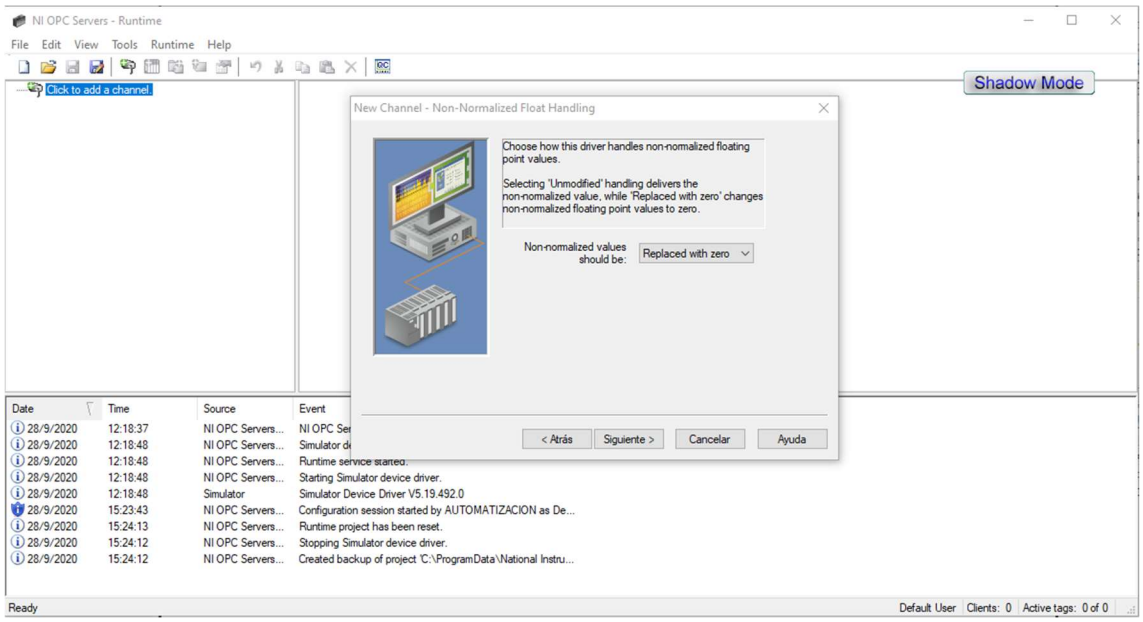


Figura46. Configuración de proyecto de comunicación en OPC Server.

7. Para concluir con la primera parte de la configuración del OPC Servers verificamos que los valores que se muestran en la imagen a continuación sean los que anteriormente configuramos para realizar el proyecto y damos a finalizar.

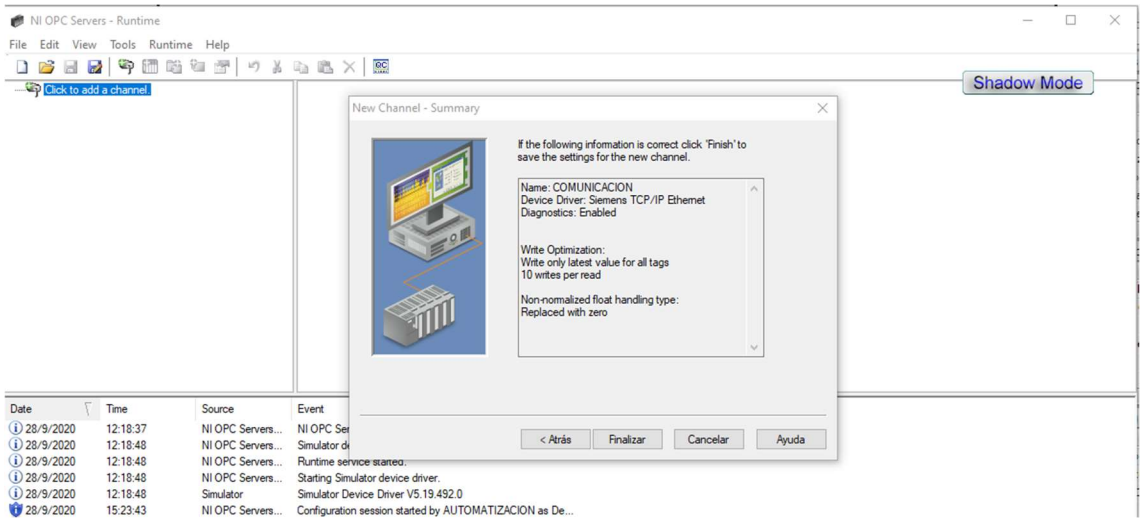


Figura47. Configuración de proyecto de comunicación en OPC Server.

8. A continuación, ya tendremos un proyecto creado y lo que toca es agregar el dispositivo al cual vamos a leer y escribir las entradas y salidas por medio de nuestro OPC Servers, primero daremos clic en el icono que dice click to add a device y seleccionaremos el modelo del PLC esclavo (S7-1200) y proseguimos dando siguiente donde aparecerá una nueva ventana a configurar. Se le recuerda al estudiante que hay imágenes de configuración del OPC Servers que se han omitido a propósito, dichas imágenes deben dejarlas con sus valores predeterminados y solo dar siguiente hasta visualizar la imagen que se muestre en la guía.

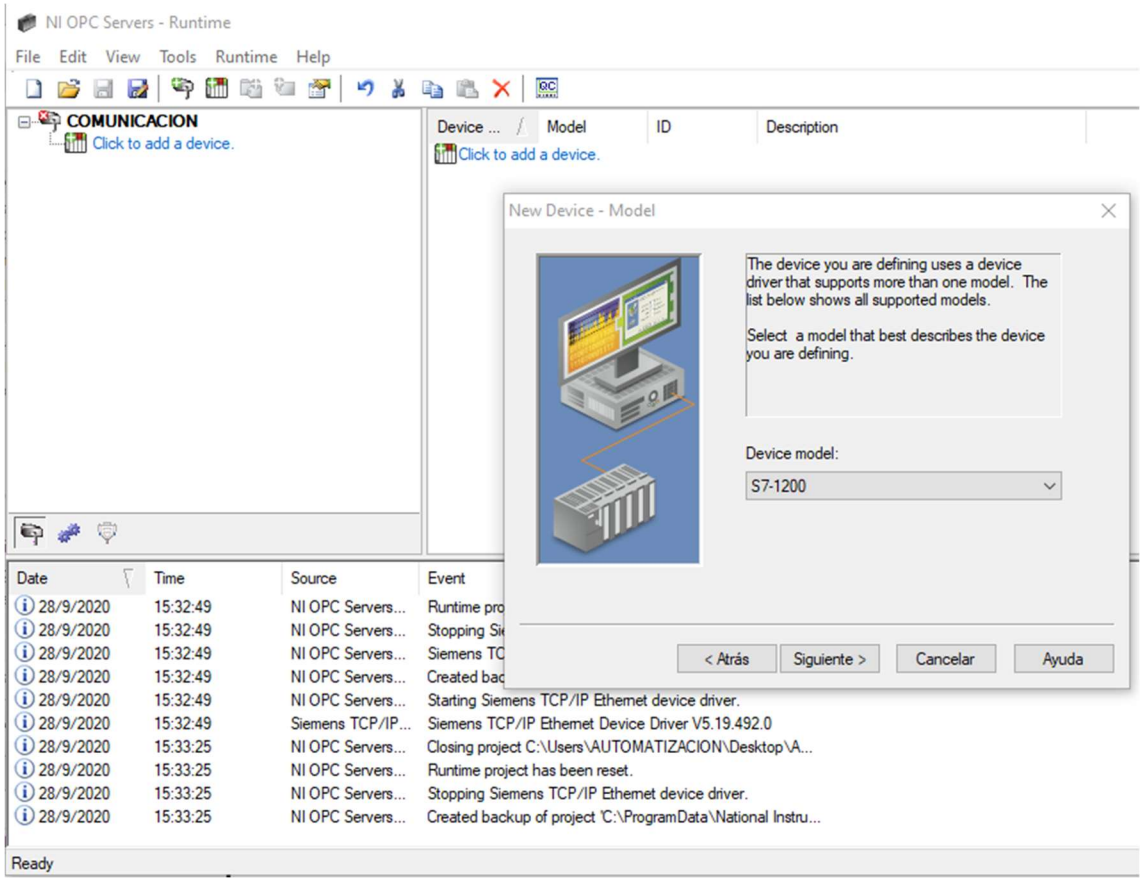


Figura48. Configuración de proyecto de comunicación en OPC Server.

9. A continuación, vamos a colocar la dirección de nuestro dispositivo PLC que en este caso tiene la dirección 192.168.0.3 debemos revisar que esta sea la dirección en el proyecto en TIA Portal y proseguimos dando a siguiente.

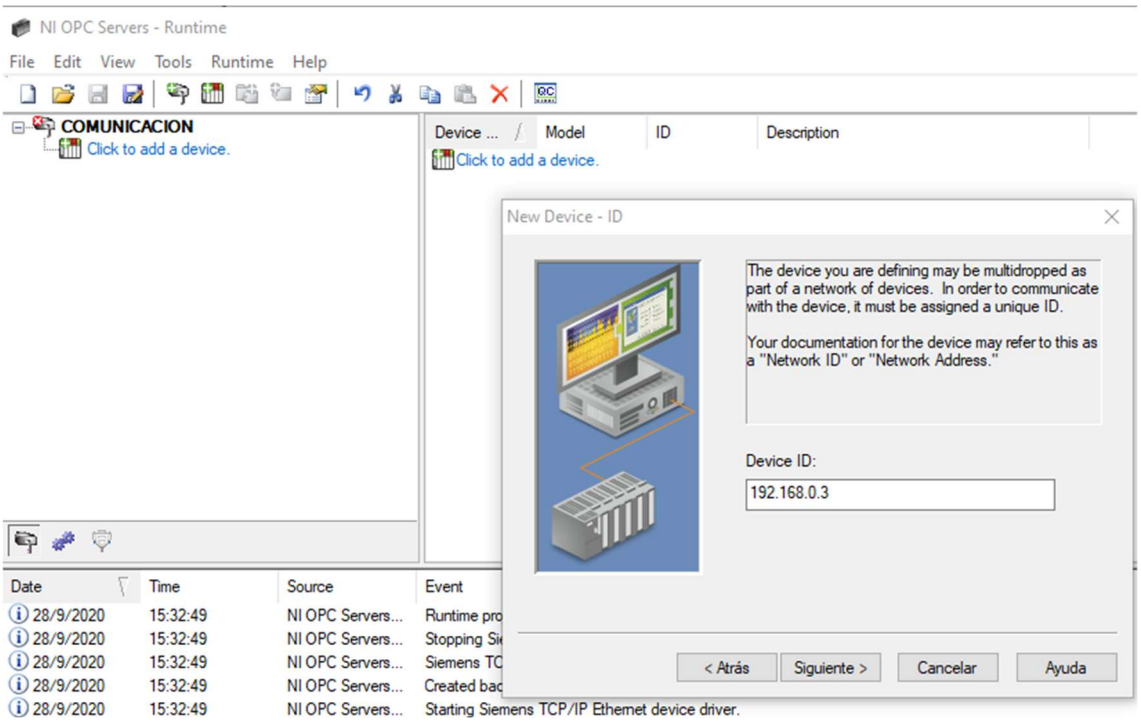


Figura49. Configuración de proyecto de comunicación en OPC Server.

10. A continuación, nos va a aparecer una ventana donde dejaremos colocado el número de puerto predeterminado el cual seria 102 y damos siguientes, de nuevo hay que mencionar que hay imágenes de configuración del OPC Servers que se han omitido a propósito, dichas imágenes deben dejarlas con sus valores predeterminados y solo dar siguiente hasta visualizar la imagen que se muestre en la guía.

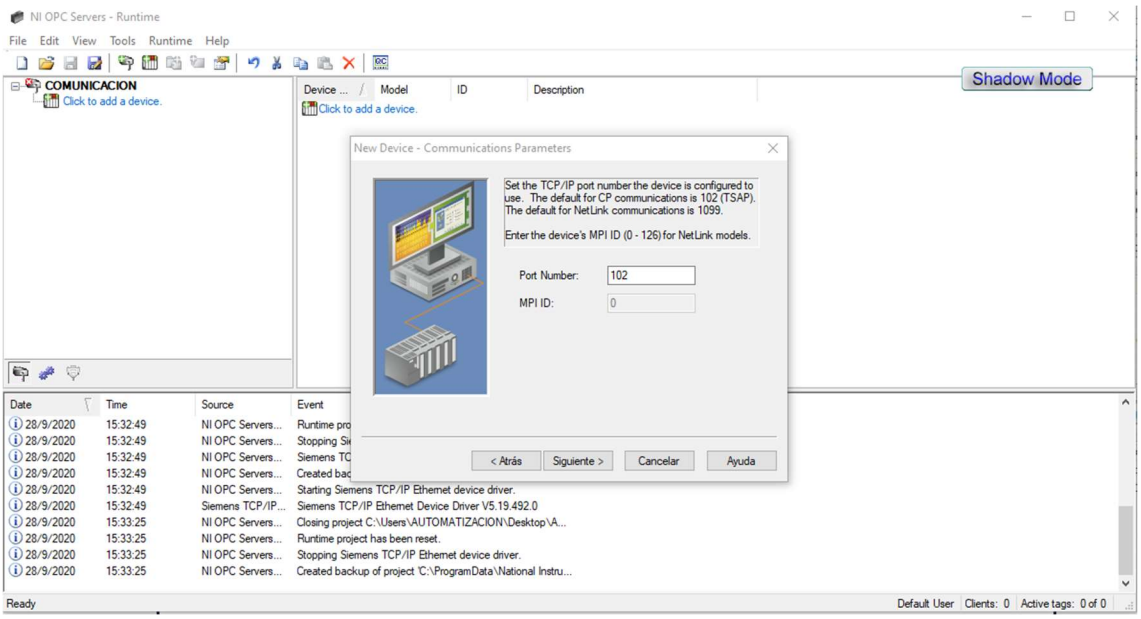


Figura50. Configuración de proyecto de comunicación en OPC Server.

11. Seguimos configurando la siguiente ventana en la cual veremos valores que hemos dejado colocados en las anteriores ventanas. Proseguimos dando siguiente y seguimos con la configuración.

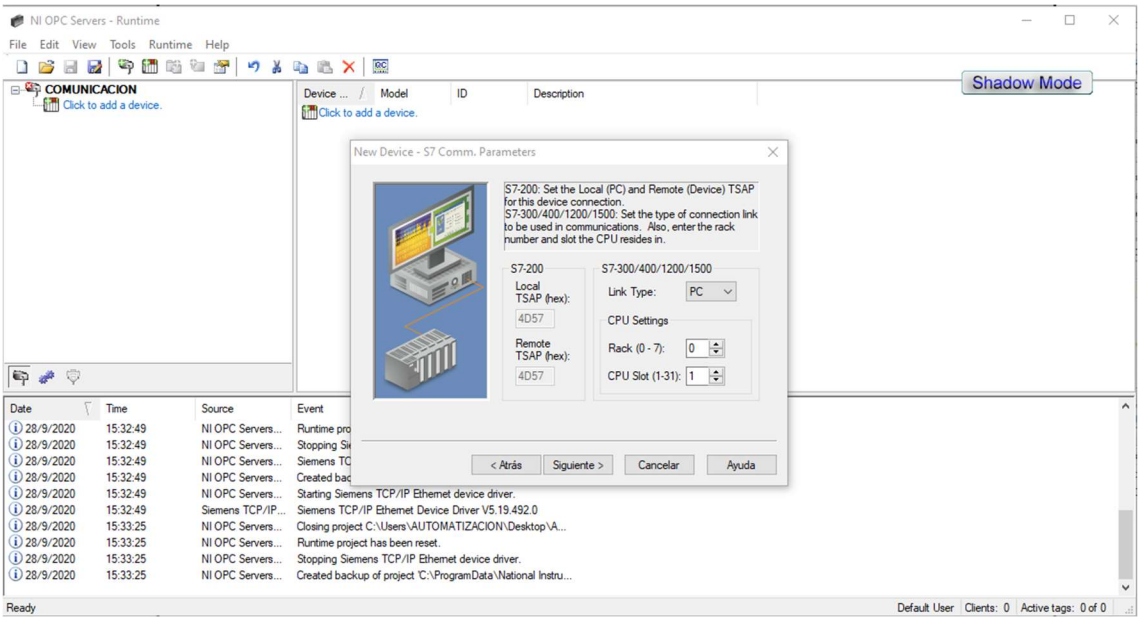


Figura51. Configuración de proyecto de comunicación en OPC Server.

12. En la siguiente imagen se puede visualizar todos los parámetros que se configuraron para poder agregar el dispositivo, este es el paso final para configurar el PLC al cual nos vamos a comunicar. Proseguimos dándole finalizar.

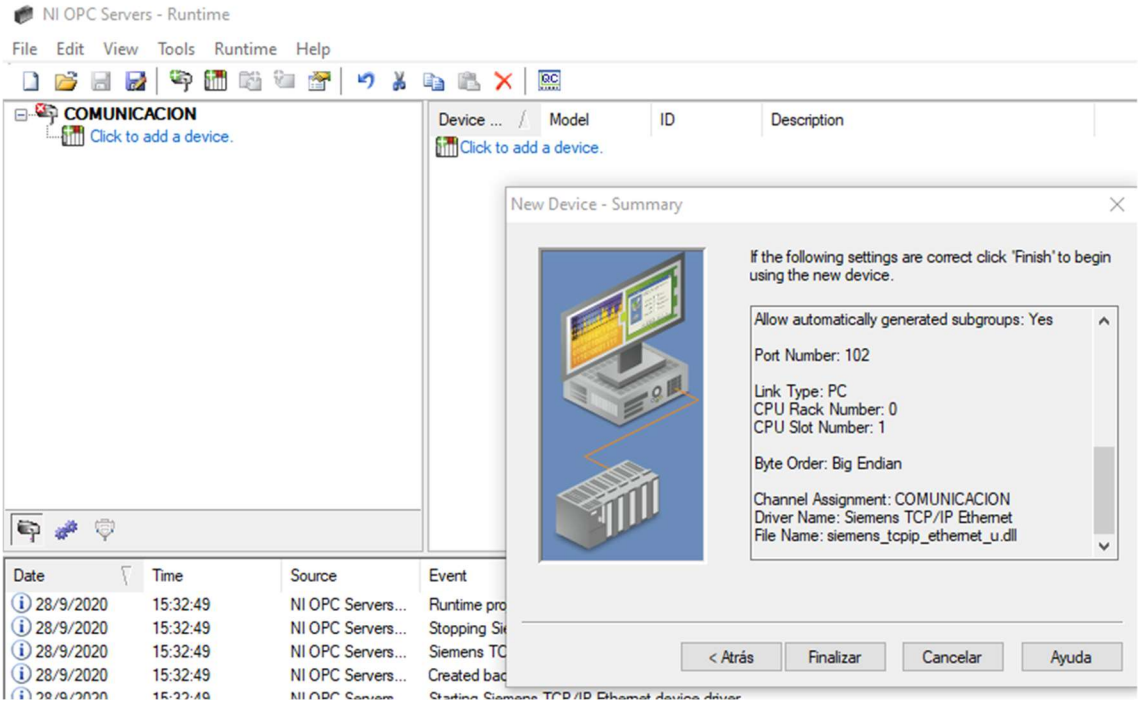


Figura52. Configuración de proyecto de comunicación en OPC Server.

13. A continuación, vamos a agregar las variables/marcas que utilizaremos para la comunicación, para lo cual nos vamos a click to add a static tag, agregaremos una marca la cual le pondremos el nombre de la variable con la que se comunicara en este caso le pondremos marcha, y le daremos la dirección del PLC a la cual comunicaremos la marca.

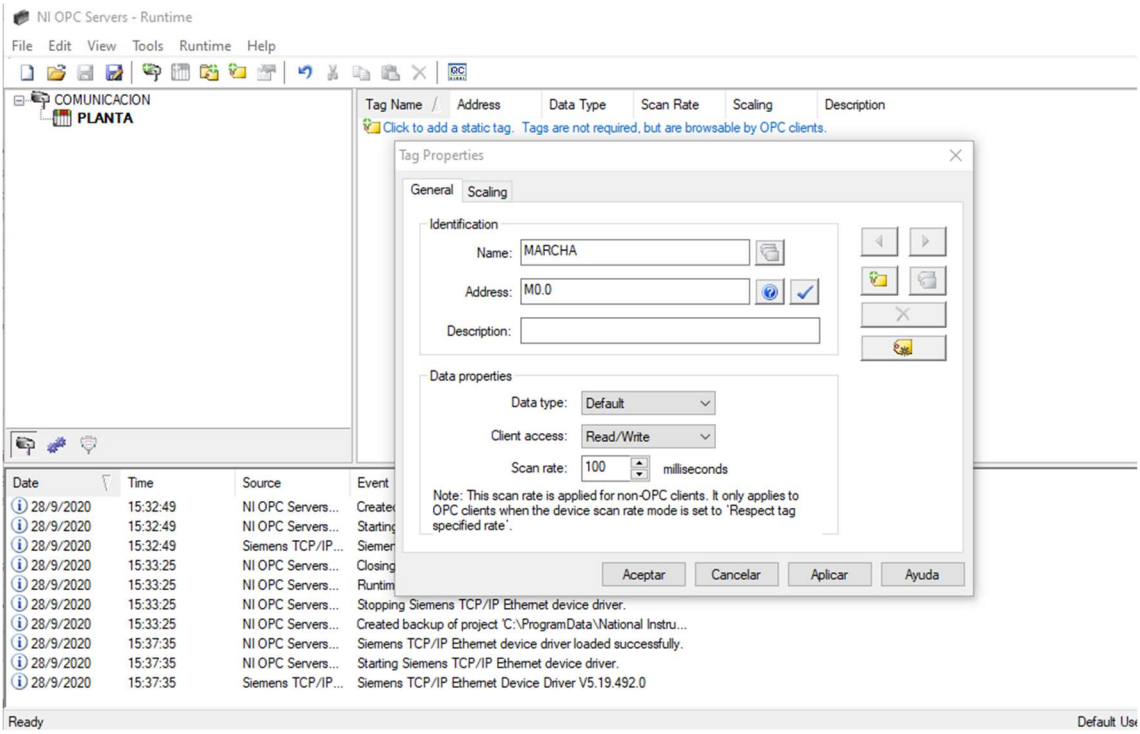


Figura53. Agregar las variables requeridas para el proyecto de comunicación en OPC Server.

14. Hacemos este paso para todas las variables, pero en el caso de las variables analógicas vamos a tener que configurar el tipo de dato que se va a leer para lo cual vamos a tener que cambiar la data type en float, esto solo va a aplicarse para las variables analógicas por lo que entradas salidas digitales seguirán igual como boolean.

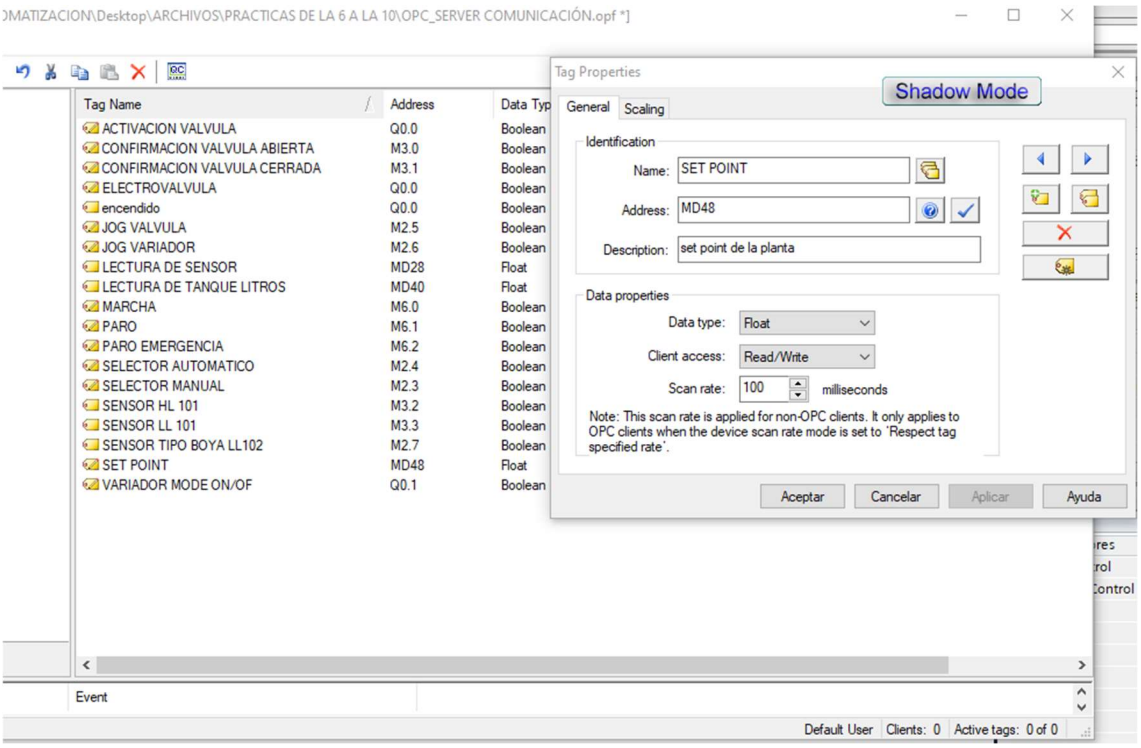


Figura54. Configuración de tipo de variables que intervendrá en el proyecto de comunicación en OPC Server.

15. Para las variables analógicas vamos a tener que ir también a la ventana de Scaling y vamos a colocar los mismos valores que están agregados en la imagen a continuación y con eso guardamos el proyecto y damos a reinicializar. Así concluimos con la programación en NI OPC Servers.

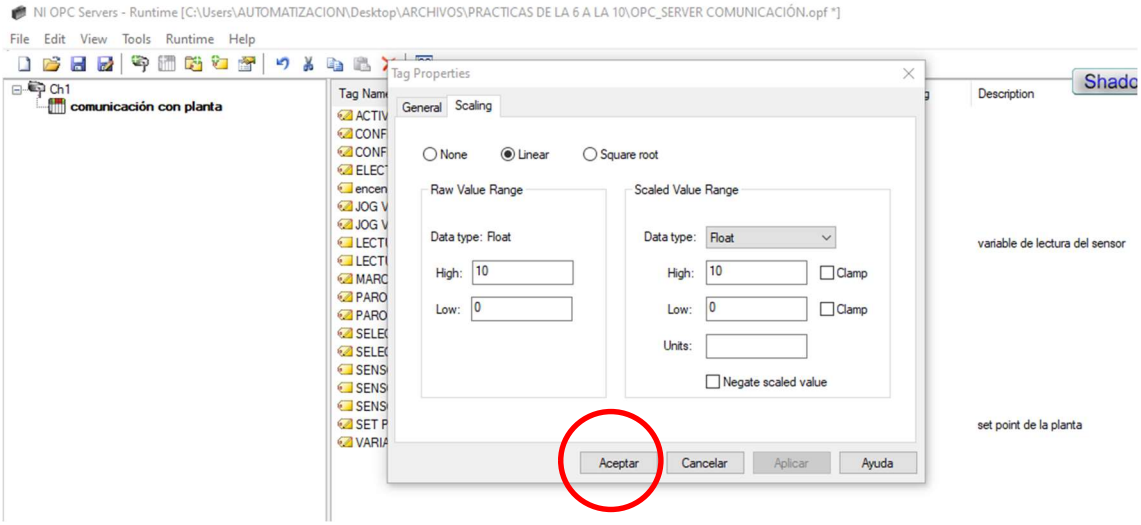


Figura55. Configuración de las variables del proyecto de comunicación en OPC Server.

Proceso En Labview

1. Dar Clic sobre el ícono del software NI Labview 2018 o superior y asegurándose de qué versión es su PC o laptop (32-64bytes). Una vez aparezca el logo de Labview escogemos la opción Labview.

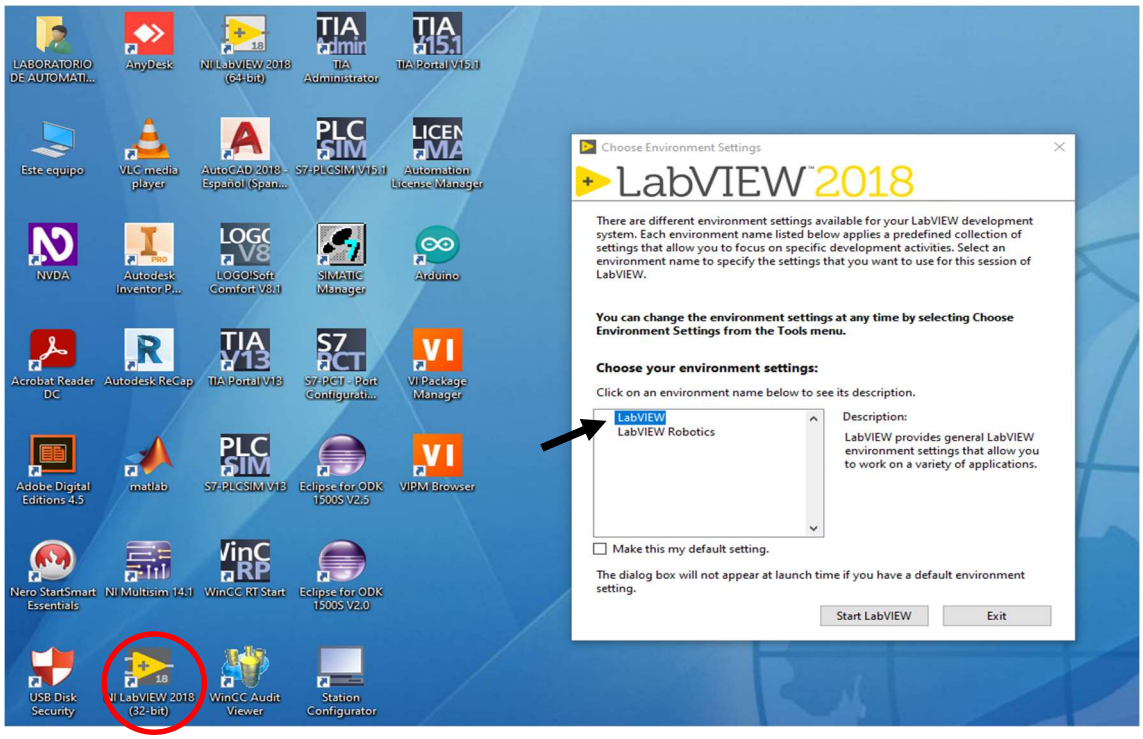


Figura56. Pantalla de inicio y visualización del software Labview.

2. Se nos presentará otra pantalla donde daremos clic en Create Project y luego seleccionaremos Blank Proyect.

Figura57. Creación de Proyecto en Labview.

3. Nos llevará a otra ventana donde daremos clic sobre Nuestro Proyecto en este caso como no le hemos asignado nombre por defecto será Project: Untitled Project 1 -My Computer- New-I/O Server.

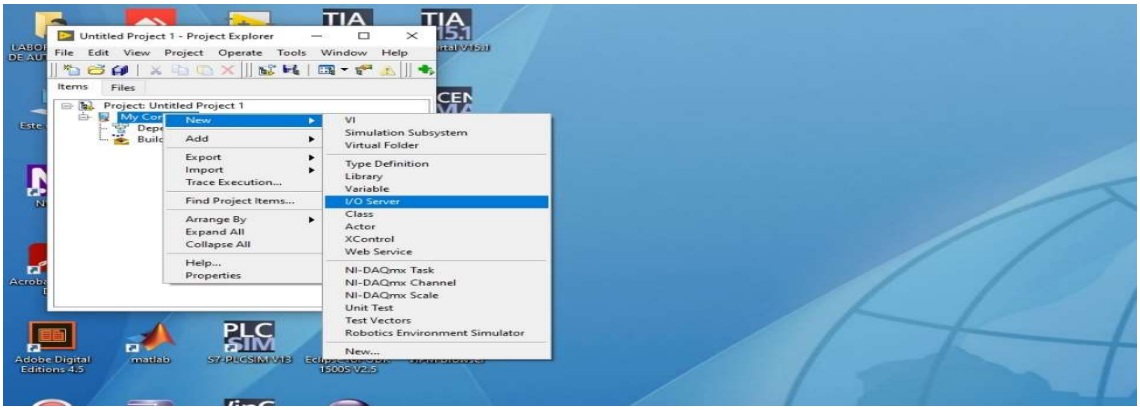


Figura58. Configuración de Proyecto en Labview.

4. Se nos desplegará otra ventana y seleccionamos la opción OPC Cliente.

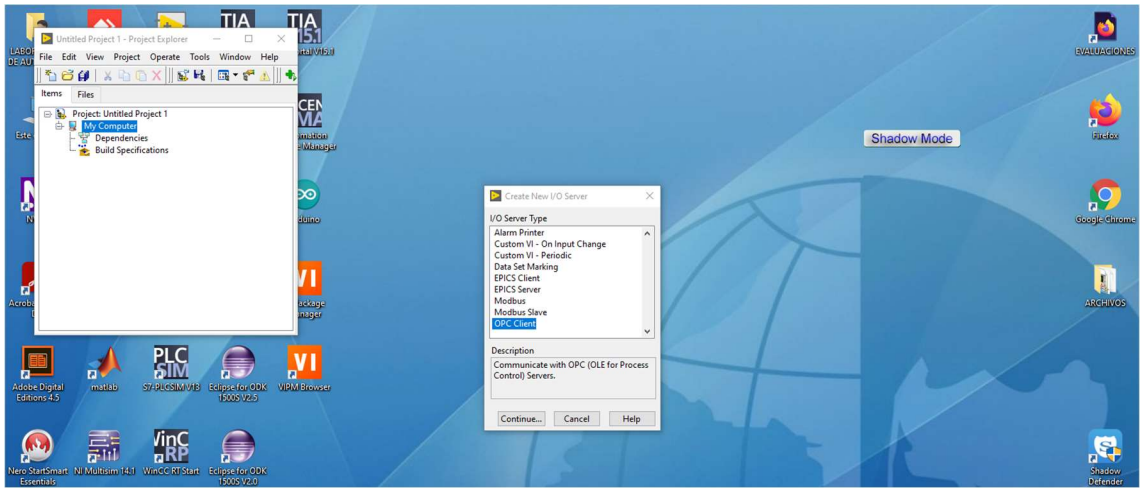


Figura59. Configuración de Proyecto en Labview.

5. Nos direccionará a una ventana donde debemos dar clic Settings-National Instruments. NIOPCServer.V5 con los parámetros como se muestran y luego clic en OK.

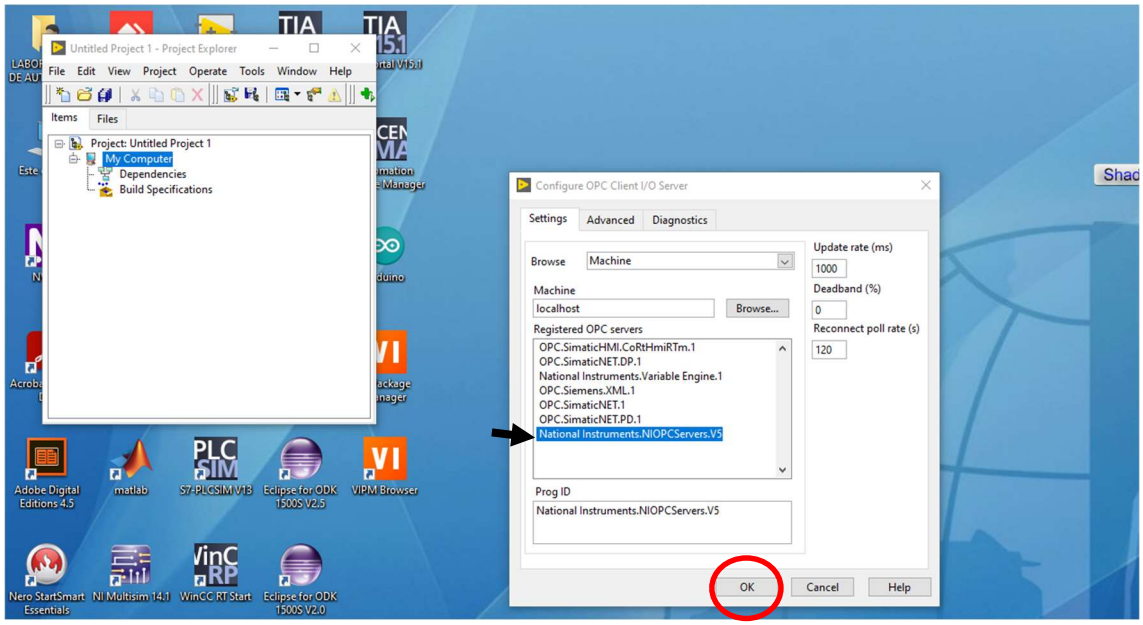


Figura60. Configuración de enlace de Proyecto en Labview con OPC Server.

6. Luego de la activación del opc server, volvemos a la venta de nuestro proyecto y damos clic en My Computer-New-Variable. Esto nos permite agregar todas las variables que previamente fueron establecidas en la herramienta OPC Server.

Figura61. Configuración de enlace de Proyecto en Labview con el Proyecto previamente creado y configurado en OPC Server.

7. Procedemos a añadir las variables de la lista de datos registrados en OPC Server que se nos despliega. Siendo la venta que se presenta a continuación para que, una vez seleccionada la variable a utilizar, colocarle los atributos pertinentes y en la opción Browser poder hacer el emparejamiento mediante búsqueda de la ubicación donde esta guardada la variable requerida.

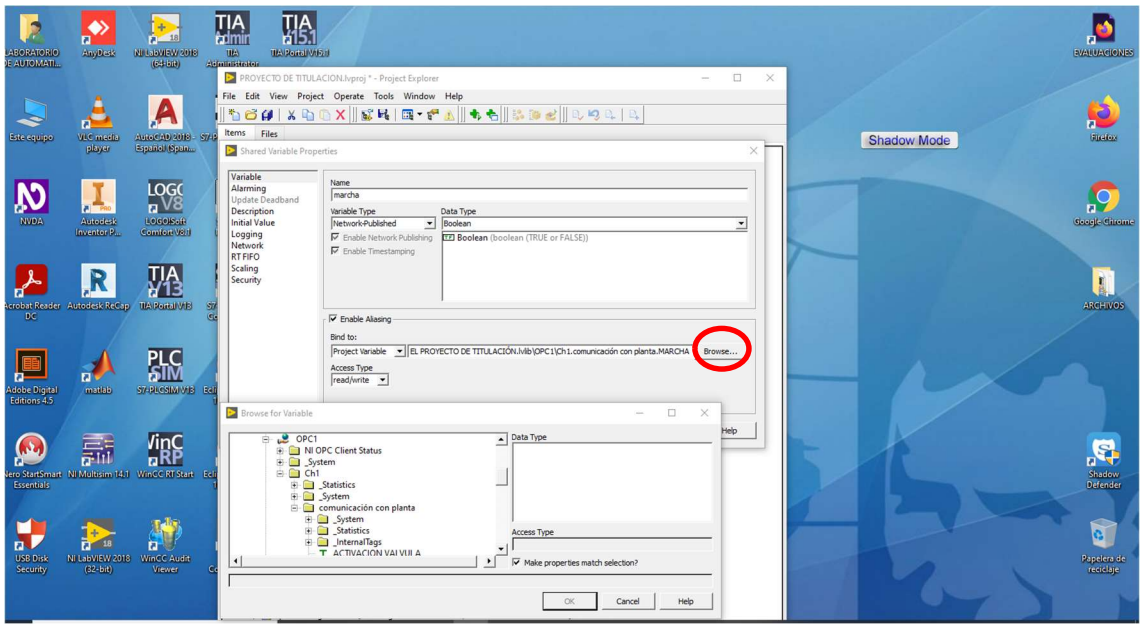


Figura62. Configuración de enlace de Proyecto en Labview con el Proyecto previamente creado y configurado en OPC Server.

8. Luego de asignar la ubicación y los atributos correspondientes damos clic en OK.

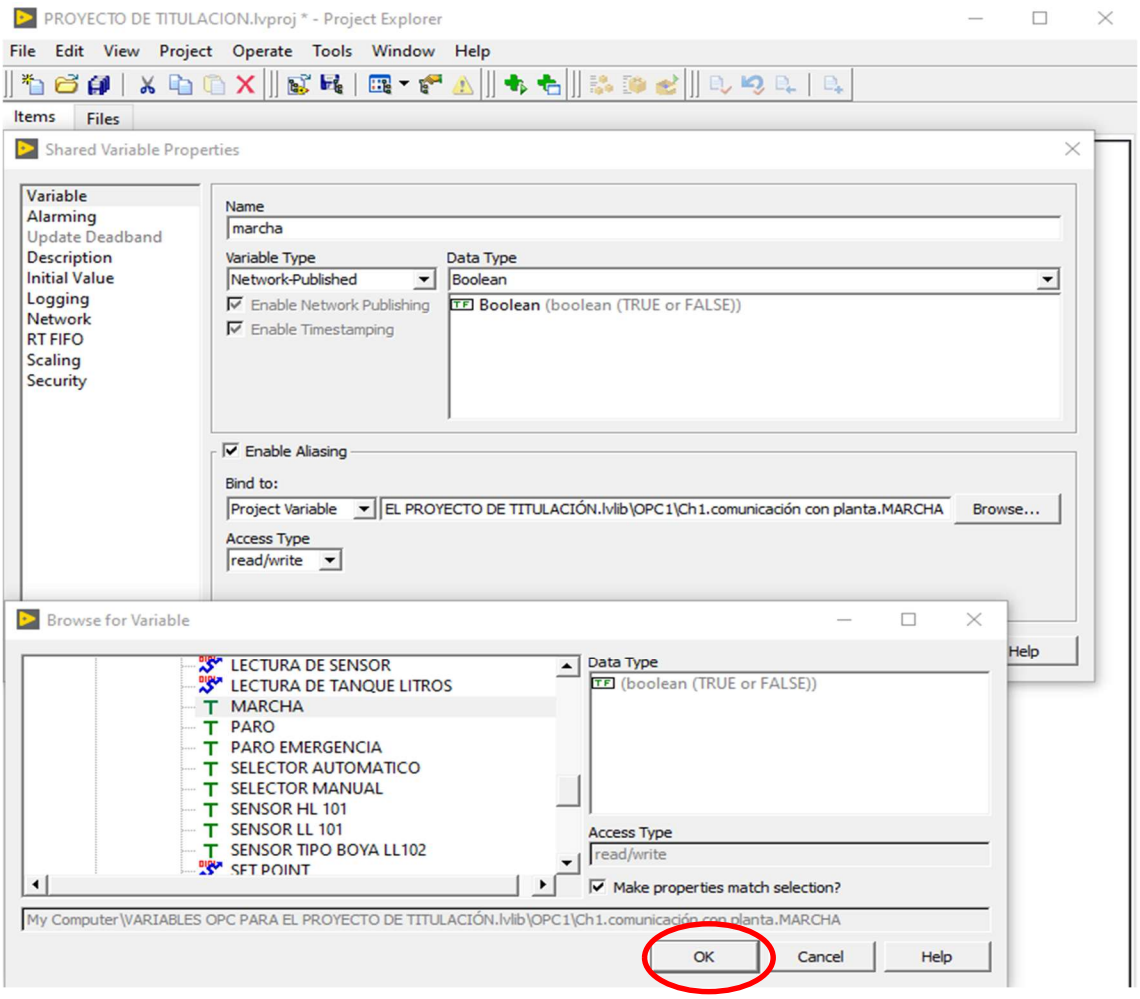


Figura63. Configuración de enlace de Proyecto en Labview con el Proyecto previamente creado y configurado en OPC Server.

9. Al concluir el llamado de las variables de OPC a nuestro programa en Labview se presentará en nuestro proyecto todas las variables que se emplearan en nuestro programa. Posteriormente de esa lista en nuestro proyecto arrastramos las variables hasta la venta Front Panel y se reemplazarán por sus respectivas contrapartes en Labview.

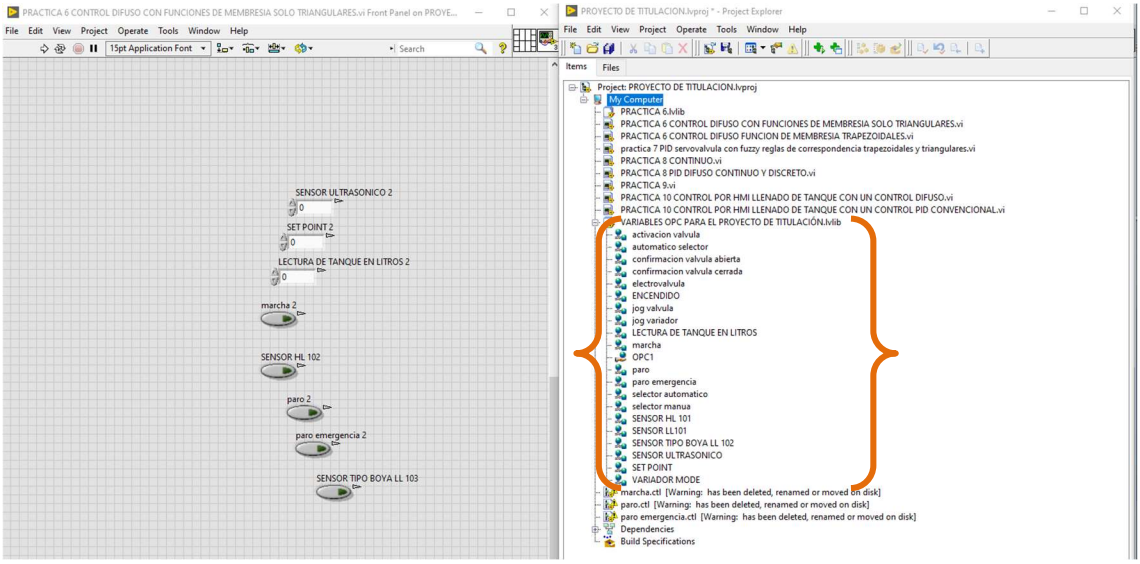


Figura64. Inicio de la Programación en el software Labview.

10. Todo lo que se encuentre en nuestra ventana Front Panel posee su correspondiente representación en la venta Bloc Diagram, donde se realizan las programaciones en este software. En esta sección vamos a necesitar la herramienta WRITE MEAS FILE que tiene como función escribir un documento en varias extensiones a partir del guardado de datos

que capturemos en la ejecución de nuestro proyecto. La podemos encontrar al dar clic derecho sobre la ventana Block Diagram.

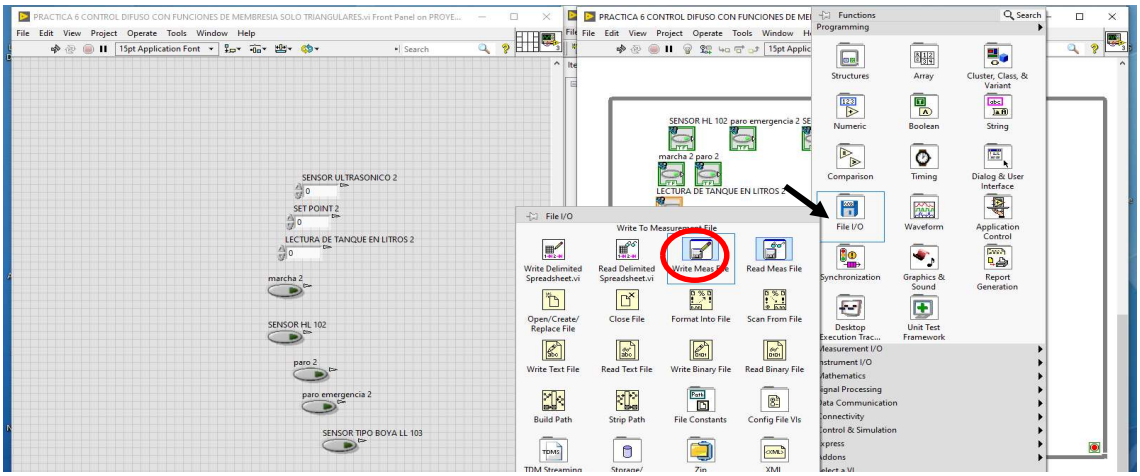


Figura65. Programación en el software Labview.

11. Damos nuevamente clic derecho sobre la ventana Block Diagram y nos dirigimos a Express-Signal Manipulation-Merge Signals y esta última la arrastramos hacia nuestra ventana.

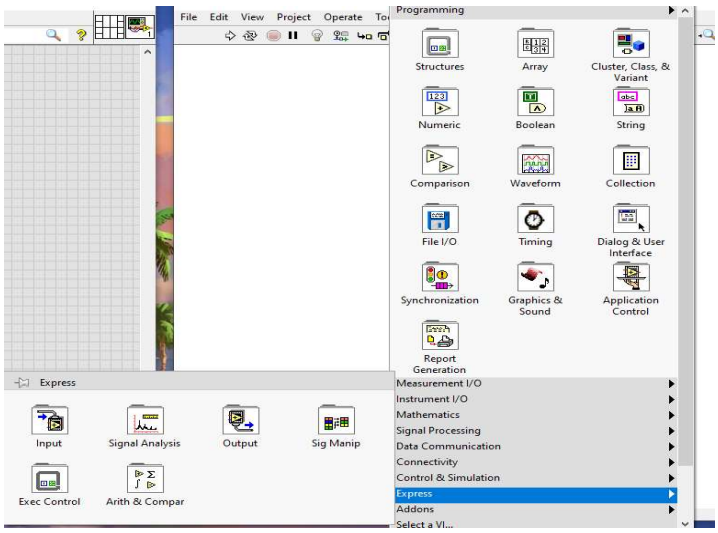


Figura66. Programación en el software Labview.

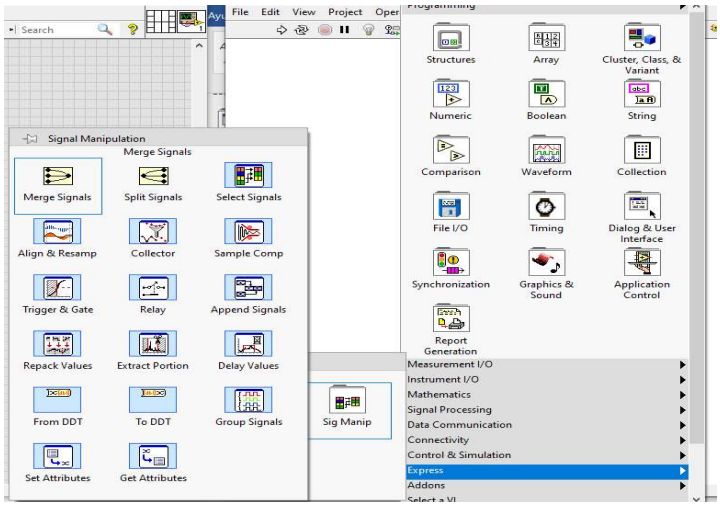


Figura67. Programación en el software Labview.

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

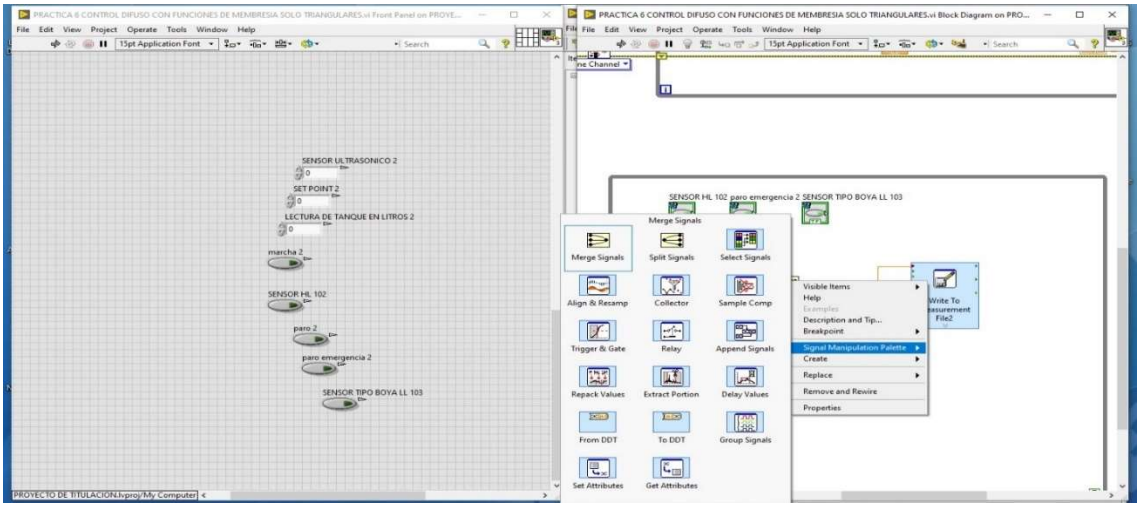


Figura68. Programación en el software Labview.

12. Podemos observar el uso de la herramienta, la misma que tiene como utilidad tomar varias señales y almacenarlas en un solo documento o grafica para facilitarnos las comparaciones de lecturas de todos los valores de variables que intervienen. En este caso entran las señales de SET POINT (valor solicitado por el usuario) y EL SENSOR ULTRASÓNICO (la lectura de la medida en tiempo real de nuestro sensor) y se guardan en el bloque anteriormente mencionado en el paso 10 de la sección de ***Programación en Labview 2018 o Superior.*** Continuamos dando doble clic sobre este bloque y configuramos el tipo de documento que deseamos que sean guardados nuestros datos y los siguientes parámetros.

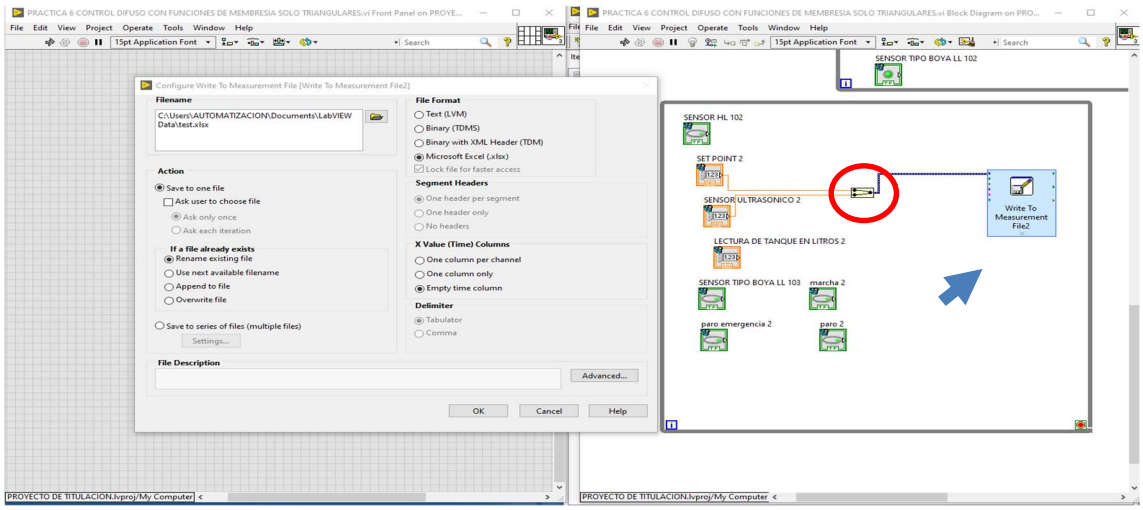


Figura69. Configuración del Bloque de escritura y almacenamiento “Write To Measurement File”.

13. El control de nuestro sistema es Difuso por lo que para obtener la herramienta procedemos a dar clic derecho sobre la ventana, nos dirigimos a Control & Simulation-Fuzzy Logic-FL Fuzzy Contoller.vi.

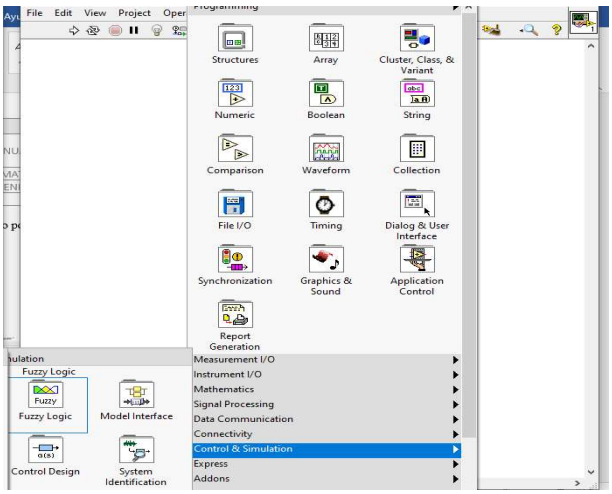


Figura70. Programación en el software Labview.

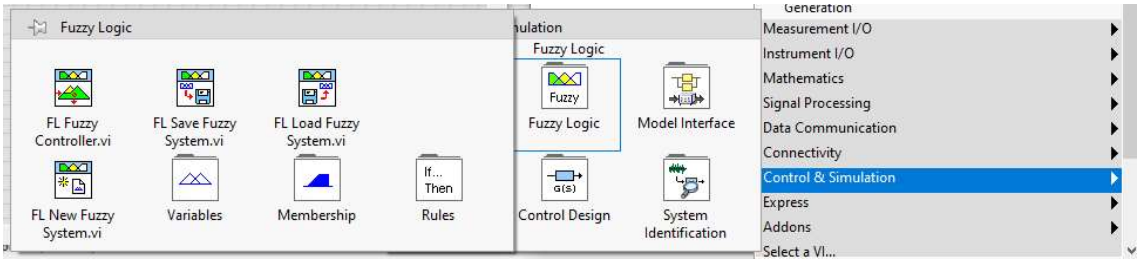


Figura71. Programación del control Difuso en el software Labview.

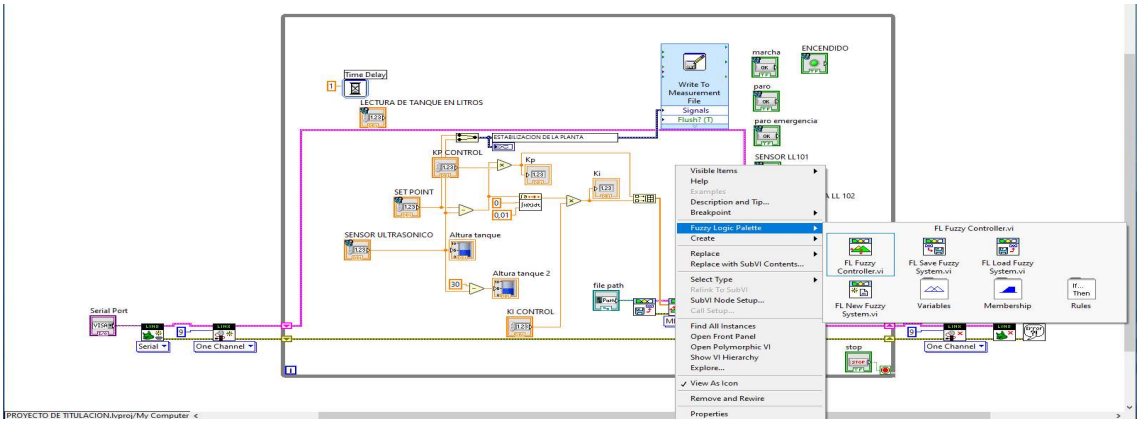


Figura72. Programación del control Difuso en el software Labview.

14. Podemos apreciar los bloques de Linx que nos permite acceder a los puertos de Arduino que controlan nuestro servo-válvula para su apertura y cerrado para control de flujo de agua.

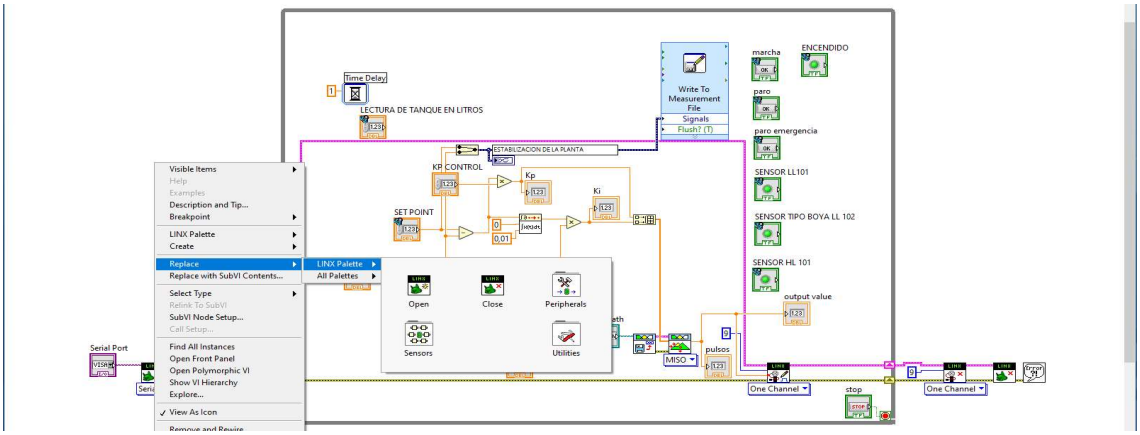


Figura73. Programación de la interface entre el software Labview y Arduino por medio de Linx.

15. Se puede apreciar la programación necesaria para la práctica #6. Debemos seguir el mismo esquema para que el programa nos dé los resultados esperados.

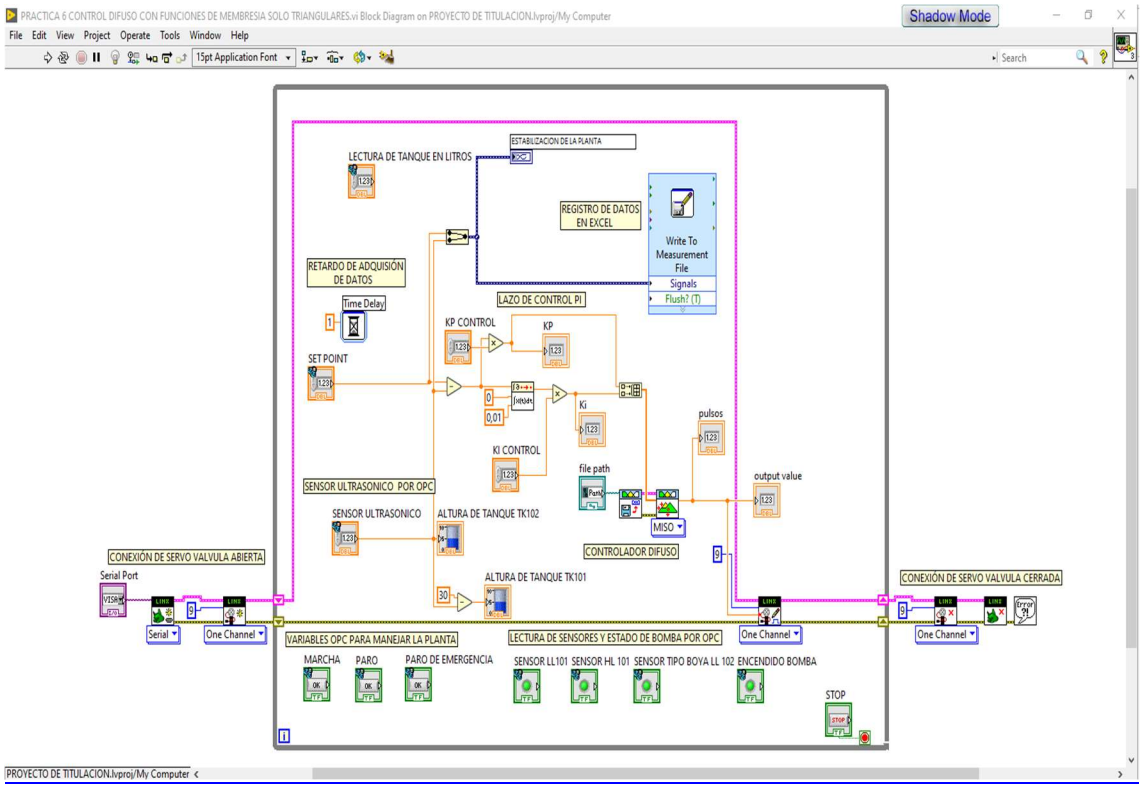


Figura74. Programación para el funcionamiento de la práctica respectiva.

16. Nos dirigimos a la venta Front Panel para la observación de la interfaz gráfica que nos ofrece Labview y vemos los elementos que fueron declarados en la venta de programación

Block Diagram, procedemos a colocarlos en el orden requerido, y si así lo desea mejorar estética con herramientas que nos ofrece este software.

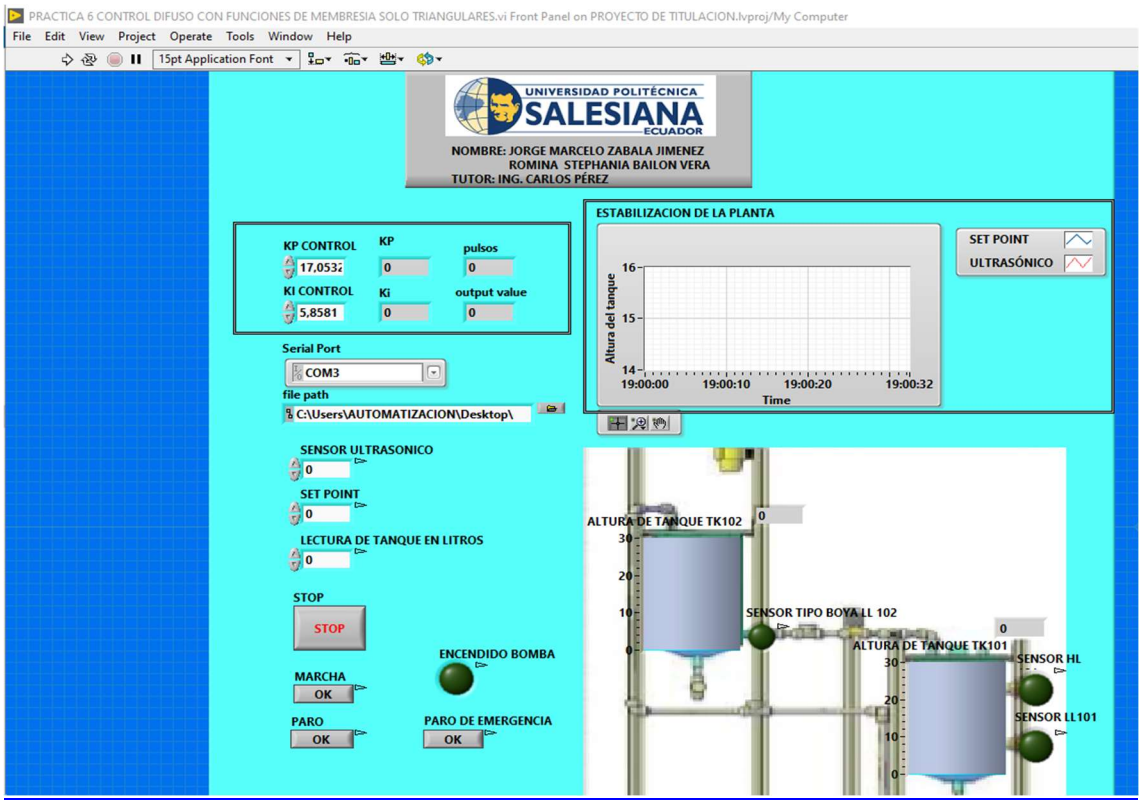


Figura75. Visualización de la interfaz gráfica para el monitoreo del proceso respectivo.

17. El tipo de controlador que vamos a emplear es el difuso, entonces luego de las conexiones y programación pertinente, en la ventana Front Panel procedemos a dar clic sobre Tool-Control and Simulation-Fuzzy System Designer.

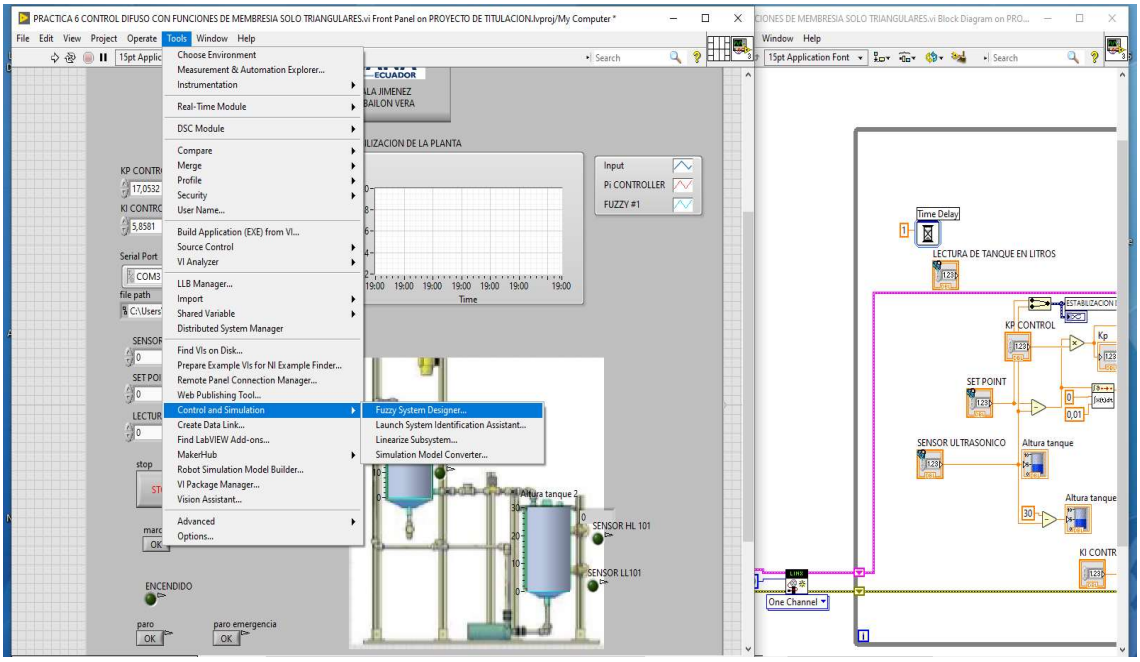


Figura76. Ventana para el ingreso a la configuración de Control y Simulación Difusa.

18. Nos llevará a otra ventana seleccionaremos la pestaña Variables donde procederemos a determinar las reglas de pertenencia que son las óptimas para nuestro sistema. Iniciaremos con las de tipo Triangular donde lograremos visualizar los rangos de trabajo de nuestras entras: ERROR, INTEGRAL TRIANGULAR y nuestra salida SERVO TRIANGULAR.

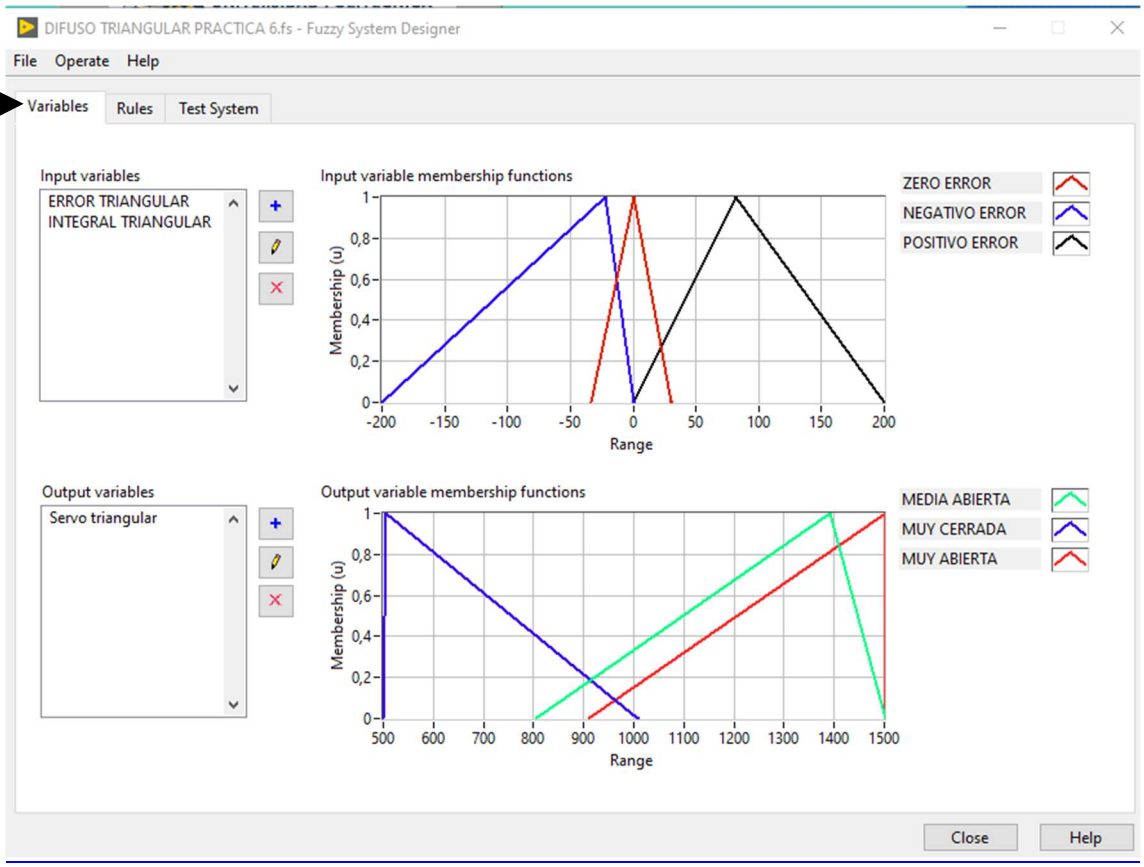


Figura77. Ventana de las variables de entrada y salida con funciones de pertenencias tipo Triangular.

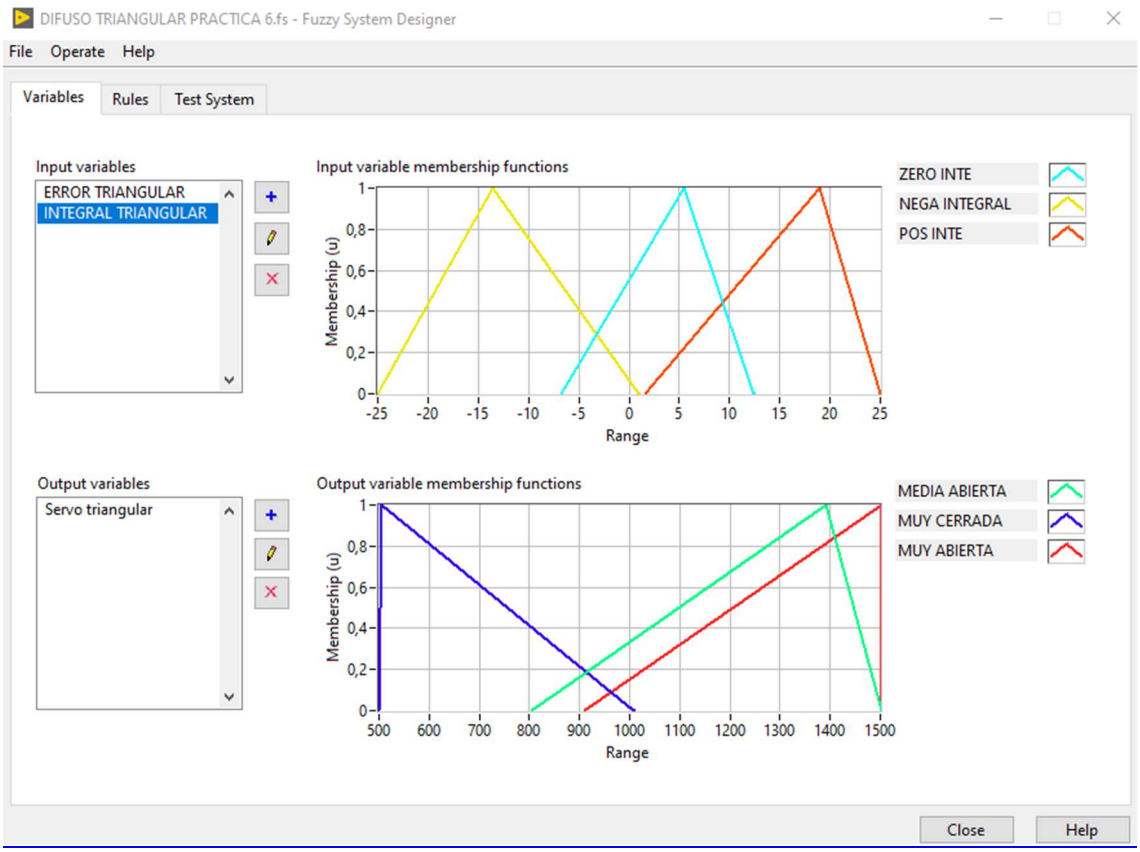


Figura78. Ventana de las variables de entrada y salida con funciones de pertenencias tipo Triangular.

19. Para la observación a más detalle de los puntos tomados en nuestras entradas y salidas y a su vez si deseamos editar los parámetros, daremos clic sobre la variable y luego al icono del lápiz y finalmente en OK para que se guarden los datos y modificaciones.

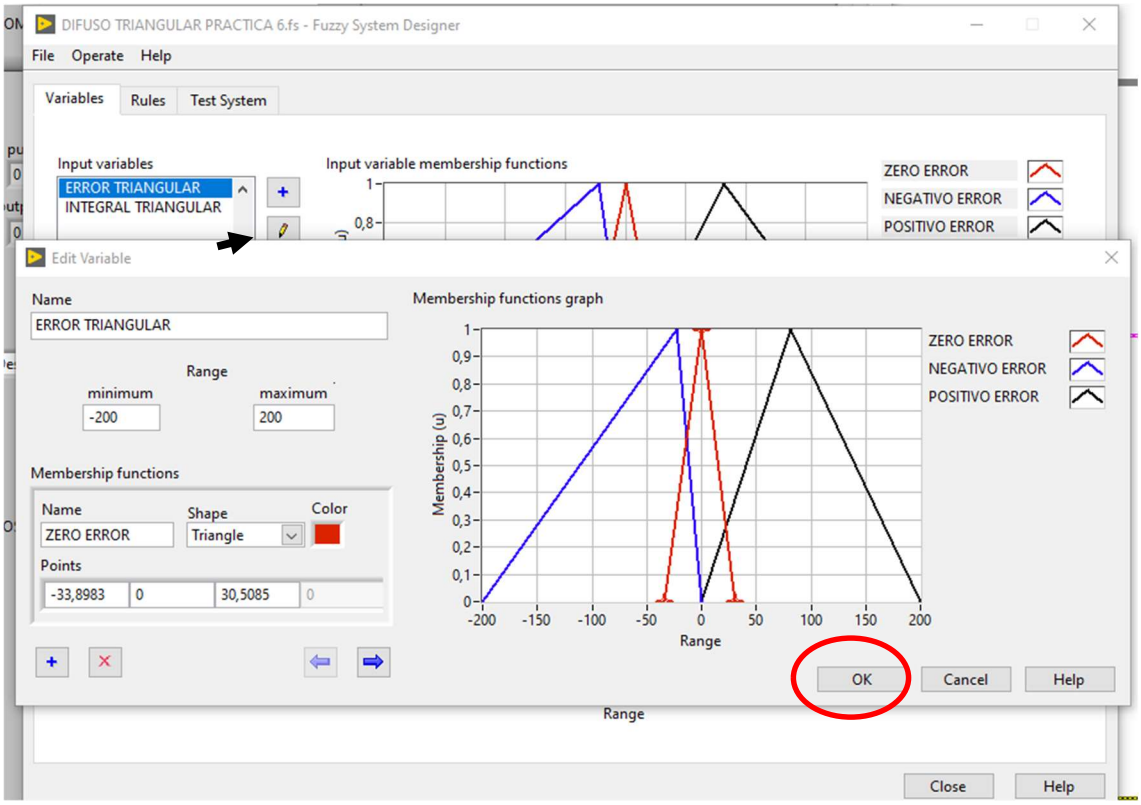


Figura79. Ventana para configuración de rangos de las variables de entrada y salida con funciones de pertenencias tipo Triangular.

20. Nos ubicamos en la pestaña Rules, para realizar y visualizar las reglas de pertenencia y parámetros que hemos desarrollado para este proceso. Una vez concluido lo anterior damos clic en Close.

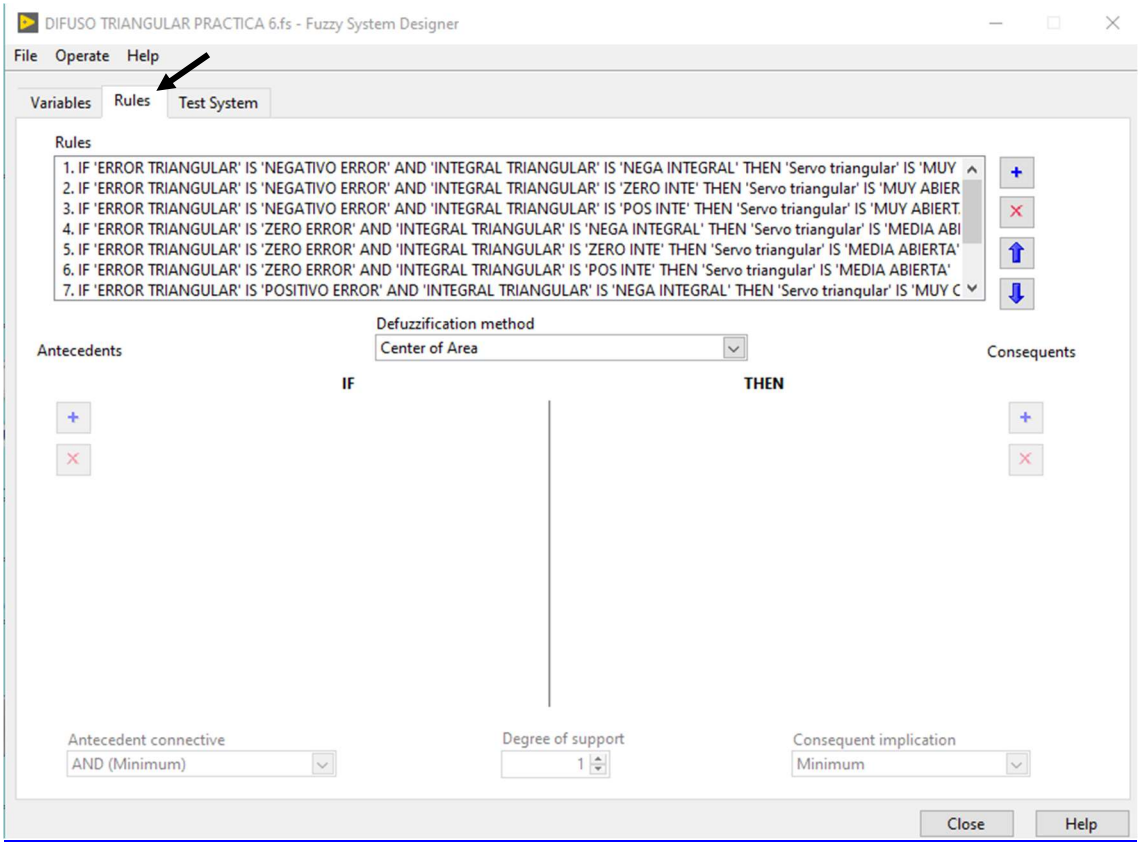


Figura80. Ventana para la configuración de las reglas dispuestas para funciones de pertenencias tipo Triangular.

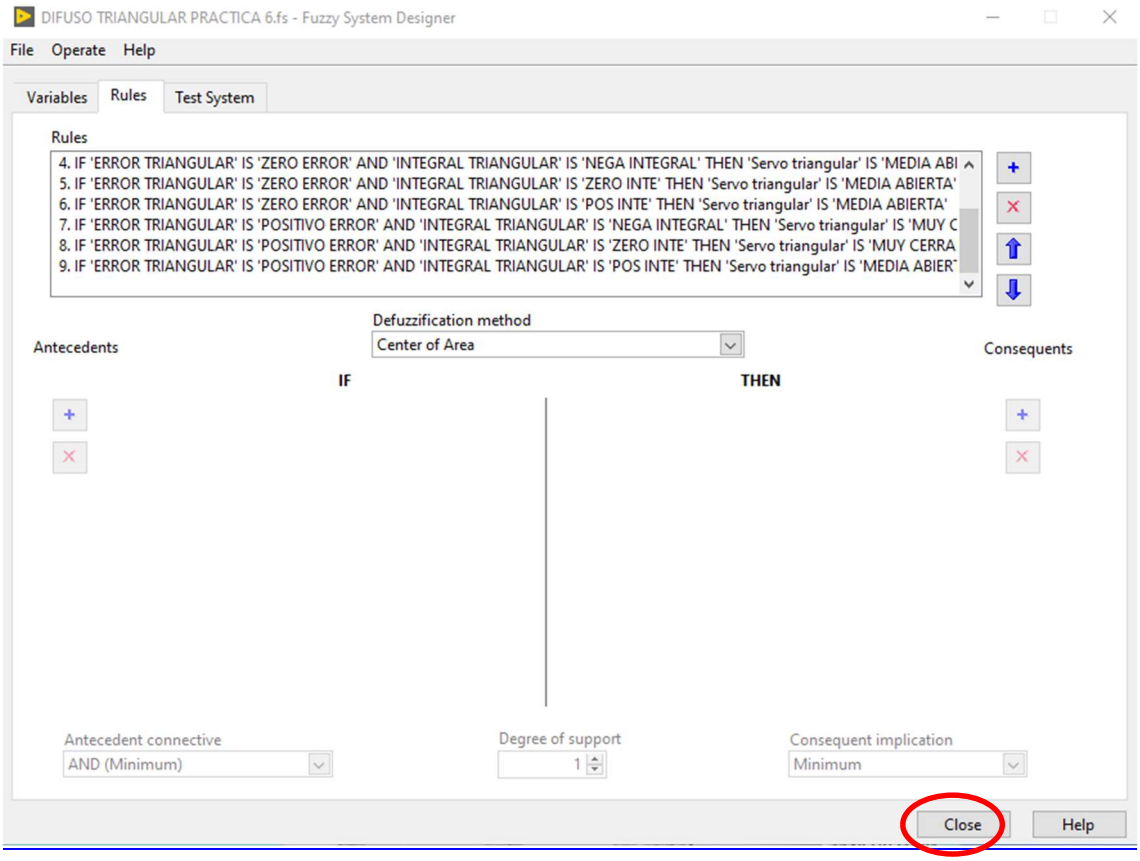


Figura81. Ventana para la configuración de las reglas dispuestas para funciones de pertenencias tipo Triangular.

21. Si se solicita la gráfica de todo anteriormente mencionado, nos dirigimos a la siguiente pestaña Test System, terminado el análisis de la gráfica damos clic en Close.

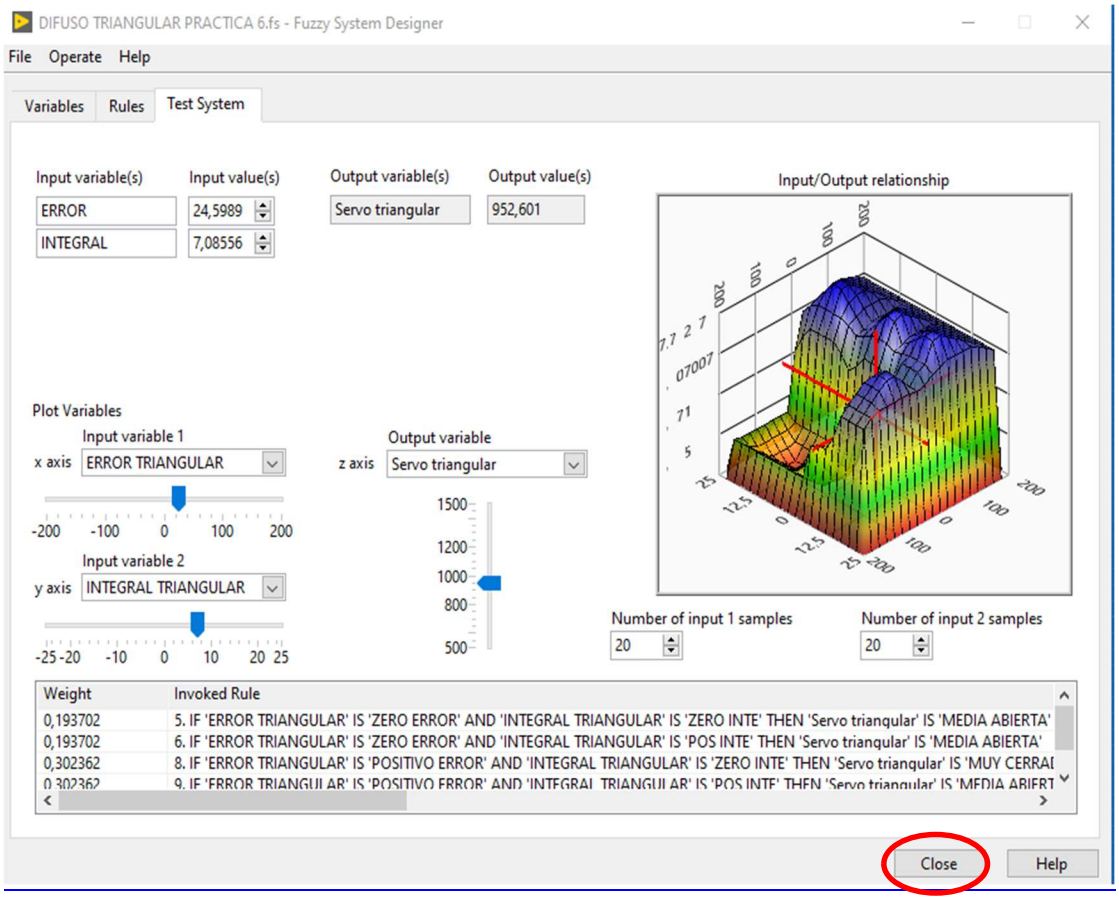


Figura82. Ventana para la visualización del testeo del sistema y gráfica de salida con el uso de las reglas dispuestas para funciones de pertenencias tipo Triangular.

22. Realizamos el mismo proceso descrito a partir del punto 17 al punto 21 pero cambiando el tipo de función de pertenencia de triangular a trapezoidal. En esta imagen apreciamos la selección de la pestaña Variables donde procederemos a determinar las reglas de pertenencia que son las óptimas para nuestro sistema. Iniciaremos con las de tipo Triangular donde lograremos visualizar los rangos de trabajo de nuestras entras: ERROR TRAPEZOIDAL, INTEGRAL TRAPEZOIDAL y nuestra salida SERVO TRAPEZOIDAL.

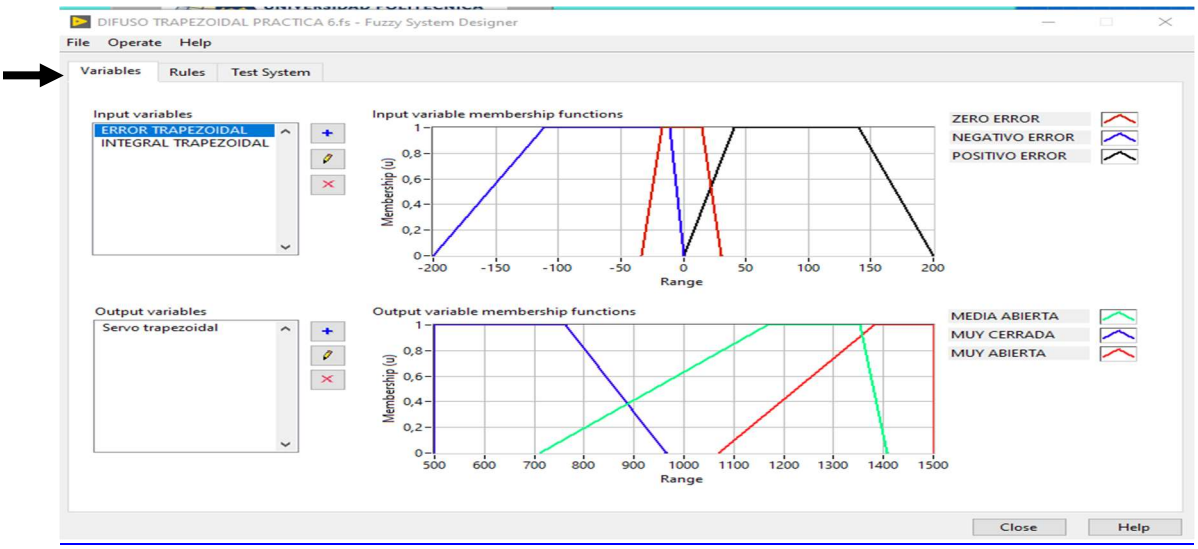


Figura83. Ventana de las variables de entrada y salida con funciones de pertenencias tipo Trapezoidal.

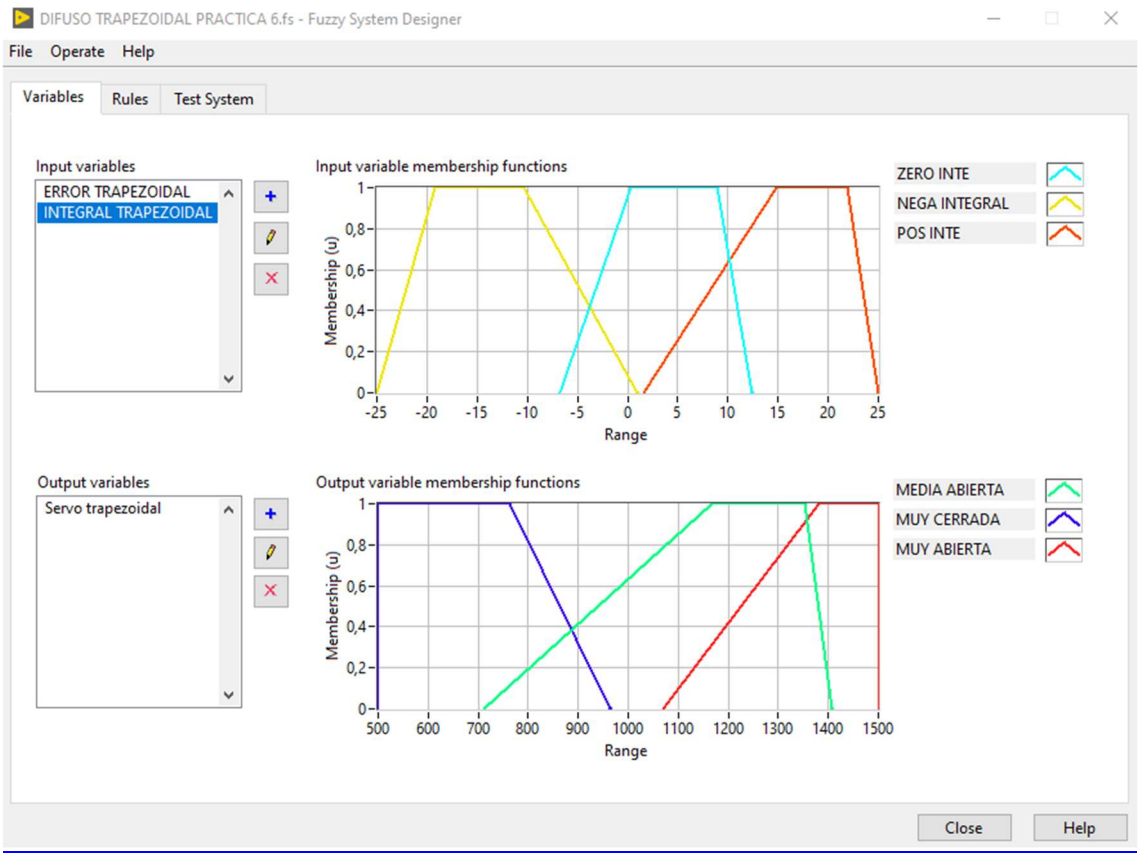


Figura84. Ventana de las variables de entrada y salida con funciones de pertenencias tipo Trapezoidal.

23. Para la observación a más detalle de los puntos tomados en nuestras entradas y salidas y a su vez si deseamos editar los parámetros, daremos clic sobre la variable y luego al icono del lápiz y finalmente en OK para que se guarden los datos y modificaciones.

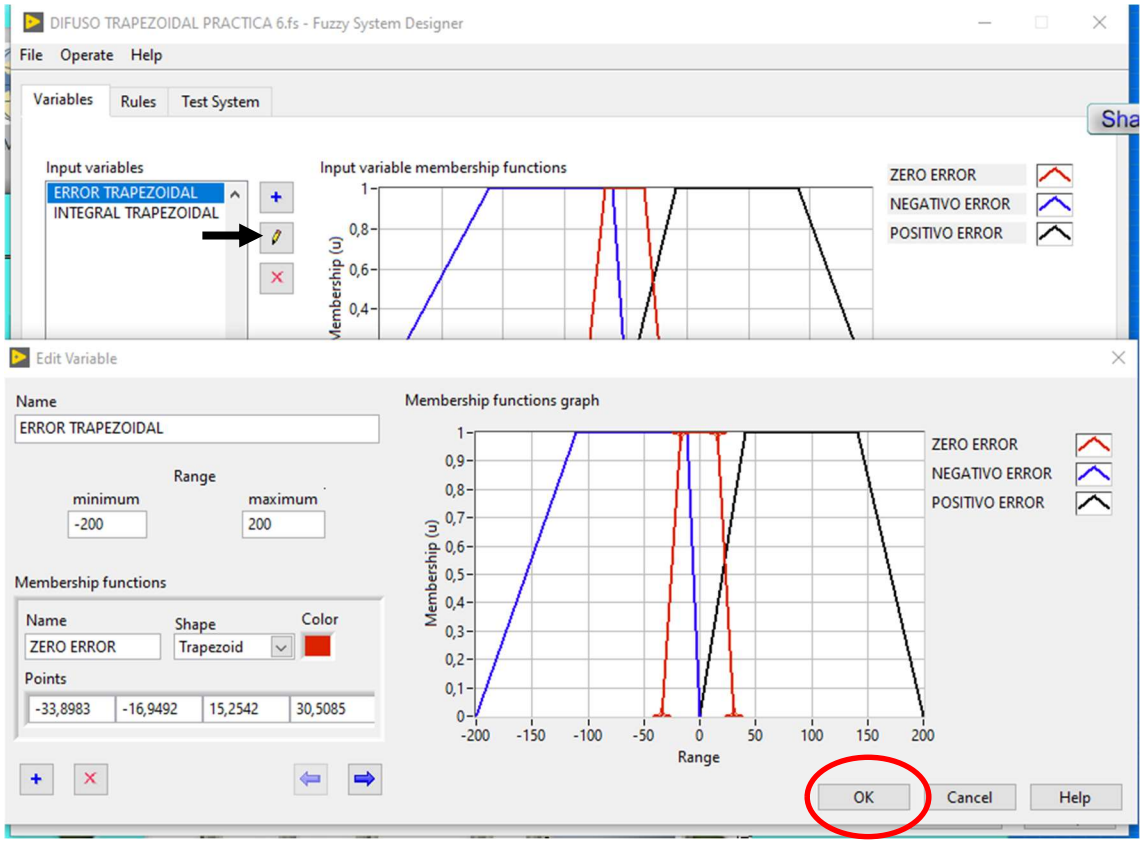


Figura85. Ventana para configuración de rangos de las variables de entrada y salida con funciones de pertenencias tipo Trapezoidal.

24. Nos ubicamos en la pestaña Rules, para realizar y visualizar las reglas de pertenencia y parámetros que hemos desarrollado para este proceso. Una vez concluido lo anterior damos clic en Close.

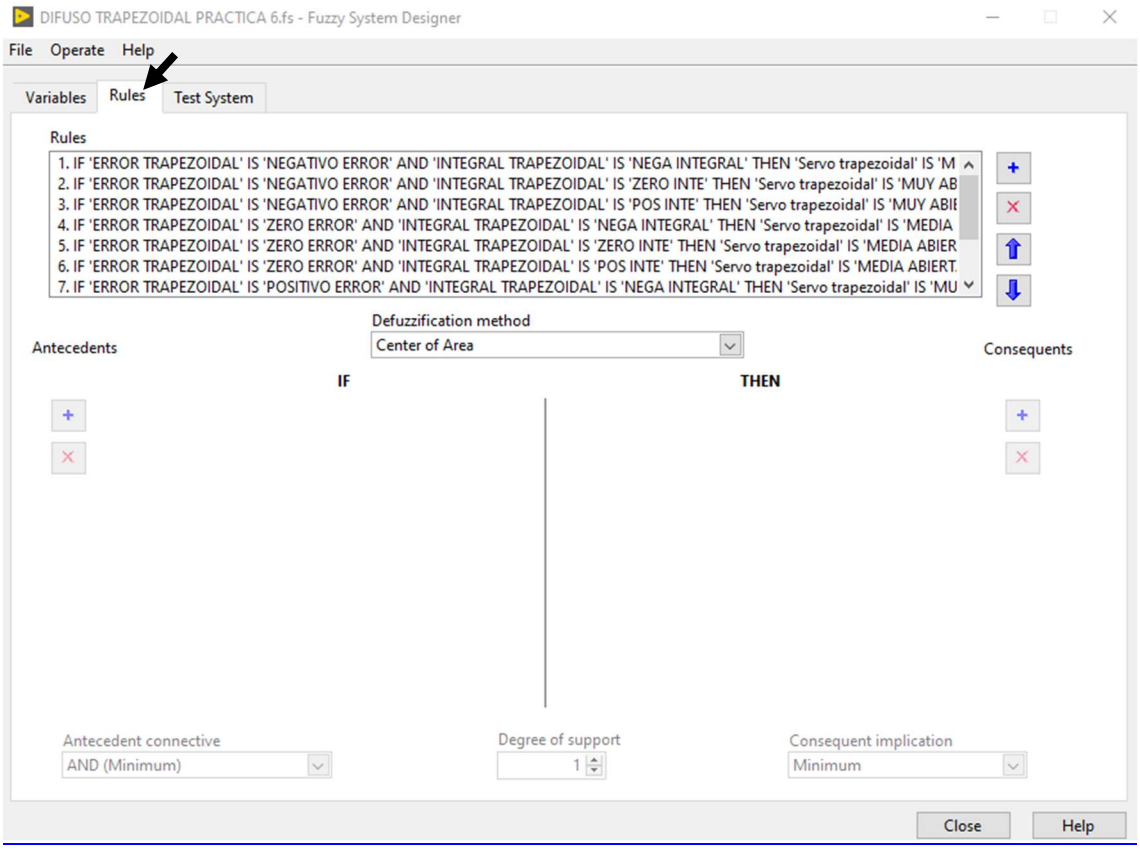


Figura86. Ventana para la configuración de las reglas dispuestas para funciones de pertenencias tipo Trapezoidal.

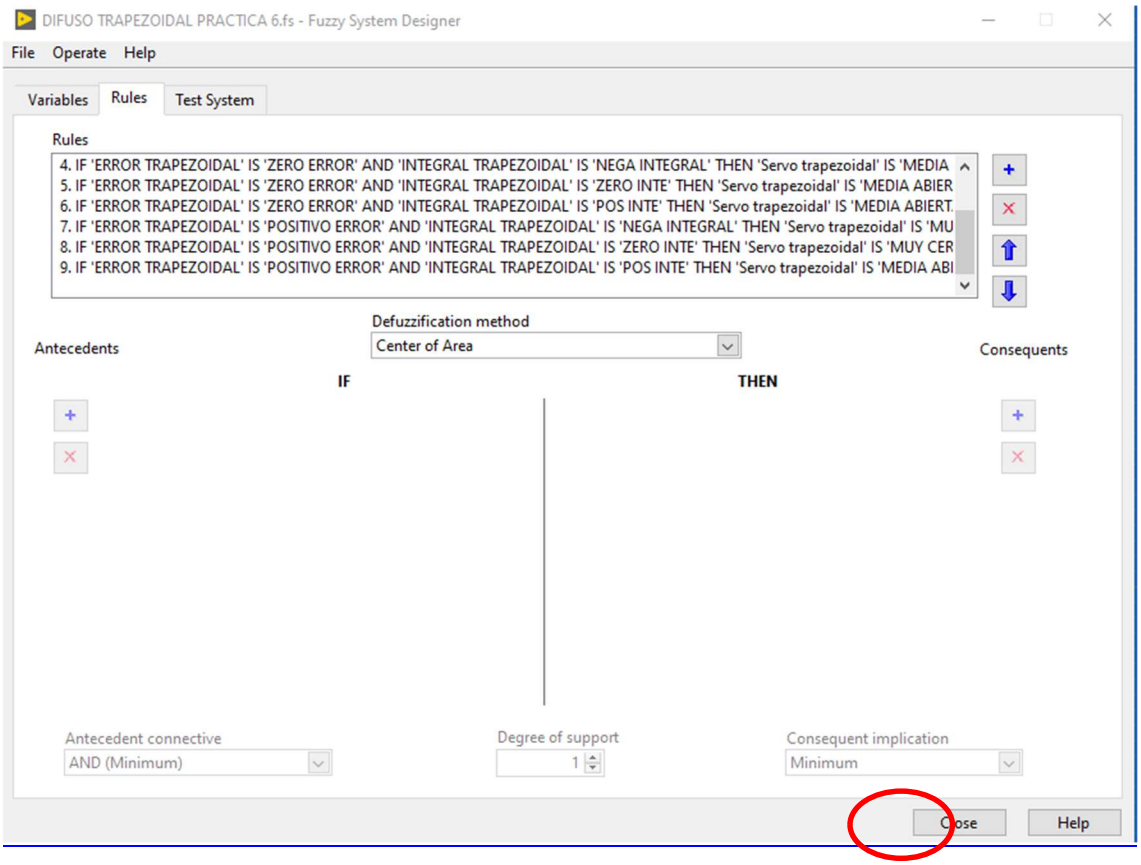


Figura87. Ventana para la configuración de las reglas dispuestas para funciones de pertenencias tipo Trapezoidal.

25. Si se solicita la gráfica de todo anteriormente mencionado, nos dirigimos a la siguiente pestaña Test System, terminado el análisis de la gráfica damos clic en Close.

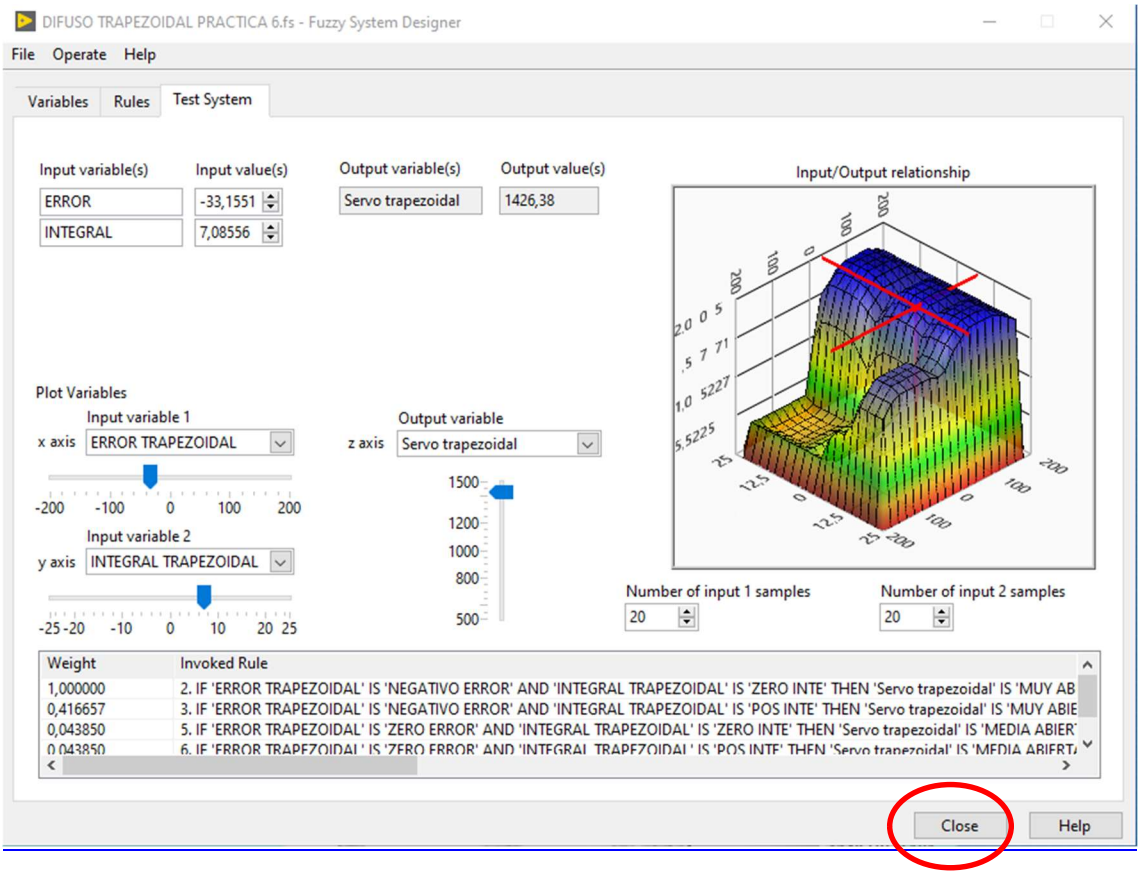


Figura88. Ventana para la visualización del testeo del sistema y gráfica de salida con el uso de las reglas dispuestas para funciones de pertenencias tipo Trapezoidal.

d. Recursos Utilizados

- Lámina que contiene al PLC Siemens S7-1500.
- Planta de tanques para el control de nivel de llenado que contiene al PLC Siemens S7-1200.
- Lámina de Fuente de Alimentación.
- Lámina de Distribución.
- Lámina de Mando y Señalización.
- Computadora con software TIA Portal Versión 15.1, Labview 2018 o superior y herramienta OPC Server.

e. Registro de Resultados

Podemos apreciar satisfactoriamente el funcionamiento de práctica #6. Se muestra a nuestro PLC S7-1500 en su estado RUN con todos los datos programados cargados, además de las conexiones pertinentes en las láminas usadas.

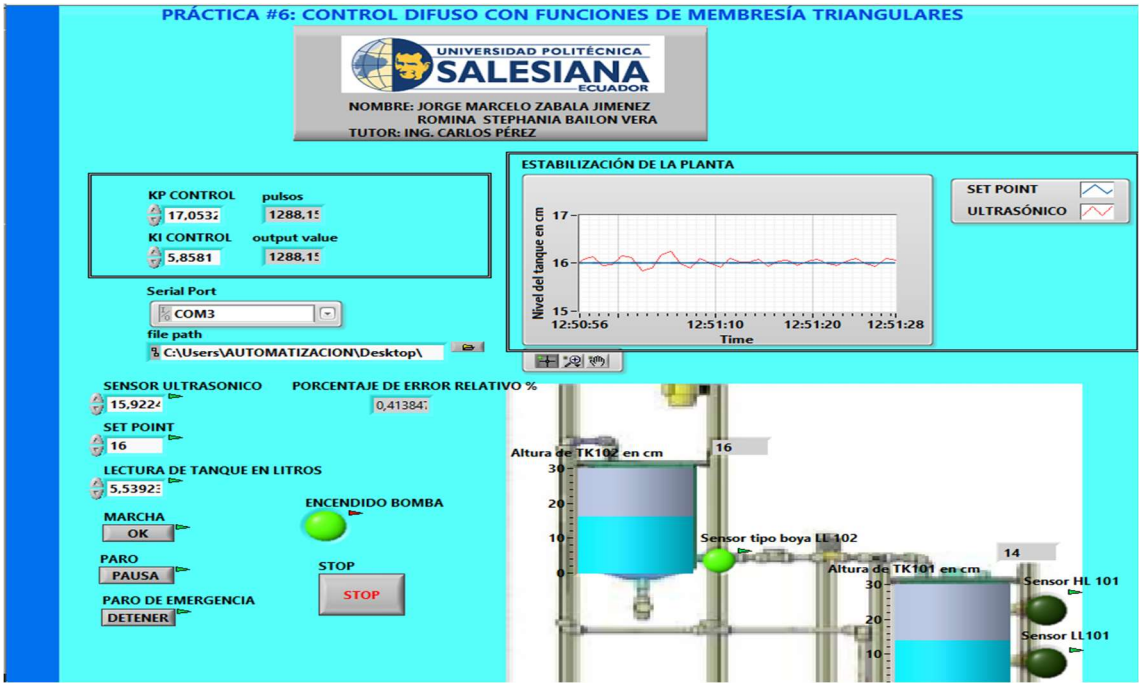


Figura89. Registro de Resultados con Funciones Tipo Triangular.

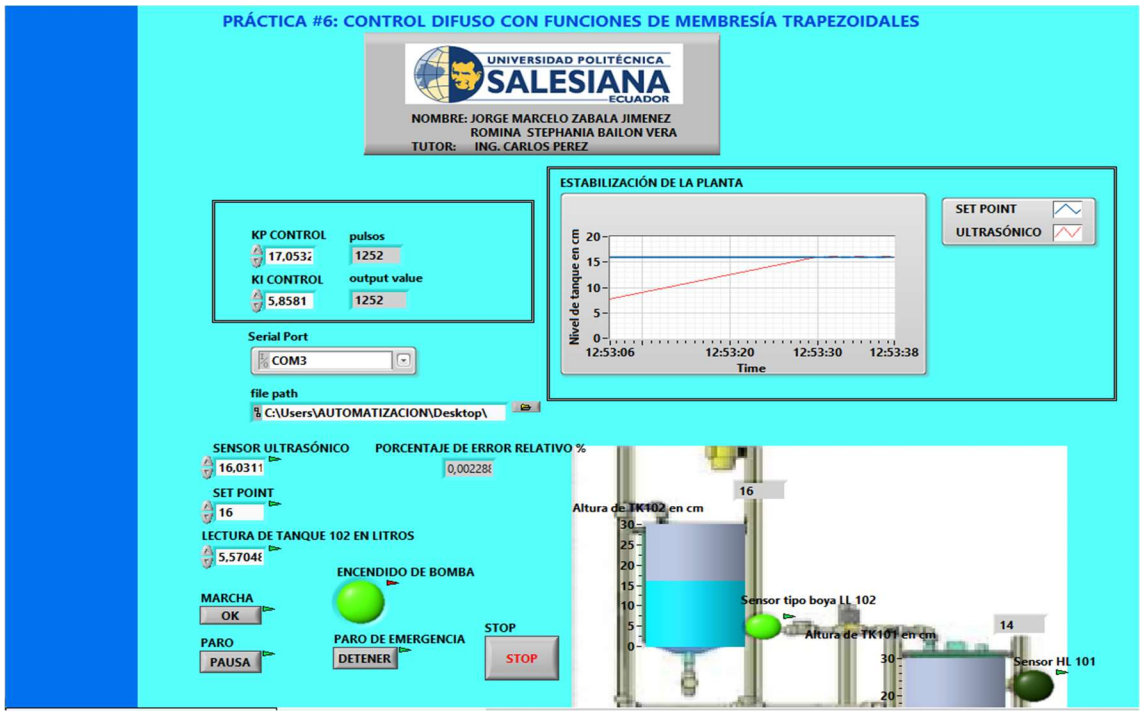


Figura90. Registro de Resultados con Funciones Tipo Trapezoidales.

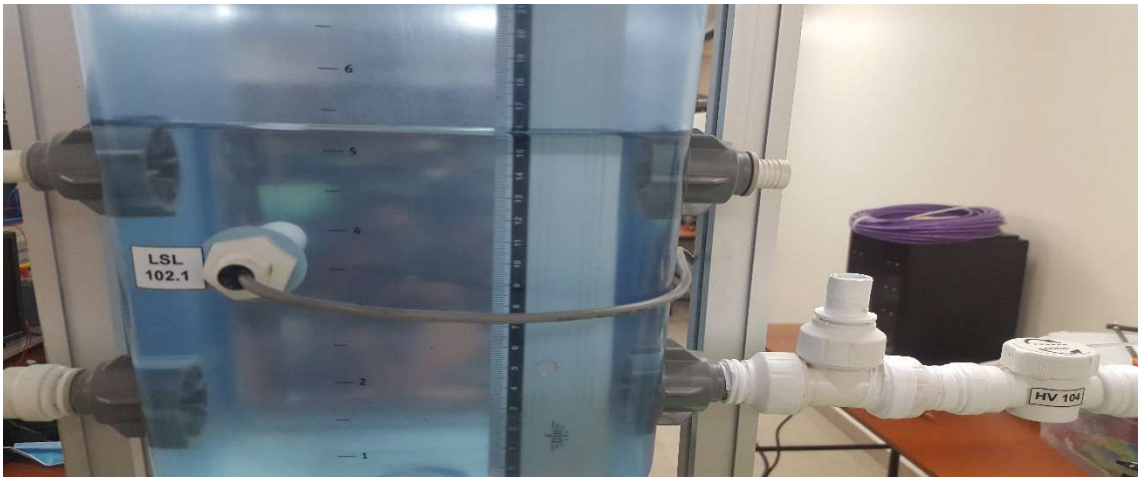
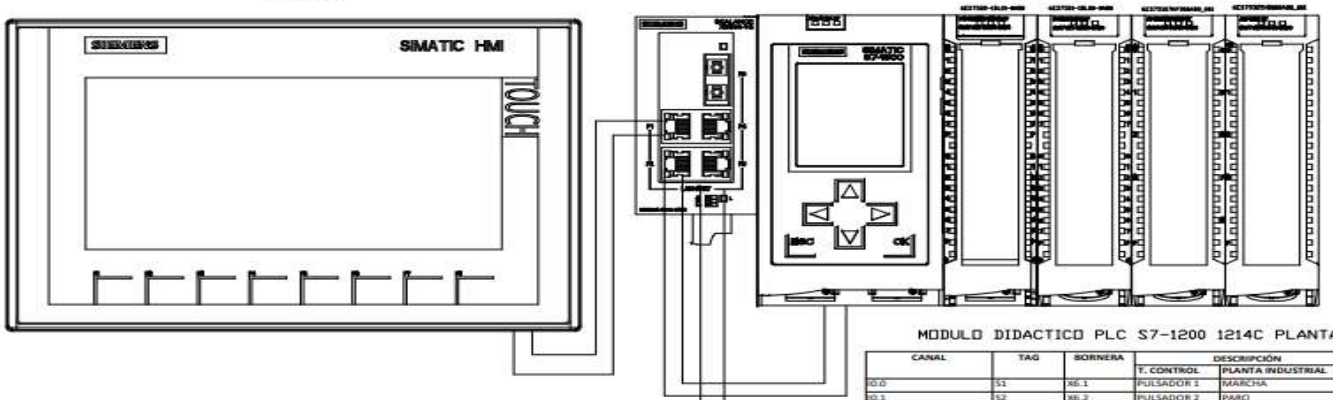


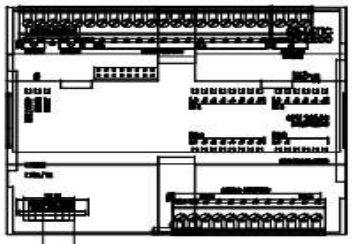
Figura91. Registro de Resultados.

MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP

PRACTICA # 6,7,8,9,10.



MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA



MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA

CANAL	TAG	BORNERA	DESCRIPCIÓN	
			T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S1	X6.1	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S2	X6.2	PULSADOR 2	PARO
I0.2	S3	X6.3	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA
I0.3	S4	X6.4	PULSADOR 4	SELECTOR (MANUAL)
I0.4	S5	X6.5	PULSADOR 5	SELECTOR (AUTOMÁTICO)
I0.5	S6	X6.6	PULSADOR 6	JOG VÁLVULA
I0.6	S7	X6.7	SWITCH 1	JOG VARIADOR
I0.7	S8	X6.8	SWITCH 2	SENSOR TIPO BOYA (LL TK102)
I1.0	S9	X6.9	SWITCH 3	CONFIRMACIÓN VÁLVULA ABIERTA
I1.1	S10	X6.10	SWITCH 4	CONFIRMACIÓN VÁLVULA CERRADA
I1.2	S11	X6.11	SWITCH 5	SENSOR CAPACITIVO (HL TK101)
I1.3	S12	X6.12	SWITCH 6	SENSOR CAPACITIVO (LL TK101)
Q0.0	H1	X7.1	LED 1	ACCIONAMIENTO VÁLVULA
Q0.1	H2	X7.2	LED 2	VARIADOR MODO ON/OFF
Q0.2	H3	X7.3	LED 3	VARIADOR MODO ANALÓGICO
Q0.3	H4	X7.4	LED 4	LUZ PILOTO (H4)
Q0.4	H5	X7.5	LED 5	LUZ PILOTO (H5)
Q0.5	H6	X7.6	LED 6	LUZ PILOTO (H6)
Q0.6	H7	X7.7	LED 7	LUZ PILOTO (H7)
Q0.7	H8	X7.8	LED 8	LUZ PILOTO (H8)
AI0	AI1	X8.1	POT. 1	SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO
AI1	AI2	X8.2	POT. 2	RESERVA
AI0+	AI1	X9.1	VOLTÍMETRO	VARIADOR
1M	0VDC	X5.1	0VDC	0VDC

MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3PN/DP

CANAL	TAG	DESCRIPCIÓN	
		T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S2	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S1	PULSADOR 2	PARO
I0.2	P.E	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA

				FECHA	30/07/2019
				DISEÑO	J. ZABALA
				DIBUJADO	J. ZABALA
				APROBADO	
Nr.	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE		

EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10

DISEÑO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.

PROYECTO

Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10

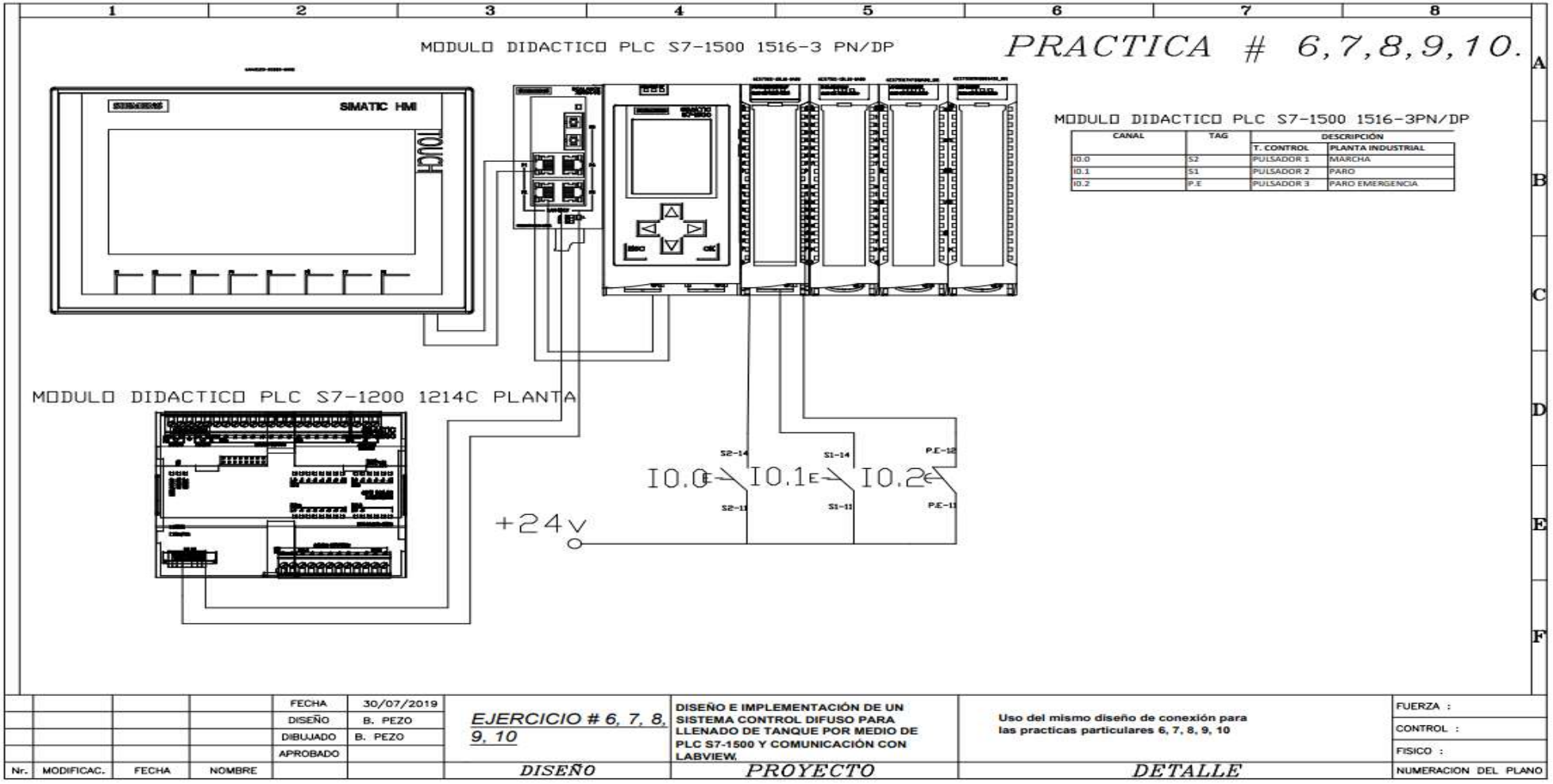
DETALLE

FUERZA :

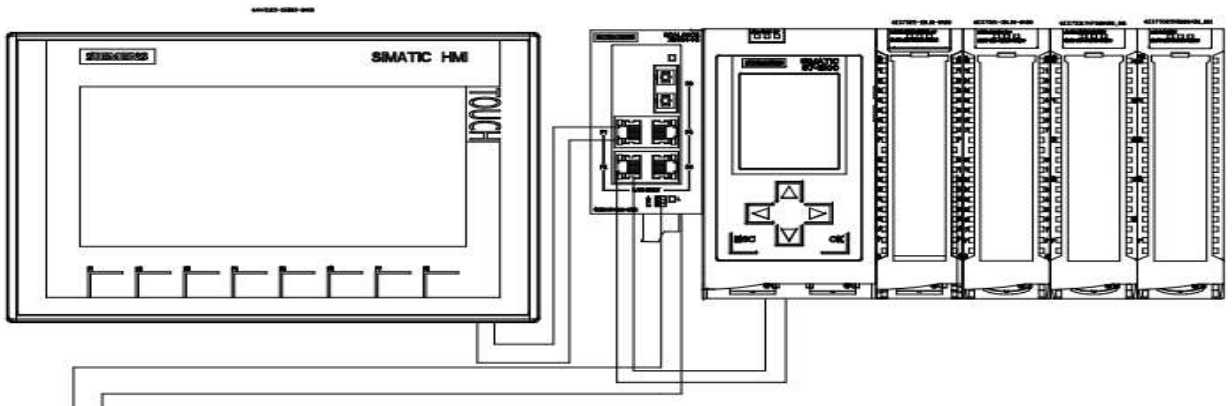
CONTROL :

FISICO :

NUMERACION DEL PLANO


MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP
PRACTICA # 6,7,8,9,10.
SIMATIC HMI
TOUCH
MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3PN/DP
CANAL
TAG
DESCRIPCIÓN
T. CONTROL
PLANTA INDUSTRIAL
I0.0 S2 PULSADOR 1 MARCHA
I0.1 S1 PULSADOR 2 PARO
I0.2 P.E PULSADOR 3 PARO EMERGENCIA
MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA
I0.0
I0.1
I0.2
+24V
S2-14
S2-13
S1-14
S1-13
P.E-12
P.E-11
A
B
C
D
E
F
FECHA 30/07/2019
DISEÑO B. PEZO
DIBUJADO B. PEZO
APROBADO
Nr. MODIFICAC. FECHA NOMBRE
EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10
DISEÑO
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.
PROYECTO
Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10
DETALLE
FUERZA :
CONTROL :
FISICO :
NUMERACION DEL PLANO

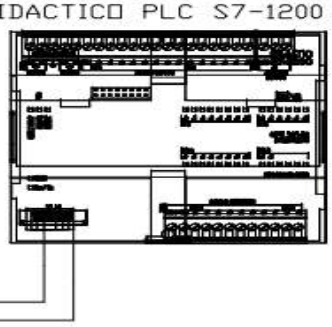
MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP

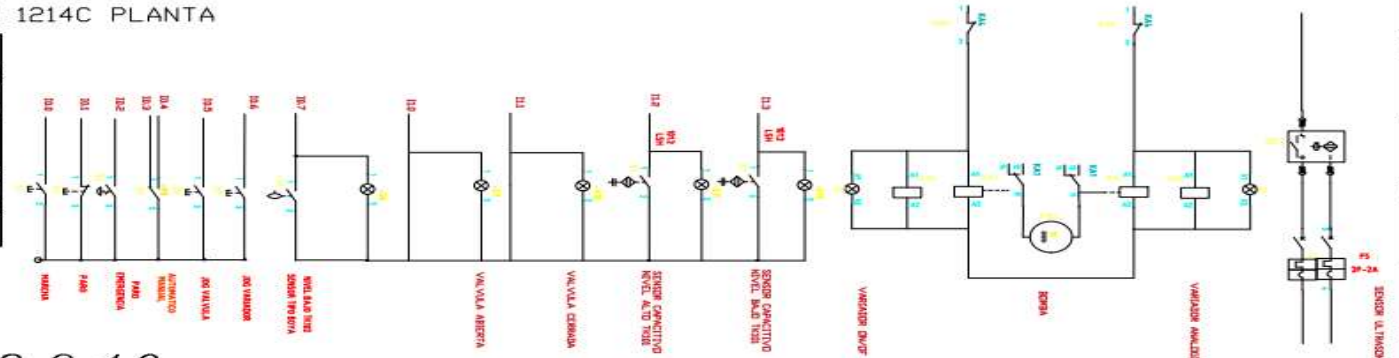


MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA

CANAL	TAG	BORNERA	DESCRIPCIÓN	
			T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S1	X6.1	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S2	X6.2	PULSADOR 2	PARO
I0.2	S3	X6.3	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA
I0.3	S4	X6.4	PULSADOR 4	SELECTOR (MANUAL)
I0.4	S5	X6.5	PULSADOR 5	SELECTOR (AUTOMÁTICO)
I0.5	S6	X6.6	PULSADOR 6	JOG VÁLVULA
I0.6	S7	X6.7	SWITCH 1	JOG VARIADOR
I0.7	S8	X6.8	SWITCH 2	SENSOR TIPO BOYA (LL TK102)
I1.0	S9	X6.9	SWITCH 3	CONFIRMACIÓN VÁLVULA ABIERTA
I1.1	S10	X6.10	SWITCH 4	CONFIRMACIÓN VÁLVULA CERRADA
I1.2	S11	X6.11	SWITCH 5	SENSOR CAPACITIVO (HL TK101)
I1.3	S12	X6.12	SWITCH 6	SENSOR CAPACITIVO (LL TK101)
Q0.0	H1	X7.1	LED 1	ACCIONAMIENTO VÁLVULA
Q0.1	H2	X7.2	LED 2	VARIADOR MODO ON/OFF
Q0.2	H3	X7.3	LED 3	VARIADOR MODO ANALÓGICO
Q0.3	H4	X7.4	LED 4	LUZ PILOTO (H4)
Q0.4	H5	X7.5	LED 5	LUZ PILOTO (H5)
Q0.5	H6	X7.6	LED 6	LUZ PILOTO (H6)
Q0.6	H7	X7.7	LED 7	LUZ PILOTO (H7)
Q0.7	H8	X7.8	LED 8	LUZ PILOTO (H8)
AI0	AI1	X8.1	POT. 1	SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO
AI1	AI2	X8.2	POT. 2	RESERVA
AO+	AI1	X9.1	VOLTÍMETRO	VARIADOR
1M	0VDC	X5.1	0VDC	0VDC

MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA





PRACTICA # 6,7,8,9,10.

				FECHA	30/07/2019	*EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10*	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.
				DISEÑO	B. PEZO		
				DIBUJADO	B. PEZO		
				APROBADO			
Nr.	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			*DISEÑO*	*PROYECTO*

Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10

DETALLE

FUERZA :
CONTROL :
FISICO :
NUMERACION DEL PLANO

LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SEDE	GUAYAQUIL

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Práctica #7

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. CARLOS PÉREZ

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: "Control de Nivel de Tanque Mediante el Uso de Función de Pertenencia de Conjunto Triangular y Función de Pertenencia de Conjunto Trapezoidal en un solo Control Difuso utilizando Fuzzy Designer en Labview con OPC Server para Comunicación con TIA Portal para Control del Proceso".

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SEDE	GUAYAQUIL

a. Objetivo General:

Dar a conocer el funcionamiento de un control mixto de las funciones de pertenencia que pueden ser usadas en el diseño de un controlador difuso en Labview.

b. Objetivos Específicos:

- Diseñar un programa de activación de variables en el software TIA Portal versión 15.1.
- Diseñar un programa de control difuso en el software Labview 2018.
- Implementar mediante las conexiones en los sistemas de fuerza y control.
- Analizar las funciones de pertenencias triangulares y trapezoidales para la correcta interrelación de ambos tipos para la obtención de control óptimo para el proceso requerido por medio de la realización de una base de datos guardados en Excel.

c. Marco Procedimental

Proceso En TIA Portal

Para esta parte se pide por favor revisar la "PRÁCTICA#6", el ítem con el nombre "Proceso En TIA Portal" ya que en esta área realizaremos la misma configuración vista en dicha práctica sin ninguna variante. Proseguiremos avanzando al siguiente ítem el cual será "Proceso En OPC Server".

Proceso En OPC Server

Para esta parte se pide por favor revisar la "PRÁCTICA#6", el ítem con el nombre "Proceso en OPC Server" ya que en esta área realizaremos la misma configuración vista en dicha práctica sin ninguna variante. Proseguiremos avanzando al siguiente ítem el cual será "Proceso en Labview".

Proceso En Labview

Para esta parte se pide por favor revisar la "PRÁCTICA#6", el ítem con el nombre "Proceso En Labview" ya que en esta área realizaremos la misma configuración vista en dicha práctica desde el numeral 1 al 13 sin ninguna variante. Proseguiremos avanzando con la programación en "Proceso en Labview".

1. Podemos apreciar los bloques de Linx que nos permite acceder a los puertos de Arduino que controlan nuestro servo-válvula para su apertura y cerrado para control de flujo de agua.

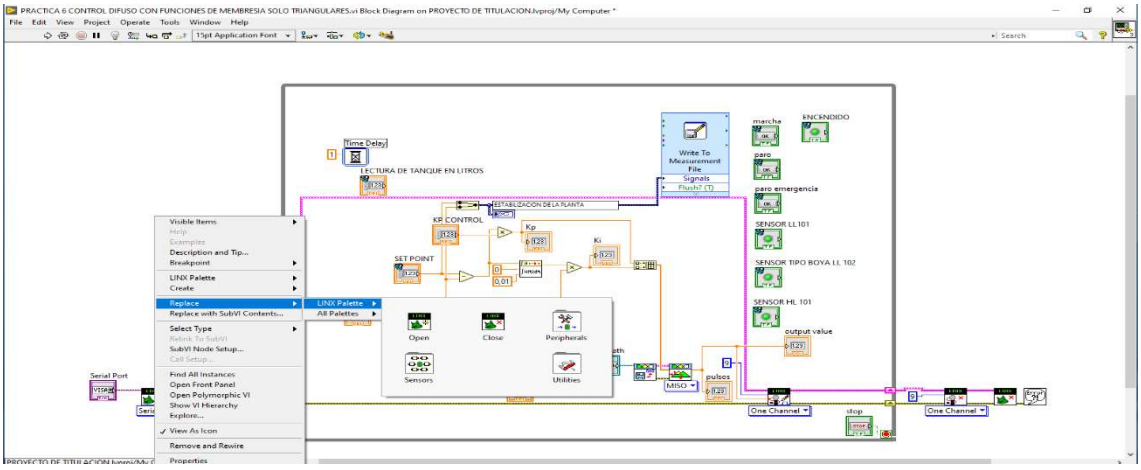


Figura1. Programación de la interface entre el software Labview y Arduino por medio de Linx.

2. Se puede apreciar la programación necesaria para la práctica #6. Debemos seguir el mismo esquema para que el programa nos dé los resultados esperados.

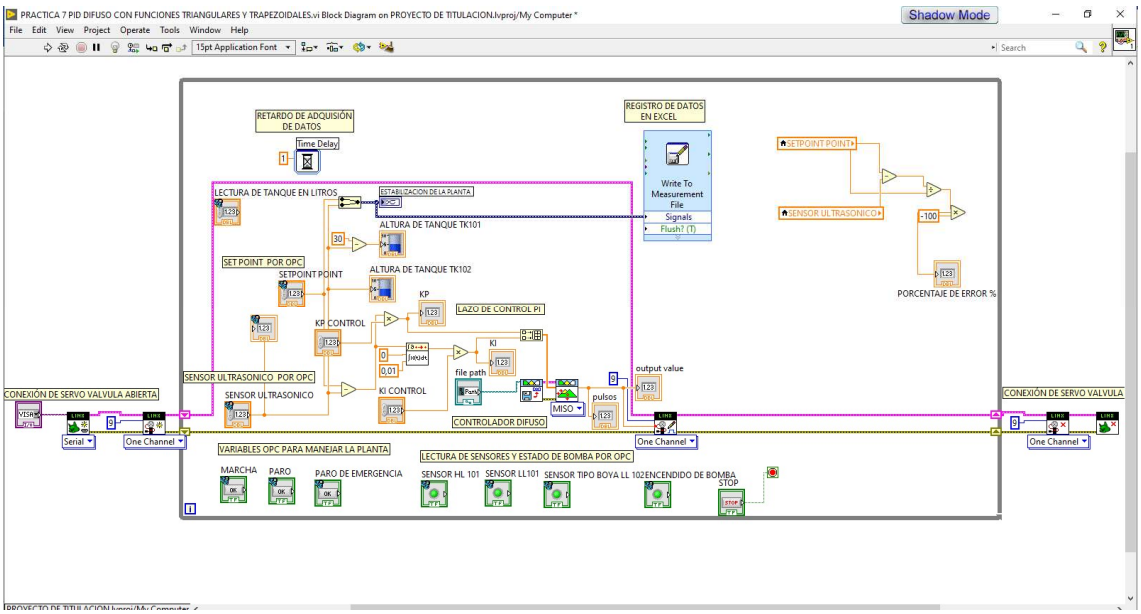


Figura2. Programación para el funcionamiento de la práctica respectiva.

3. Nos dirigimos a la venta Front Panel para la observación de la interfaz gráfica que nos ofrece Labview y vemos los elementos que fueron declarados en la venta de programación Block Diagram, procedemos a colocarlos en el orden requerido, y si así lo desea mejorar estética con herramientas que nos ofrece este software.

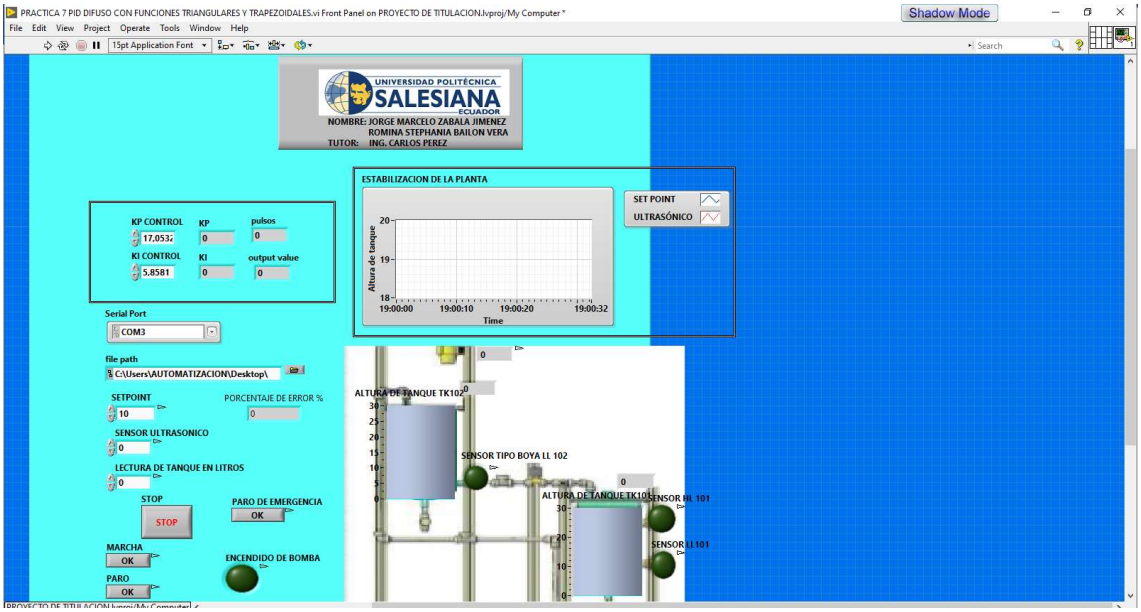


Figura3. Visualización de la interfaz gráfica para el monitoreo del proceso respectivo.

4. El tipo de controlador que vamos a emplear es el difuso, entonces luego de las conexiones y programación pertinente, en la ventana Front Panel procedemos a dar clic sobre Tool-Control and Simulation-Fuzzy System Designer.

LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SEDE	GUAYAQUIL

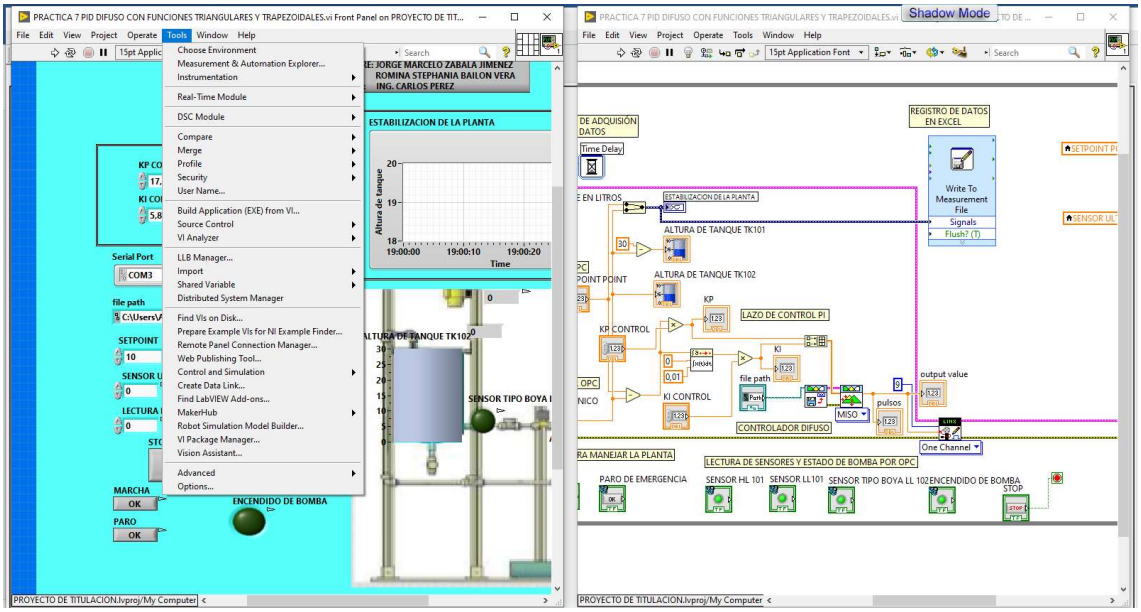


Figura4. Ventana para el ingreso a la configuración de Control y Simulación Difusa.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

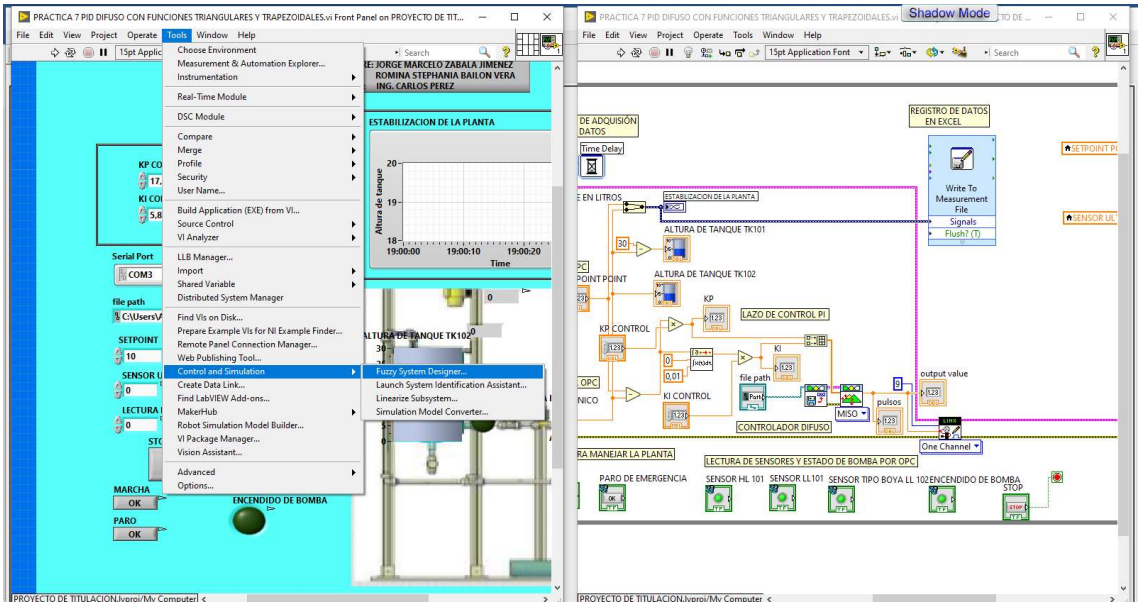


Figura5. Ventana para el ingreso a la configuración de Control y Simulación Difusa.

5. Nos llevará a otra ventana seleccionaremos la pestaña Variables donde procederemos a determinar las reglas de pertenencia que son las óptimas para nuestro sistema.

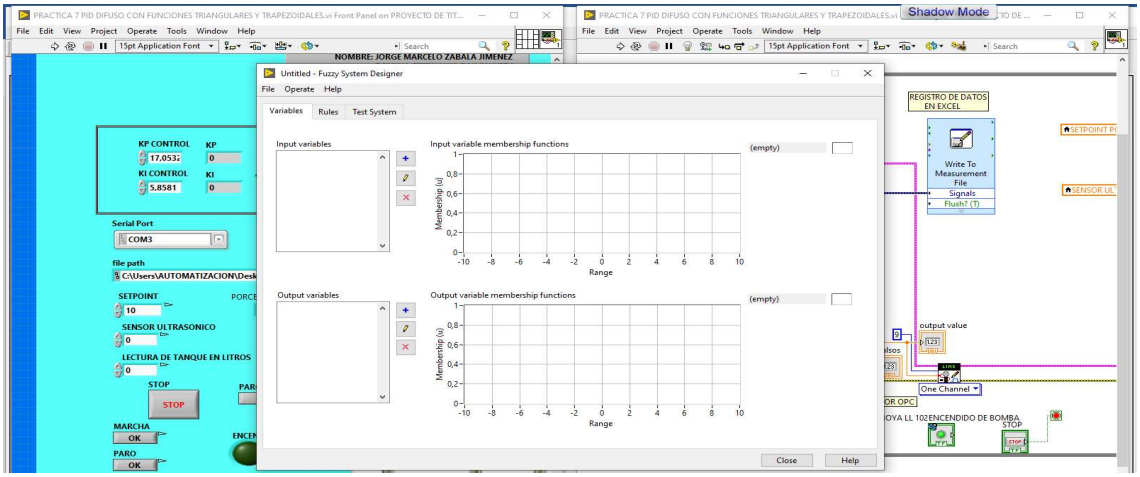


Figura6. Ventana que nos permite determinar las variables de entrada y salida.

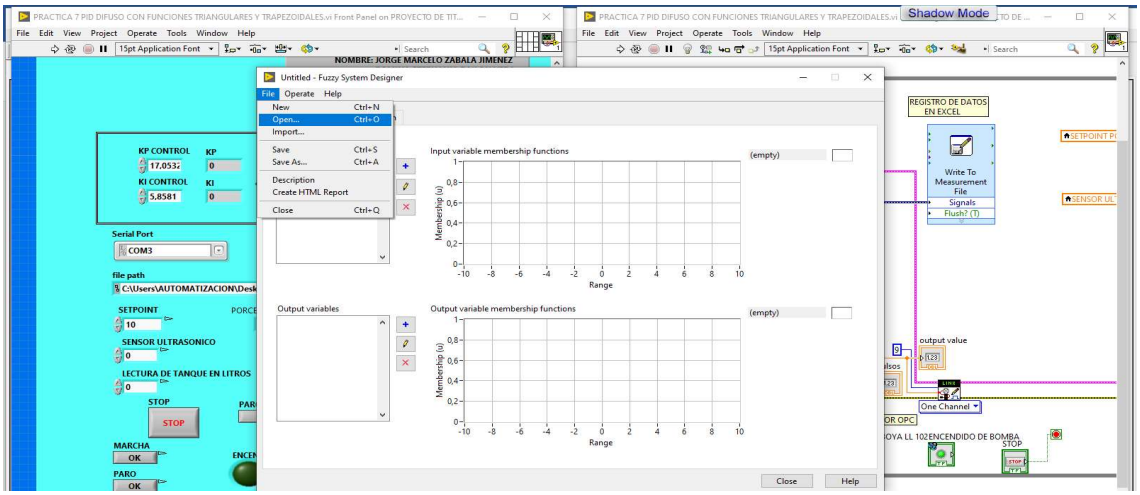


Figura7. Ventana que nos permite determinar las variables de entrada y salida.

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

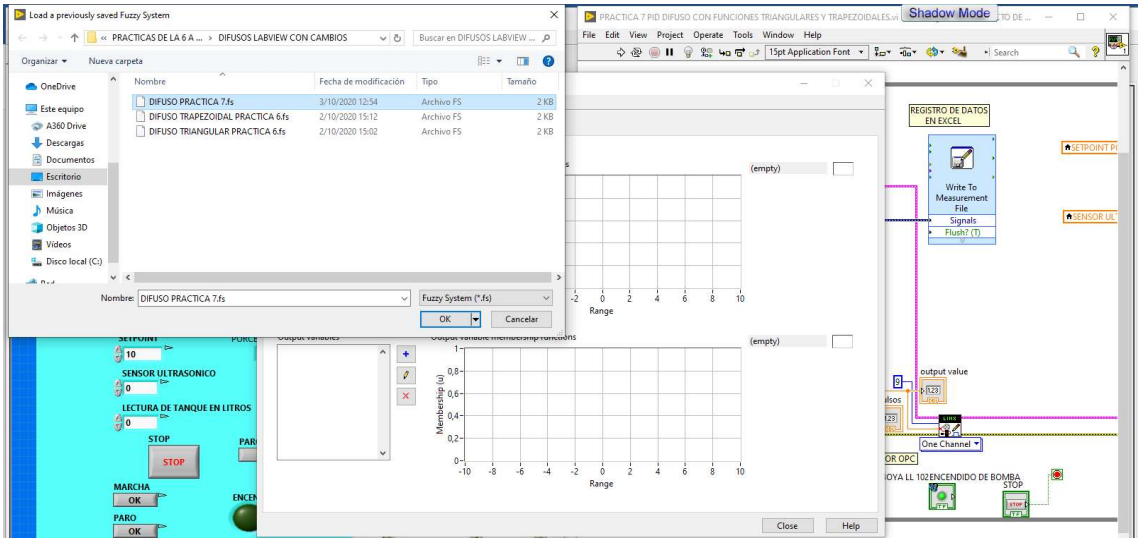


Figura8. Ventana que nos permite abrir el archivo previamente creado de las variables de entrada y salida.

6. En esta práctica podemos apreciar la interacción de dos tipos de conjunto de funciones de pertenencia, es decir una mezcla entre las de tipo Triangular y las Trapezoidales donde lograremos visualizar los rangos de trabajo de nuestras entras: ERROR, INTEGRAL TRIANGULAR y nuestra salida SERVO TRIANGULAR.

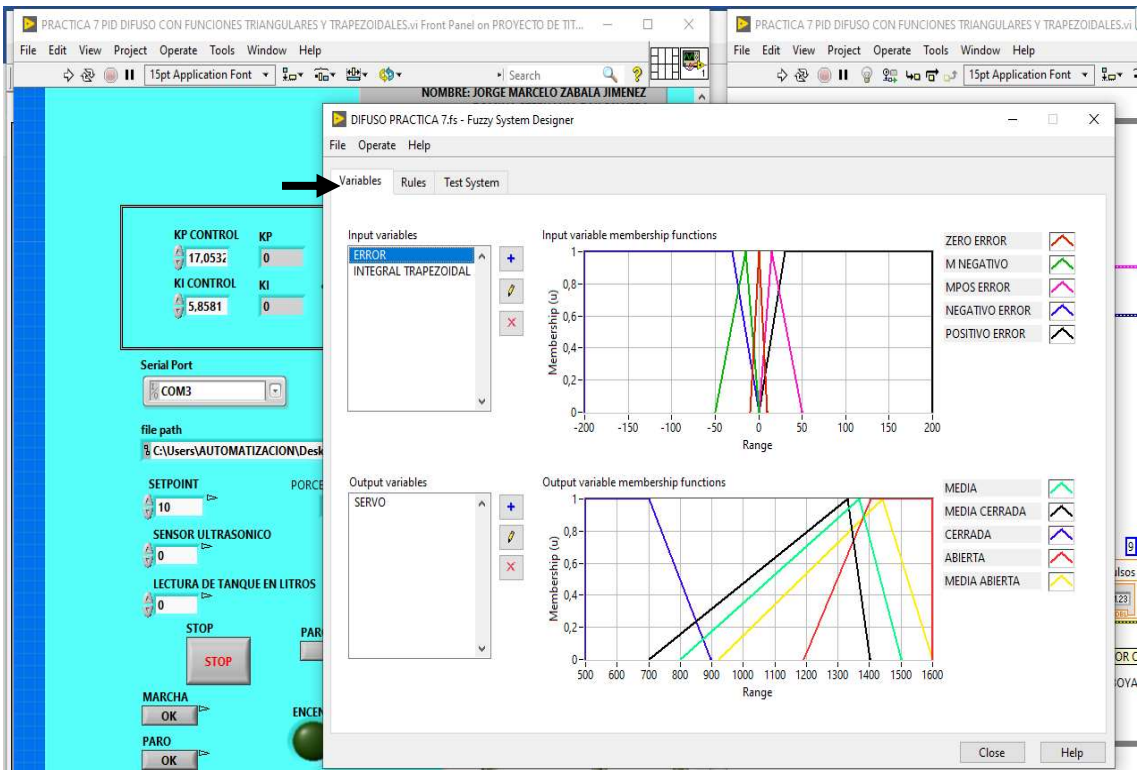


Figura9. Ventana de las variables de entrada y salida con funciones de pertenencias. Visualización de la Primera Entrada.

7. Para la observación a más detalle de los puntos tomados en nuestras entradas y salidas y a su vez si deseamos editar los parámetros, daremos clic sobre la variable y luego al icono del lápiz y finalmente en OK para que se guarden los datos y modificaciones.

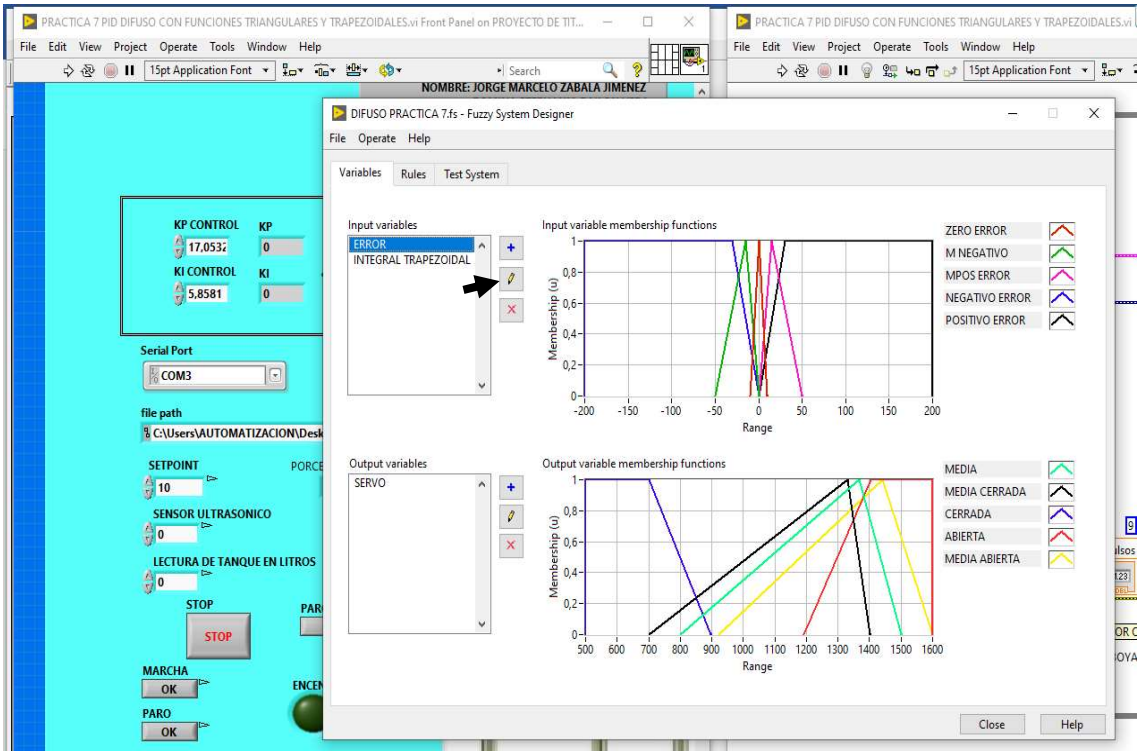


Figura10. Ventana de las variables de entrada y salida con funciones de pertenencias. Visualización de la Primera Entrada

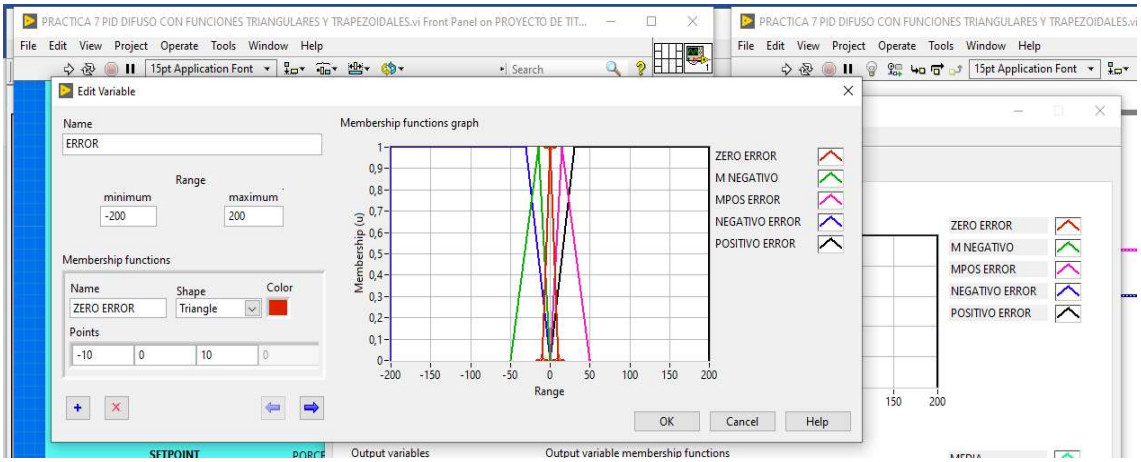


Figura11. Ventana para configuración de rangos de las variables de la Primera Entrada.

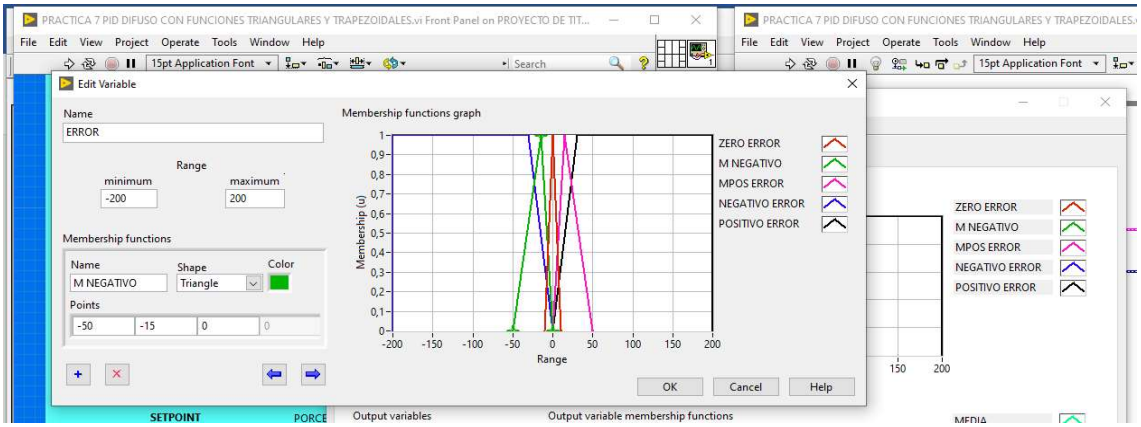


Figura12. Ventana para configuración de rangos de las variables de la Primera Entrada.

LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SEDE	GUAYAQUIL

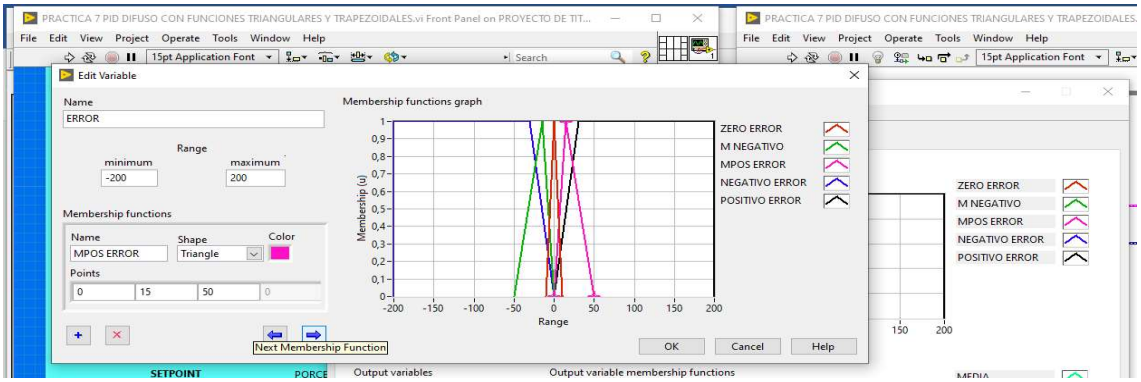


Figura13. Ventana para configuración de rangos de las variables de la primera entrada.

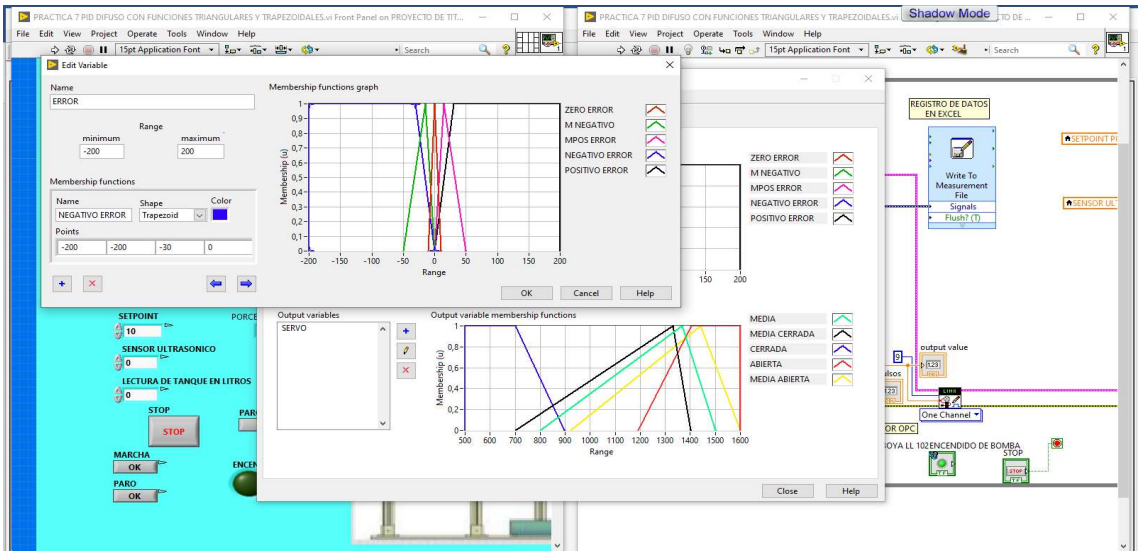


Figura14. Ventana para configuración de rangos de las variables de la primera entrada.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

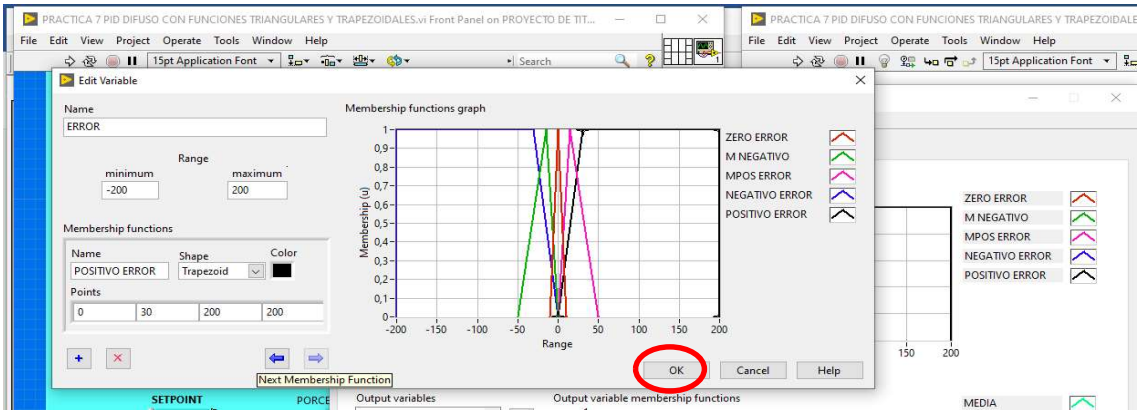


Figura15. Ventana para configuración de rangos de las variables de la primera entrada.

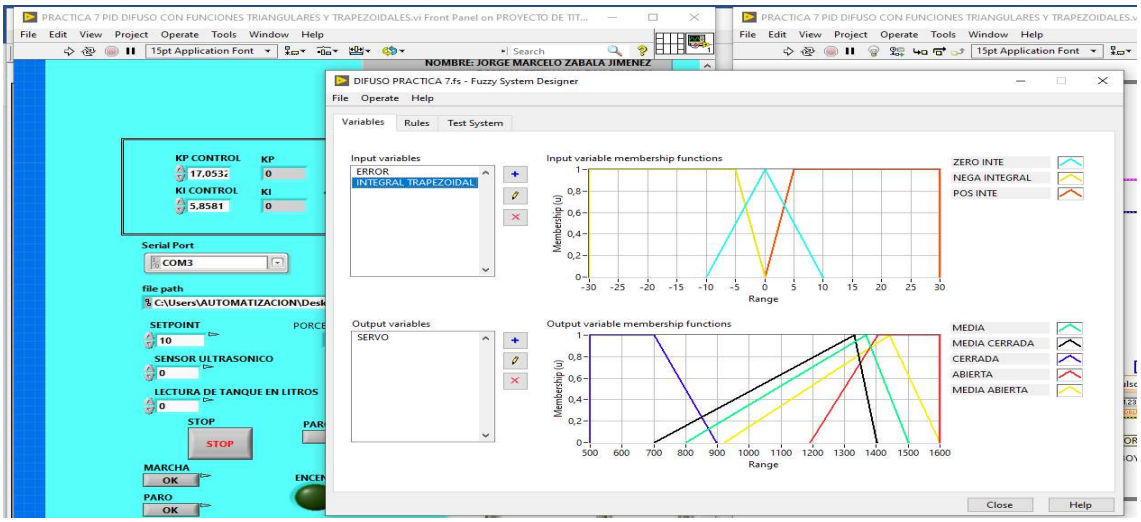


Figura16. Ventana de las variables de entrada y salida con funciones de pertenencias. Visualización de la Segunda Entrada.

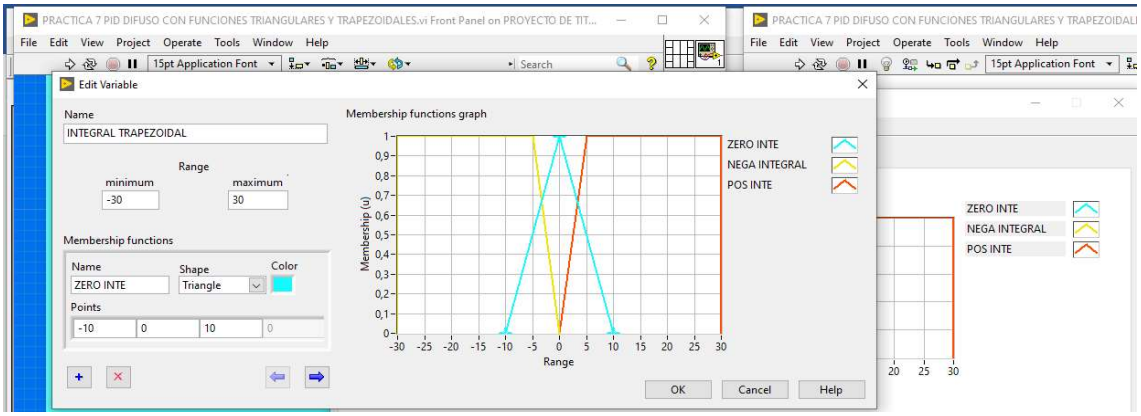


Figura17. Ventana para configuración de rangos de las variables de la Segunda Entrada.

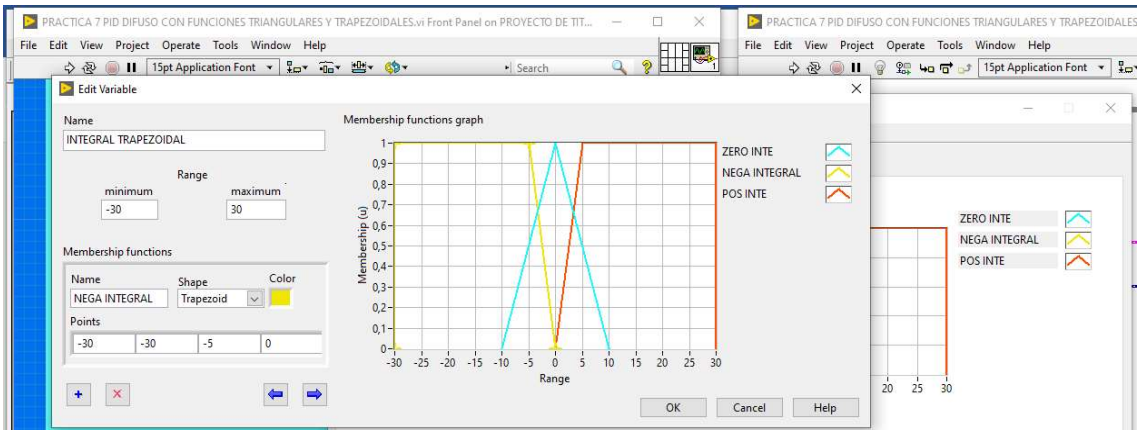


Figura18. Ventana para configuración de rangos de las variables de la segunda entrada.

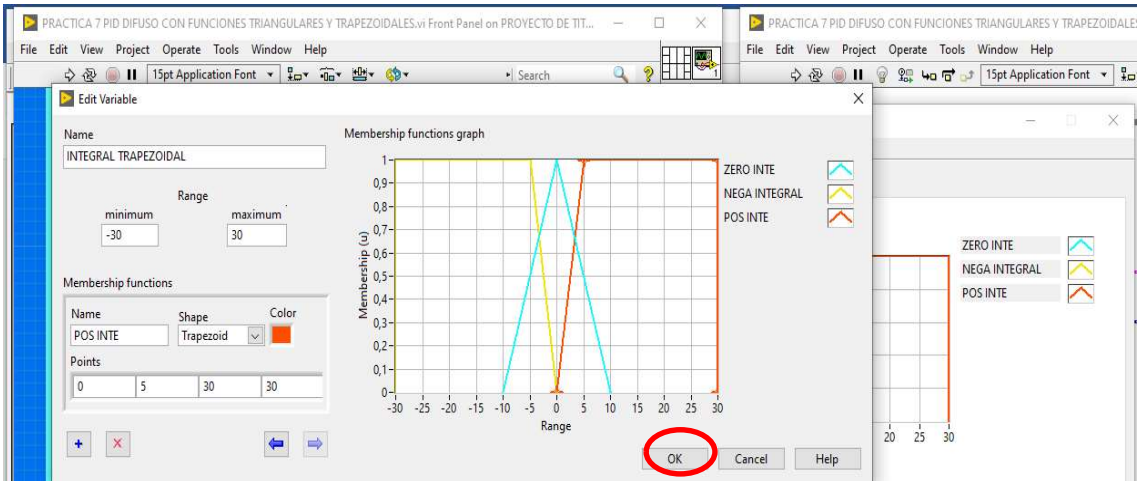


Figura19. Ventana para configuración de rangos de las variables de la Segunda Entrada.

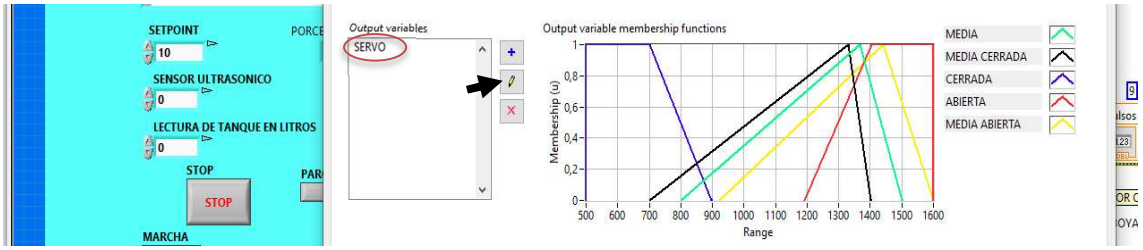


Figura20. Ventana de las variables de entrada y salida con funciones de pertenencias. Visualización de la Salida.

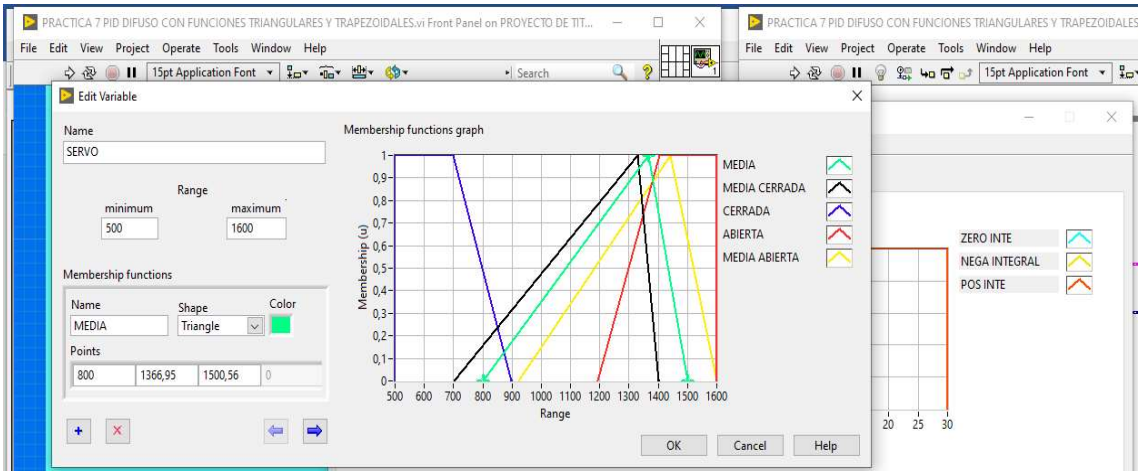


Figura21. Ventana para configuración de rangos de las variables de la Salida.

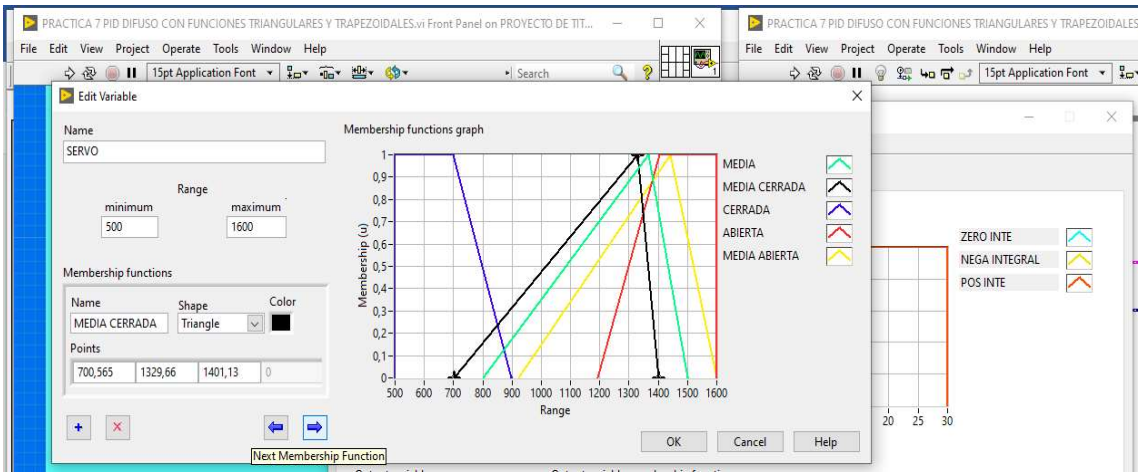


Figura22. Ventana para configuración de rangos de las variables de la Salida.

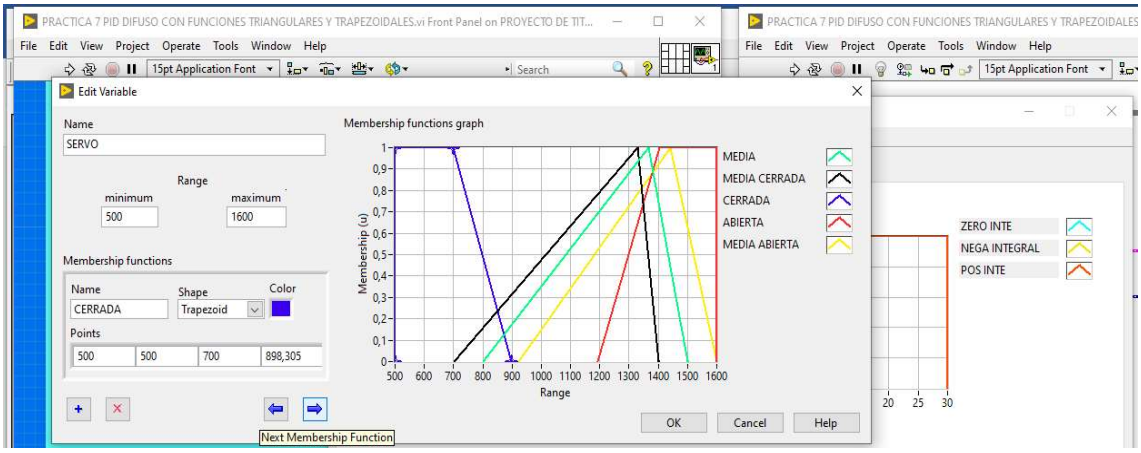


Figura23. Ventana para configuración de rangos de las variables de la Salida.

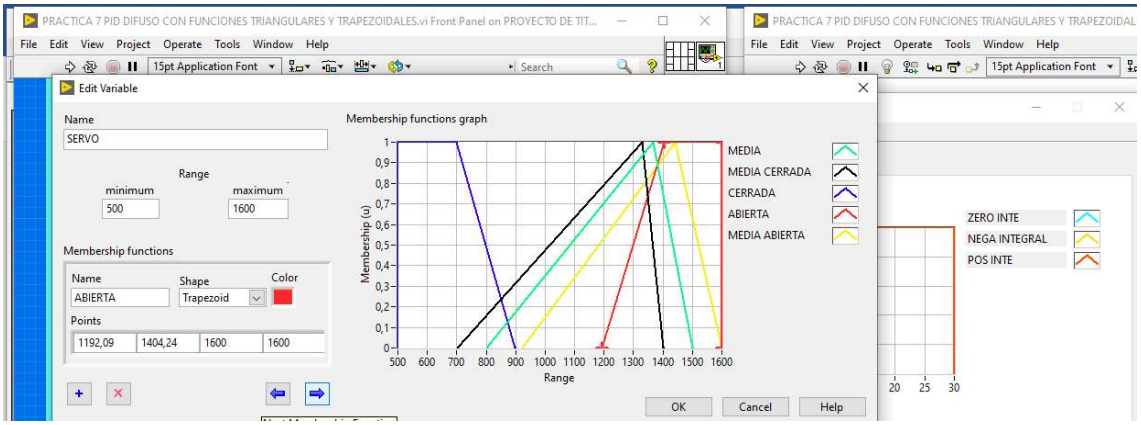


Figura24. Ventana para configuración de rangos de las variables de la Salida.

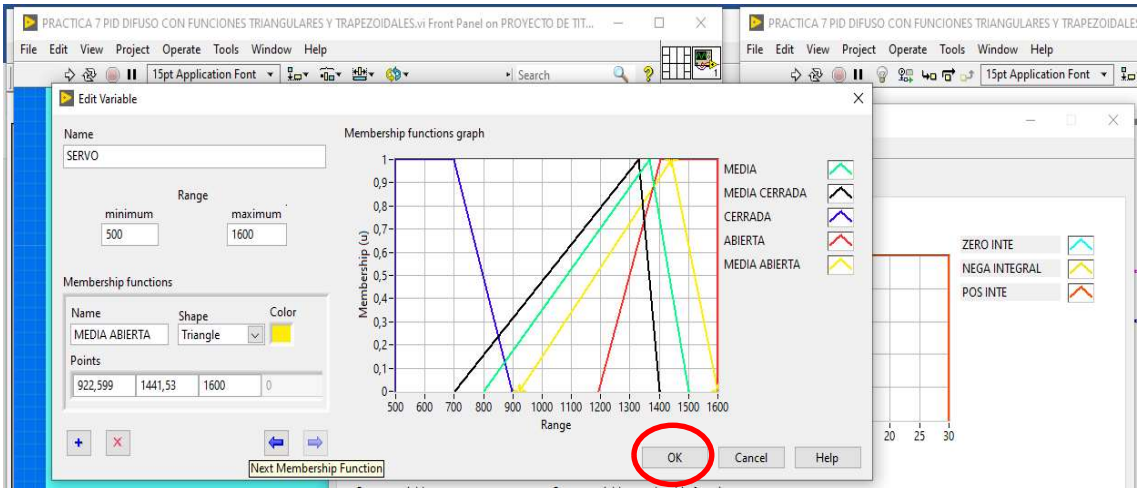


Figura25. Ventana para configuración de rangos de las variables de la Salida.

8. Nos ubicamos en la pestaña Rules, para realizar y visualizar las reglas de pertenencia y parámetros que hemos desarrollado para este proceso. Una vez concluido lo anterior damos clic en Close.

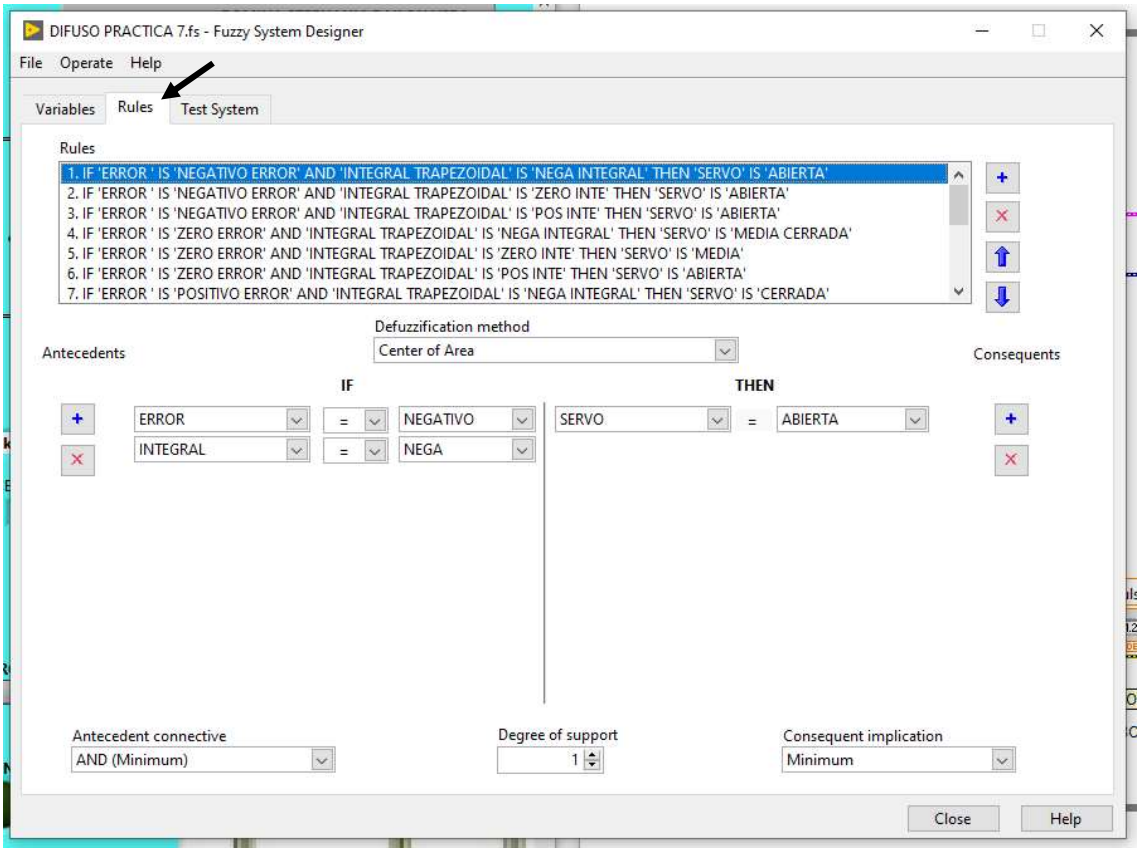


Figura26. Ventana para la configuración de las reglas dispuestas para la interacción de funciones de pertenencias Trapezoidales y Triangulares.

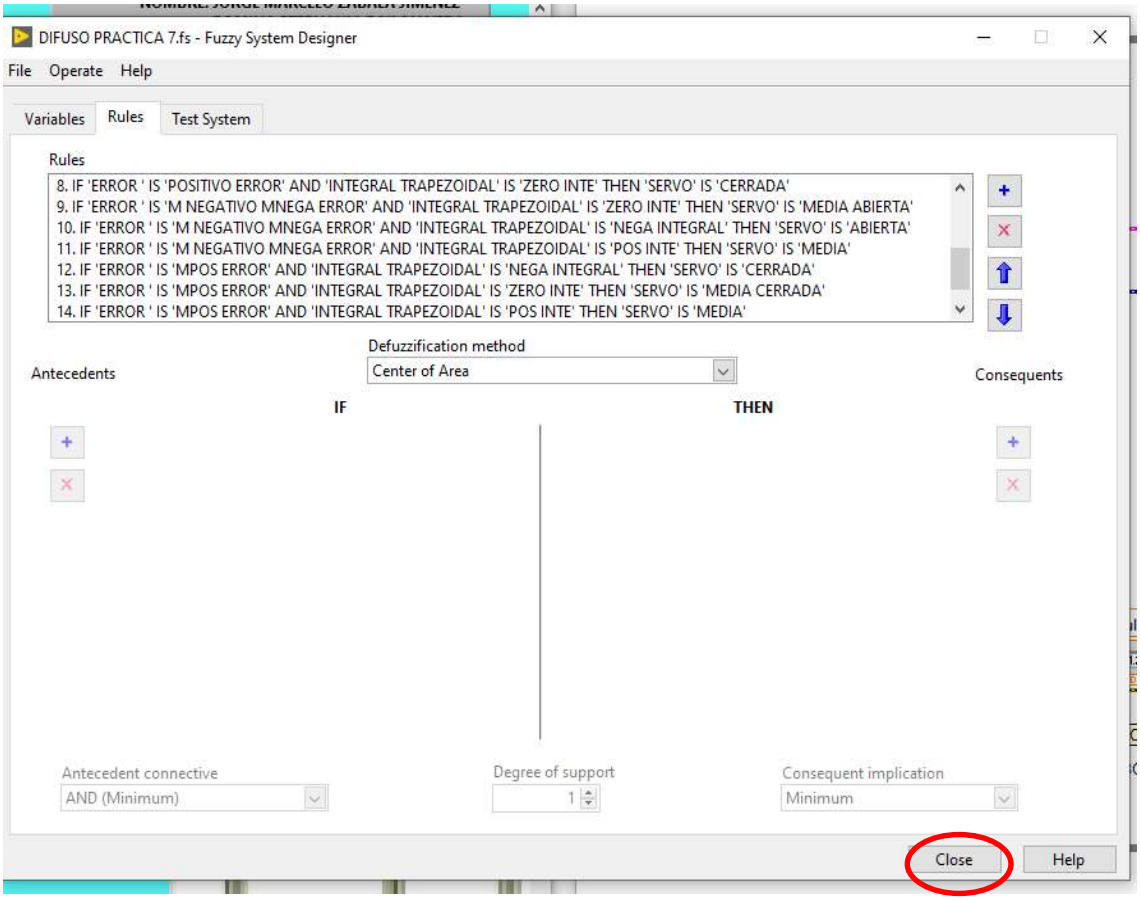


Figura27. Ventana para la configuración de las reglas dispuestas para la interacción de funciones de pertenencias Trapezoidales y Triangulares.

9. Si se solicita la gráfica de todo anteriormente mencionado, nos dirigimos a la siguiente pestaña Test System, terminado el análisis de la gráfica damos clic en Close.

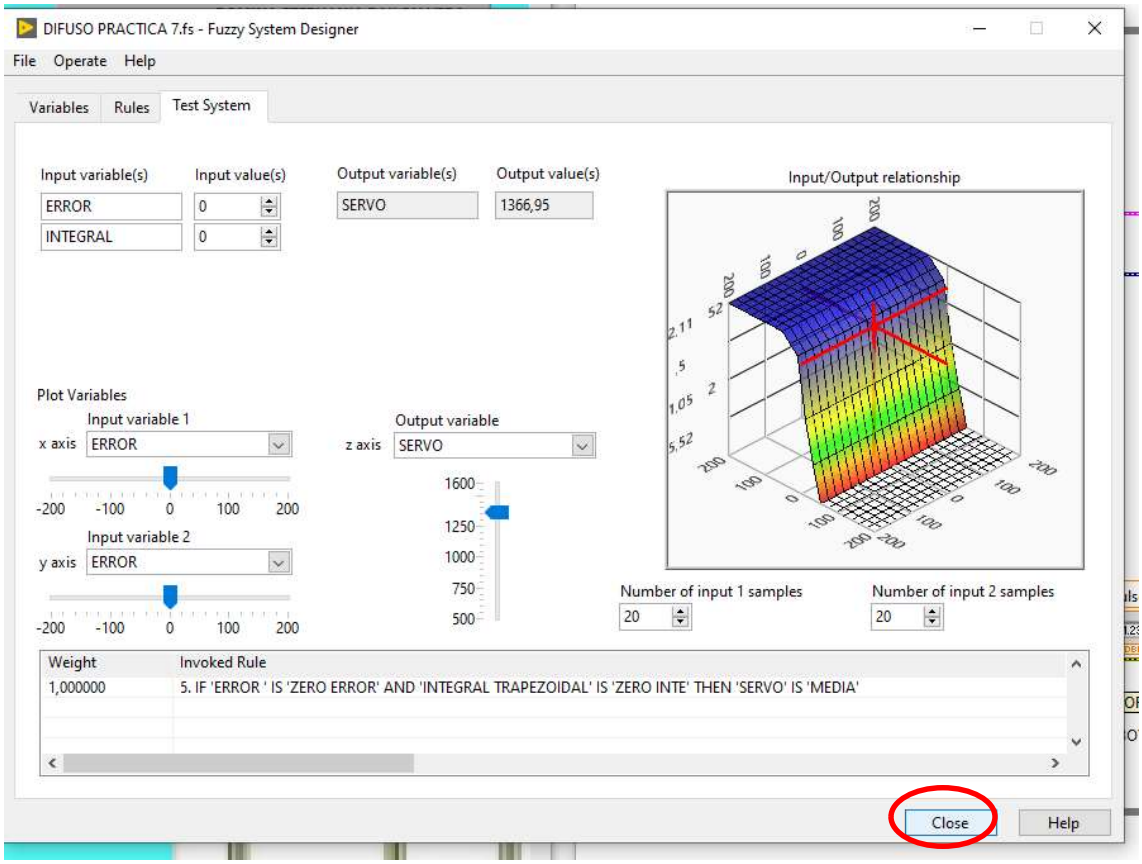


Figura28. Ventana para la visualización del testeo del sistema y gráfica de salida con el uso de las reglas dispuestas anteriormente.

d. Recursos Utilizados

- Lámina que contiene al PLC Siemens S7-1500.
- Planta de tanques para el control de nivel de llenado que contiene al PLC Siemens S7-1200.
- Lámina de Fuente de Alimentación.
- Lámina de Distribución.
- Lámina de Mando y Señalización.
- Computadora con software TIA Portal Versión 15.1, Labview 2018 o superior y herramienta OPC Server.

e. Registro de Resultados

Podemos apreciar satisfactoriamente el funcionamiento de práctica #6. Se muestra a nuestro PLC S7-1500 en su estado RUN con todos los datos programados cargados, además de las conexiones pertinentes en las láminas usadas.

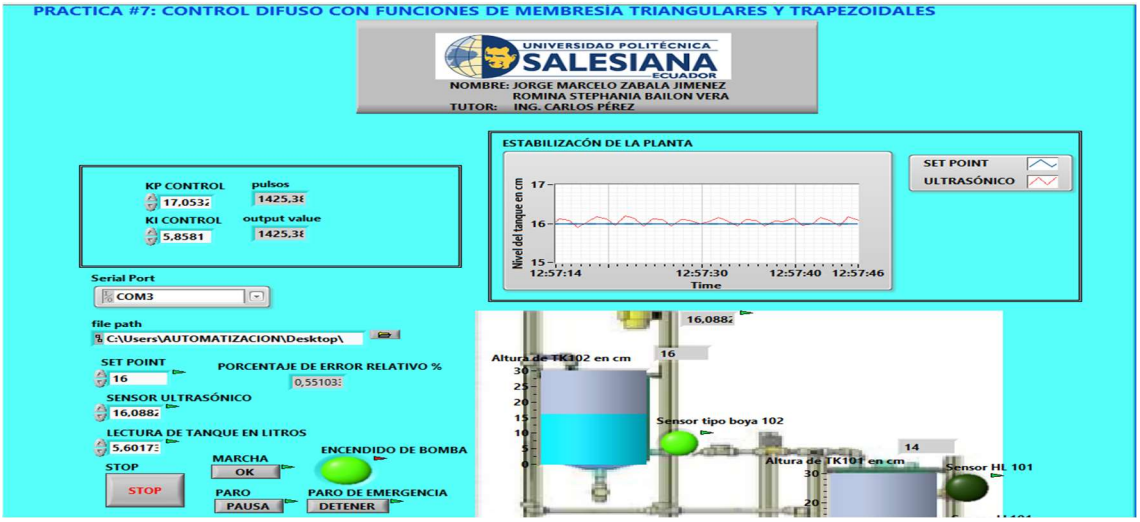


Figura29. Registro de Resultados.

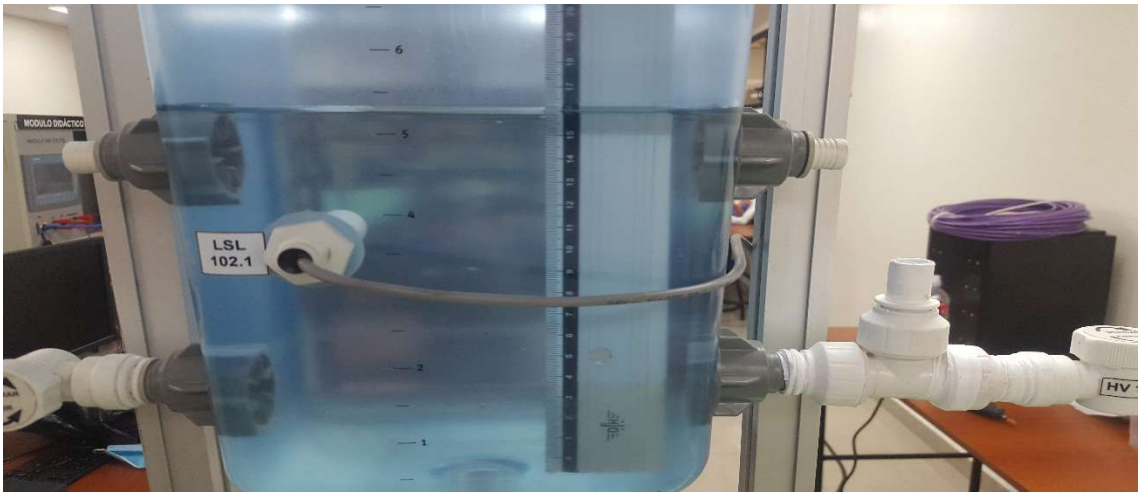
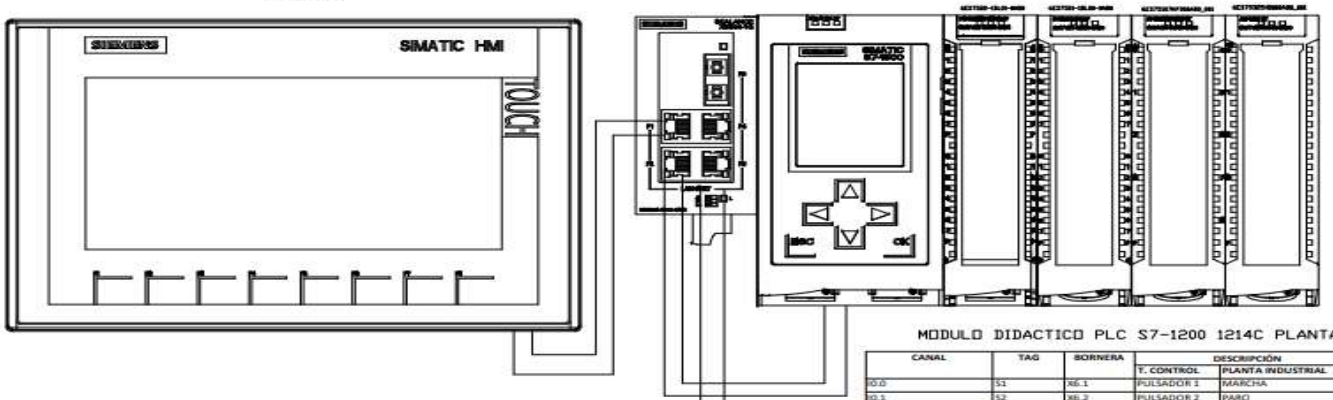


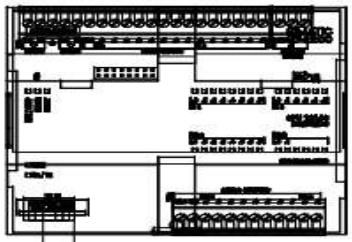
Figura30. Registro de Resultados.

MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP

PRACTICA # 6,7,8,9,10.



MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA



MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA

CANAL	TAG	BORNERA	DESCRIPCIÓN	
			T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S1	X6.1	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S2	X6.2	PULSADOR 2	PARO
I0.2	S3	X6.3	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA
I0.3	S4	X6.4	PULSADOR 4	SELECTOR (MANUAL)
I0.4	S5	X6.5	PULSADOR 5	SELECTOR (AUTOMÁTICO)
I0.5	S6	X6.6	PULSADOR 6	JOG VÁLVULA
I0.6	S7	X6.7	SWITCH 1	JOG VARIADOR
I0.7	S8	X6.8	SWITCH 2	SENSOR TIPO BOYA (LL TK102)
I1.0	S9	X6.9	SWITCH 3	CONFIRMACIÓN VÁLVULA ABIERTA
I1.1	S10	X6.10	SWITCH 4	CONFIRMACIÓN VÁLVULA CERRADA
I1.2	S11	X6.11	SWITCH 5	SENSOR CAPACITIVO (HL TK101)
I1.3	S12	X6.12	SWITCH 6	SENSOR CAPACITIVO (LL TK101)
Q0.0	H1	X7.1	LED 1	ACCIONAMIENTO VÁLVULA
Q0.1	H2	X7.2	LED 2	VARIADOR MODO ON/OFF
Q0.2	H3	X7.3	LED 3	VARIADOR MODO ANALÓGICO
Q0.3	H4	X7.4	LED 4	LUZ PILOTO (H4)
Q0.4	H5	X7.5	LED 5	LUZ PILOTO (H5)
Q0.5	H6	X7.6	LED 6	LUZ PILOTO (H6)
Q0.6	H7	X7.7	LED 7	LUZ PILOTO (H7)
Q0.7	H8	X7.8	LED 8	LUZ PILOTO (H8)
AI0	AI1	X8.1	POT. 1	SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO
AI1	AI2	X8.2	POT. 2	RESERVA
AO+	AI1	X9.1	VOLTÍMETRO	VARIADOR
1M	0VDC	X5.1	0VDC	0VDC

MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3PN/DP

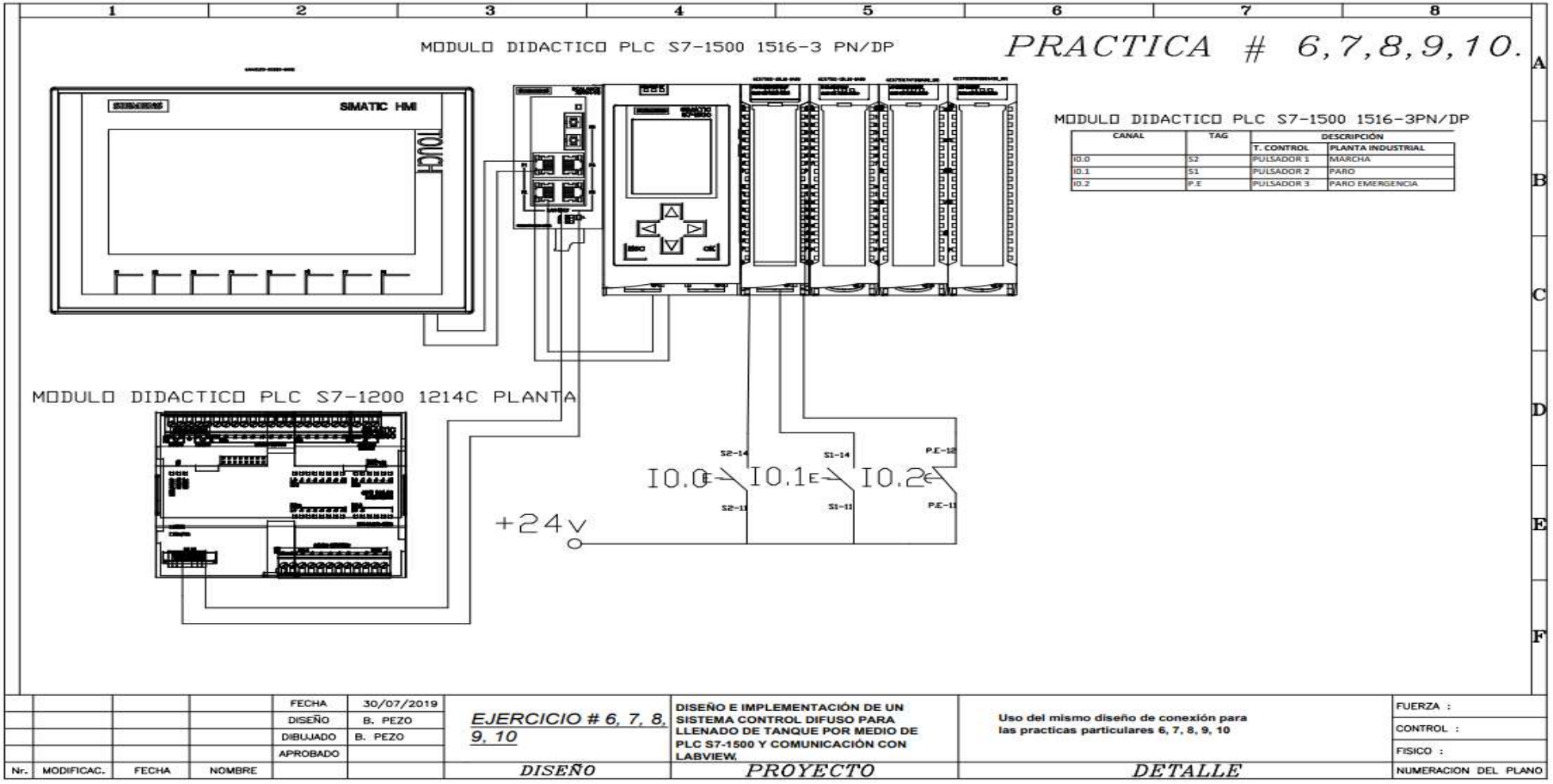
CANAL	TAG	DESCRIPCIÓN	
		T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S2	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S1	PULSADOR 2	PARO
I0.2	P.E	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA

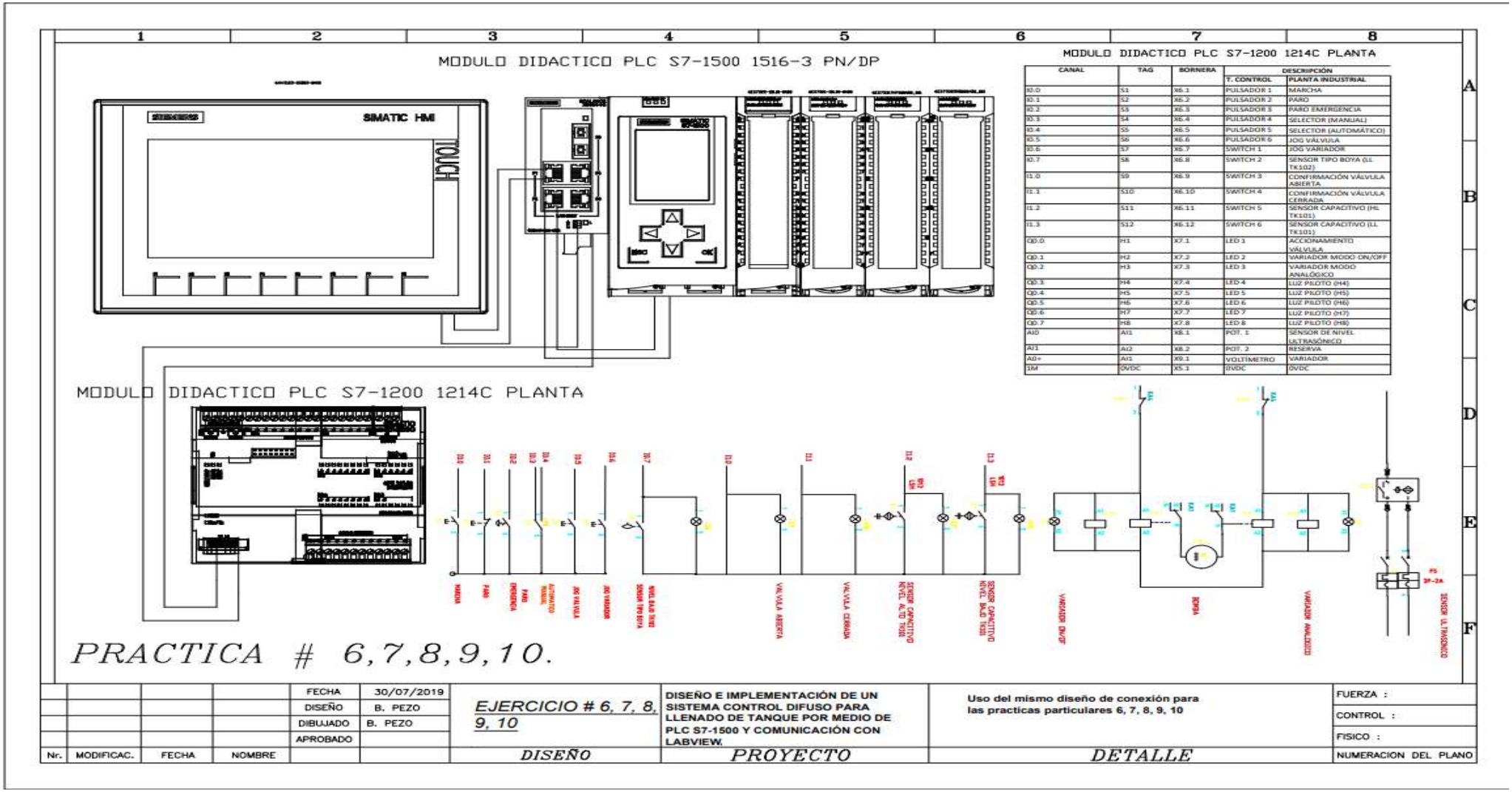
				FECHA	30/07/2019		
				DISEÑO	J. ZABALA	EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.
				DIBUJADO	J. ZABALA		
				APROBADO			
Nr.	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			DISEÑO	PROYECTO

Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10

DETALLE

FUERZA :
CONTROL :
FISICO :
NUMERACION DEL PLANO


MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP
PRACTICA # 6,7,8,9,10.
SIMATIC HMI
TOUCH
MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3PN/DP
CANAL
TAG
DESCRIPCIÓN
T. CONTROL
PLANTA INDUSTRIAL
I0.0 S2 PULSADOR 1 MARCHA
I0.1 S1 PULSADOR 2 PARO
I0.2 P.E PULSADOR 3 PARO EMERGENCIA
MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA
I0.0
I0.1
I0.2
+24V
S2-14
S2-11
S1-14
S1-11
P.E-12
P.E-11
A
B
C
D
E
F
FECHA 30/07/2019
DISEÑO B. PEZO
DIBUJADO B. PEZO
APROBADO
Nr. MODIFICAC. FECHA NOMBRE
EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10
DISEÑO
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.
PROYECTO
Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10
DETALLE
FUERZA :
CONTROL :
FISICO :
NUMERACION DEL PLANO


MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP
SIMATIC HMI
TOUCH
MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA
MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA
CANAL | TAG | BORNERA | DESCRIPCIÓN T. CONTROL | DESCRIPCIÓN PLANTA INDUSTRIAL
I0.0 | S1 | X6.1 | PULSADOR 1 | MARCHA
I0.1 | S2 | X6.2 | PULSADOR 2 | PARO
I0.2 | S3 | X6.3 | PULSADOR 3 | PARO EMERGENCIA
I0.3 | S4 | X6.4 | PULSADOR 4 | SELECTOR (MANUAL)
I0.4 | S5 | X6.5 | PULSADOR 5 | SELECTOR (AUTOMÁTICO)
I0.5 | S6 | X6.6 | PULSADOR 6 | JOG VÁLVULA
I0.6 | S7 | X6.7 | SWITCH 1 | JOG VARIADOR
I0.7 | S8 | X6.8 | SWITCH 2 | SENSOR TIPO BOYA (LL TK102)
I1.0 | S9 | X6.9 | SWITCH 3 | CONFIRMACIÓN VÁLVULA ABIERTA
I1.1 | S10 | X6.10 | SWITCH 4 | CONFIRMACIÓN VÁLVULA CERRADA
I1.2 | S11 | X6.11 | SWITCH 5 | SENSOR CAPACITIVO (HL TK101)
I1.3 | S12 | X6.12 | SWITCH 6 | SENSOR CAPACITIVO (LL TK101)
Q0.0 | H1 | X7.1 | LED 1 | ACCIONAMIENTO VÁLVULA
Q0.1 | H2 | X7.2 | LED 2 | VARIADOR MODO ON/OFF
Q0.2 | H3 | X7.3 | LED 3 | VARIADOR MODO ANALÓGICO
Q0.3 | H4 | X7.4 | LED 4 | LUZ PILOTO (H4)
Q0.4 | H5 | X7.5 | LED 5 | LUZ PILOTO (H5)
Q0.5 | H6 | X7.6 | LED 6 | LUZ PILOTO (H6)
Q0.6 | H7 | X7.7 | LED 7 | LUZ PILOTO (H7)
Q0.7 | H8 | X7.8 | LED 8 | LUZ PILOTO (H8)
AI0 | AI1 | X8.1 | POT. 1 | SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO
AI1 | AI2 | X8.2 | POT. 2 | RESERVA
A0+ | AI1 | X9.1 | VOLTIMETRO | VARIADOR
1M | 0VDC | X5.3 | 0VDC | 0VDC
MARCHA
PARO
PARO EMERGENCIA
SELECTOR MANUAL
AUTOMATICO
JOG VALVULA
JOG VARIADOR
NIVEL BAJO TK102
SENSOR TIPO BOYA
VALVULA ABIERTA
VALVULA CERRADA
SENSOR CAPACITIVO NIVEL ALTO TK101
SENSOR CAPACITIVO NIVEL BAJO TK101
VARIADOR ON/OFF
BOMBA
VARIADOR ANALOGICO
SENSOR ULTRASONICO
PRACTICA # 6,7,8,9,10.
FECHA 30/07/2019
DISEÑO B. PEZO
DIBUJADO B. PEZO
APROBADO
Nr. MODIFICAC. FECHA NOMBRE
EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10
DISEÑO
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.
PROYECTO
Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10
DETALLE
FUERZA :
CONTROL :
FISICO :
NUMERACION DEL PLANO

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Práctica #8

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. CARLOS PÉREZ

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: "Control de Nivel de Tanque Mediante Modelado Discreto y Continuo de la Planta utilizando Fuzzy Designer en Labview, con OPC Server para comunicación con TIA Portal para el control del proceso".

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

a. Objetivo General:

Prender a crear un modelo matemático de la planta para desarrollar el control discreto. El control continuo se lo elabora mediante simulación en Labview con información obtenida por medio del software Matlab y Labview. El control de llenado sigue siendo mediante el software Tia Portal y las funciones de pertenencia serán las antes vistas en la práctica 7 para el control difuso de nuestra práctica actual.

b. Objetivos Específicos:

- Diseñar un programa de activación de variables en el software TIA Portal versión 15.1.
- Diseñar un programa de control difuso en el software Labview 2018.
- Diseñar un programa en Matlab para obtener el modelo matemático de la planta además de los valores del control PID que utilizamos junto a nuestro control difuso.
- Implementar mediante las conexiones en los sistemas de fuerza y control.
- Analizar las funciones de pertenencias triangulares y trapezoidales para la correcta interrelación de ambos tipos para la obtención de control óptimo para el proceso requerido por medio de la realización de una base de datos guardados en Excel.

c. Marco Procedimental

Proceso En TIA Portal

Para esta parte se pide por favor revisar la "PRÁCTICA#6", el ítem con el nombre "Proceso En TIA Portal" ya que en esta área realizaremos la misma configuración vista en dicha práctica sin ninguna variante de ningún tipo. Proseguiremos avanzando al siguiente ítem el cual será "Proceso En OPC Server".

Proceso En OPC Server

Para esta parte se pide por favor revisar la "PRÁCTICA#6", el ítem con el nombre "Proceso en OPC Server" ya que en esta área realizaremos la misma configuración vista en dicha práctica sin ninguna variante de ningún tipo. Proseguiremos avanzando al siguiente ítem el cual será "Proceso en Labview".

Proceso En Labview

1. Dar Clic sobre el ícono del software NI Labview 2018 o superior y asegurándose de qué versión es su PC o laptop (32-64bytes). Una vez aparezca el logo de Labview escogemos la opción Labview. Realizaremos los mismos pasos efectuados en la práctica #7 en la sección **"Proceso en Labview"** del ítem 2 al 12.

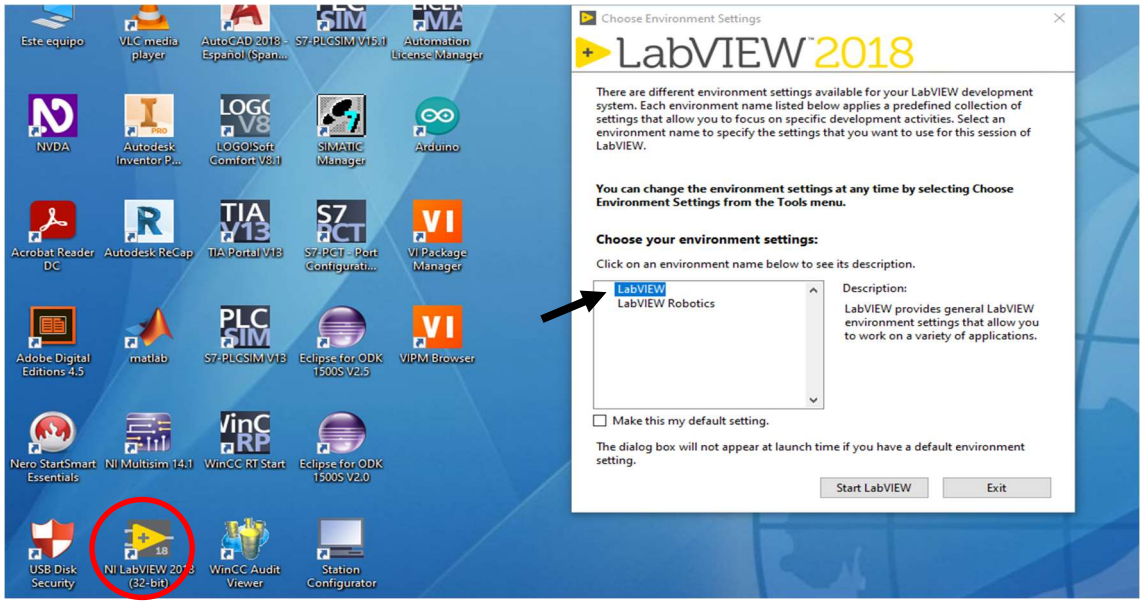


Figura1. Pantalla de inicio y visualización del software Labview.

2. Podemos observar el uso de la herramienta, la misma que tiene como utilidad tomar varias señales y almacenarlas en un solo documento o grafica para facilitarnos las comparaciones de lecturas de todos los valores de variables que intervienen. En este caso entran las señales de SET POINT (valor solicitado por el usuario) y EL SENSOR ULTRASÓNICO (la lectura de la medida en tiempo real de nuestro sensor) y se guardan en el bloque anteriormente mencionado en el paso 10 de la sección de ***Programación en Labview 2018***

o Superior. Continuamos dando doble clic sobre este bloque y configuramos el tipo de documento que deseamos que sean guardados nuestros datos y los siguientes parámetros.

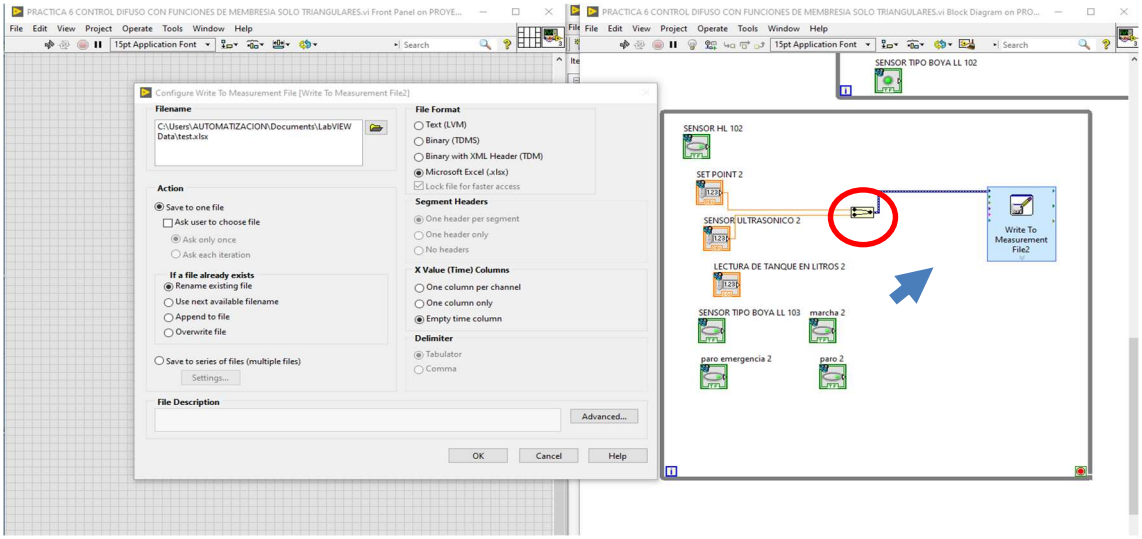


Figura2. Configuración del Bloque de escritura y almacenamiento “Write To Measurement File”.

Proceso en Matlab

1. Dar Clic sobre el ícono del software Matlab. Una vez el programa se inicie nos mostrara una ventana donde encontremos las diferentes herramientas que tiene el software.

Figura3. Abrir el software Matlab para crear el modelado matemático de nuestra planta.

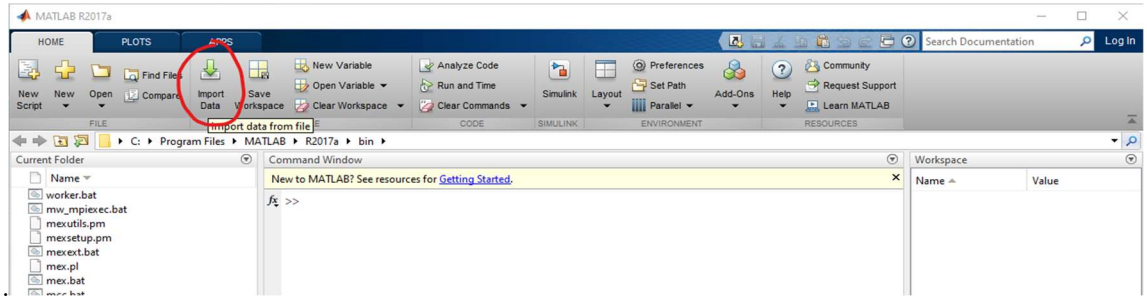


Figura4. Pantalla del software Matlab.

2. Dar Clic sobre el ícono “Import data” para utilizar la información recolectada de la planta por medio del sensor ultrasónico y el setpoint del PLC. Con esta herramienta utilizaremos los valores mencionados para crear nuestro modelo matemático.

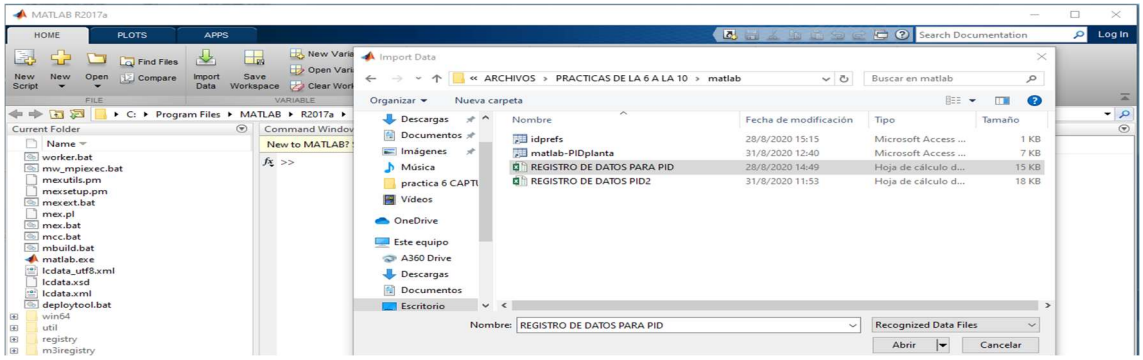


Figura5. Ventana de ruta de registro de datos.

3. Seleccionamos el archivo Excel donde se nos ha guardado el registro de lectura de datos hecho en Labview y luego nos aparecerá las columnas seleccionadas en una pantalla para poder ingresarlas como datos en Matlab.

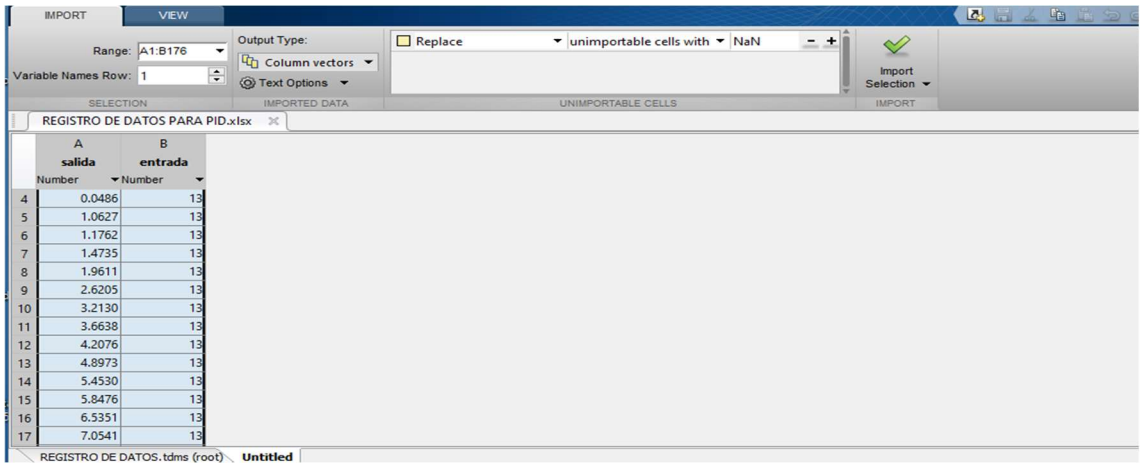


Figura6. Ventana de Import data.

4. Seleccionamos las dos columnas, le colocamos nombres debajo de la columna A la le pondremos salida y debajo de la columna B le pondremos entrada. El tipo de salida debemos colocar como “Column Vectors” y procedemos a dar clic a la herramienta que tiene de nombre “import selection”.

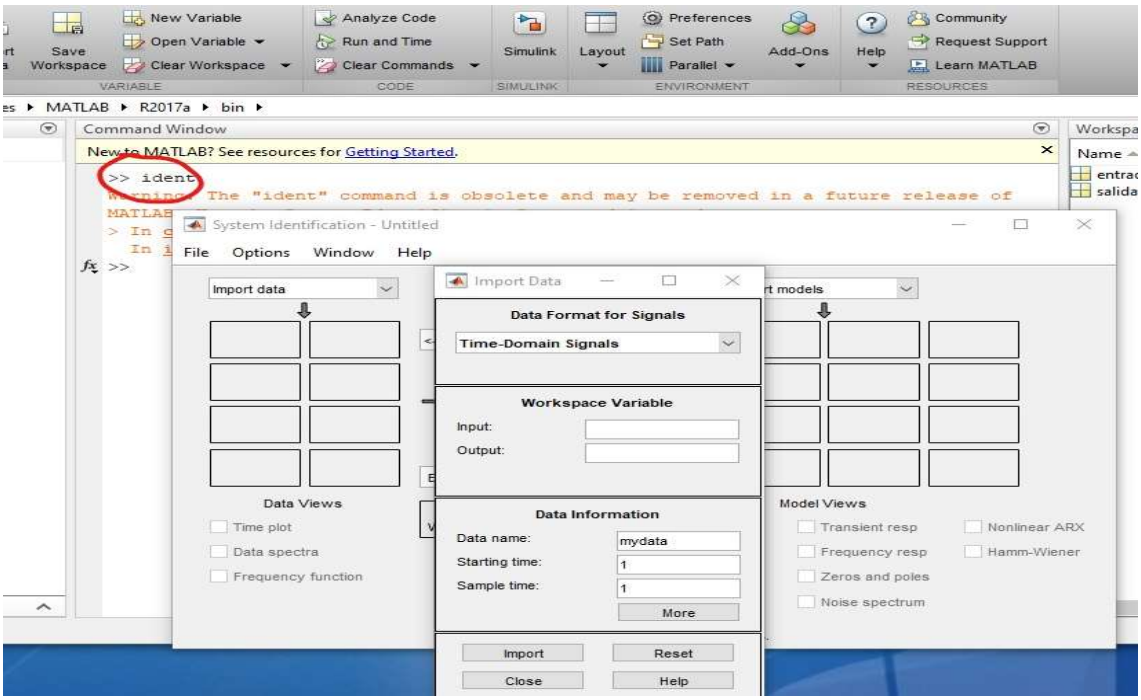


Figura7. Ventana de ident.

5. Escribimos ident en la pantalla de Matlab con lo cual llamaremos a esta herramienta para modelos matemáticos, continuamos dándole a la opción q dice “Import data” y elegimos la opción “time-domain signals” con lo cual nos aparecerá la ventana que se muestra en la imagen.

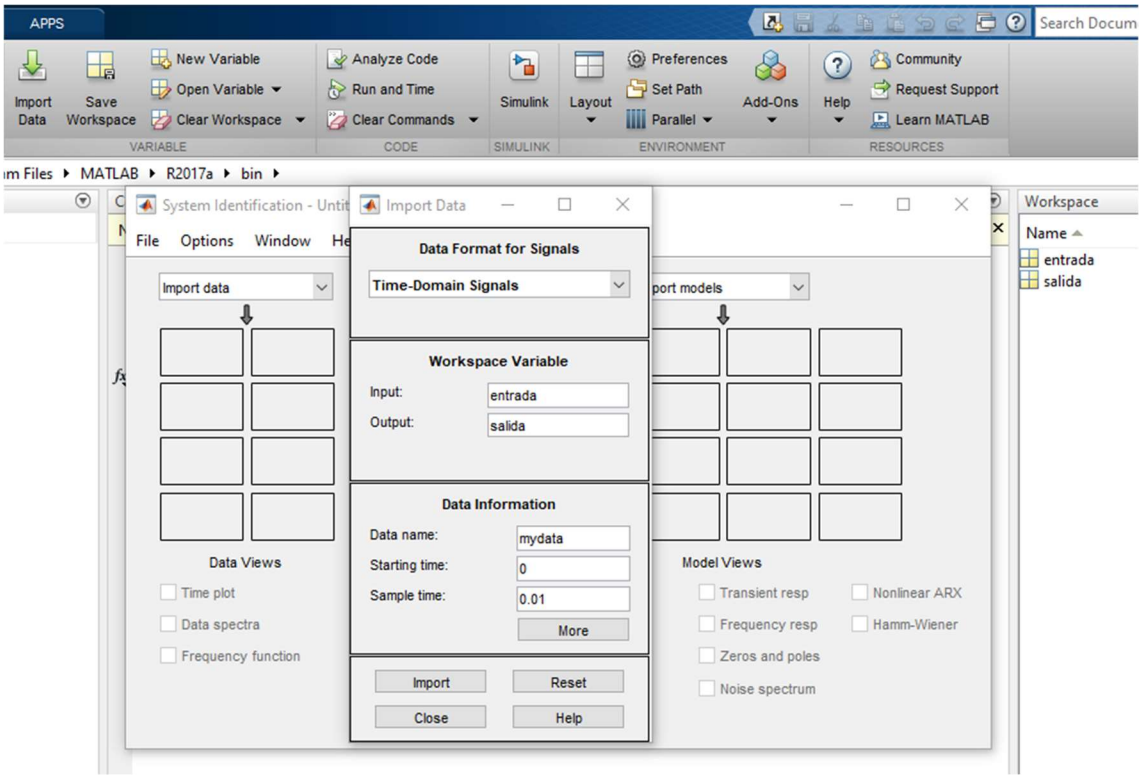


Figura8. Ventana de ident.

6. Comenzamos a llenar los campos vacíos que aparecen en nuestra ventana colocando en la parte de Input y Output los nombres de las columnas q importamos de Excel “entrada” y “salida”. Colocamos en el campo de starting time el valor de “0” y simple time colocamos “0.01” y por último damos a la opción import.

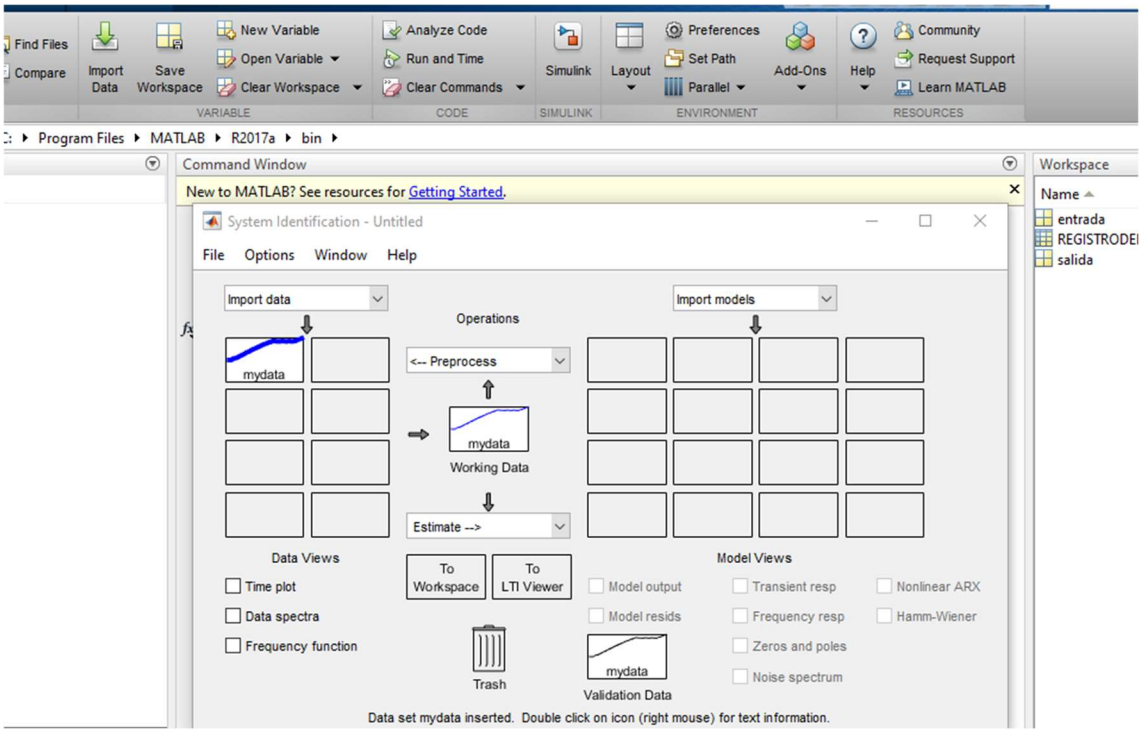


Figura9. Ventana de ident.

7. Una vez que ya tenemos nuestra función de la planta vamos a seguir dándole a la opción que dice **Estimate** y elegiremos una opción que dice **Process Models**.

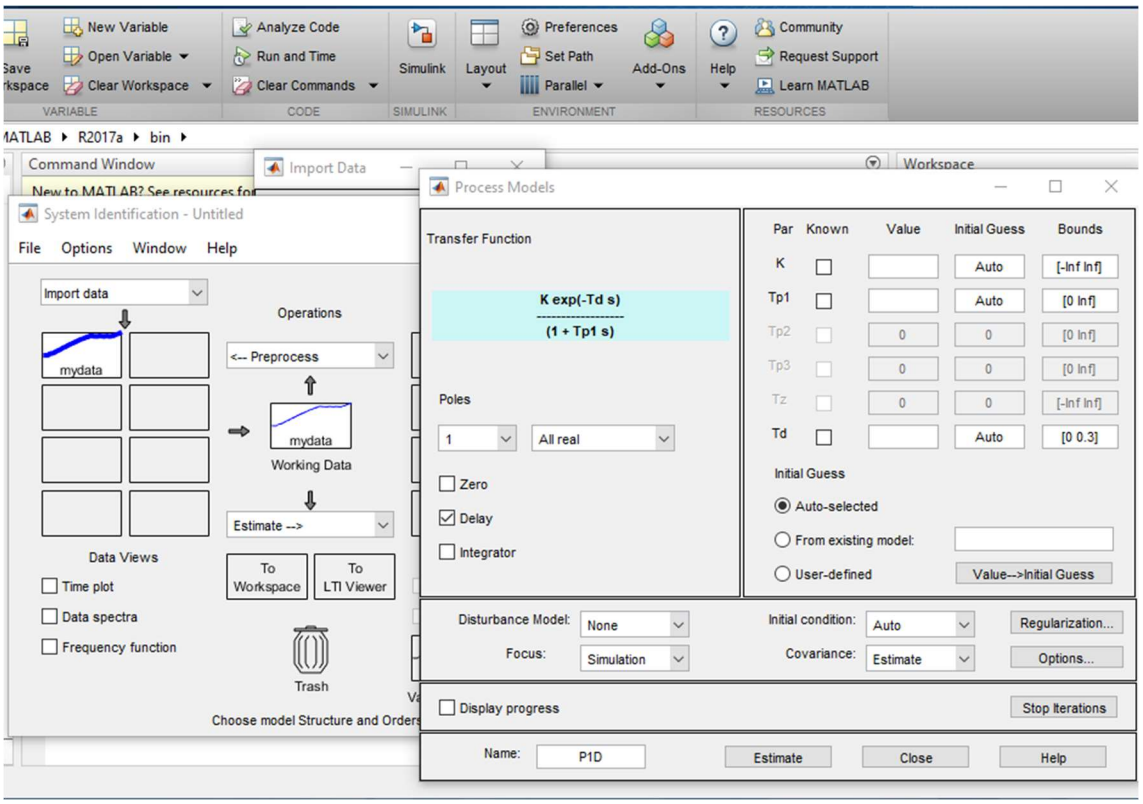


Figura10. Process Models.

8. En esta ventana vamos a crear el controlador que queramos para nuestra planta, para lo cual vamos a cambiar los campos (poles – zero – delay - integrator) y hacemos clic en

estimate para ver como quedo nuestro controlador. En la siguiente imagen se van a visualizar varios modelos comparados a nuestra funcion y de los cuales se puede visualizar un modelo matemático en la pantalla de la derecha, arrastramos el modelo que queremos utilizar a to workspace.

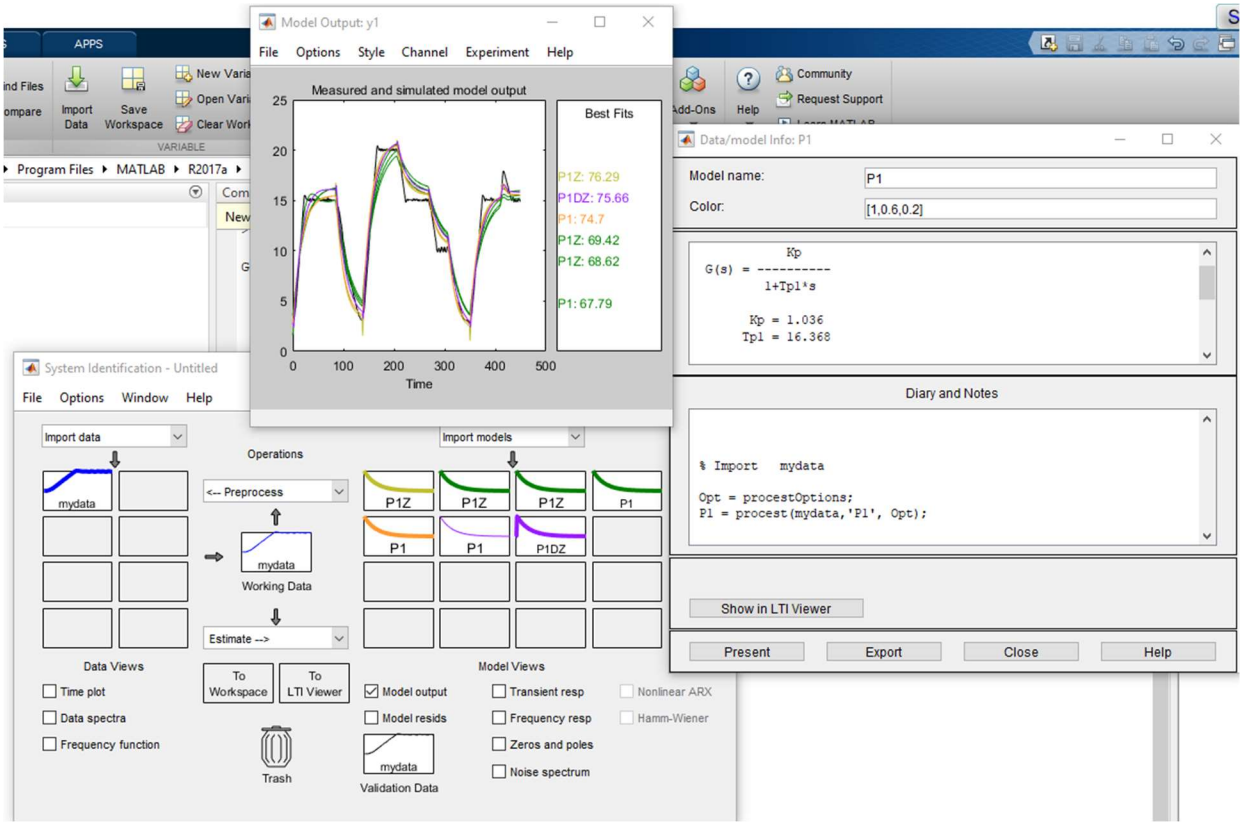


Figura11. Model Output.

9. En esta imagen veremos a la derecha que el modelo matemático se agregó a nuestro espacio de trabajo en Matlab como se nos muestra en la imagen.

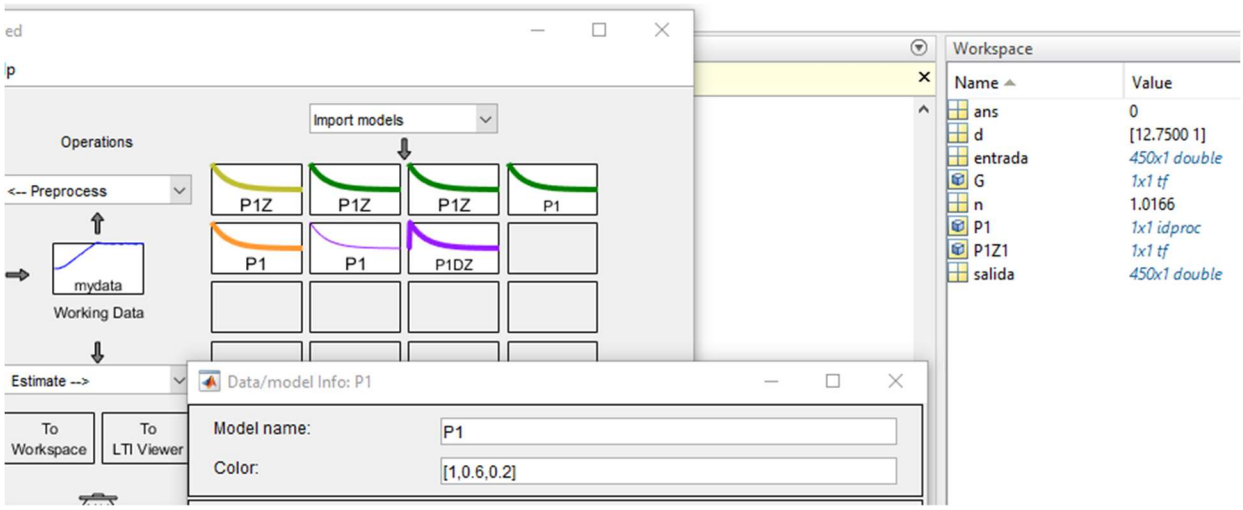


Figura12. Seleccionamos el modelo y colocamos en to workspace.

10. En la siguiente imagen podemos ver dos modelos matemáticos del cual escogimnos el primero para que represente nuestra planta, hemos conseguido el modelo matemático utilizando el comando tf de Matlab para obtener una funcion de transferencia continua. A continuación, se utiliza el comando pidtool en matlab.

```
P1Z1 =

     1.017
  -----------
  12.75 s + 1

Continuous-time transfer function.

>> A= tf(P1)

A =

  From input "u1" to output "y1":
     1.036
  -----------
  16.37 s + 1

Name: P1
Continuous-time transfer function.

>>
```

Figura13. Modelo matemático de la planta.

11. Una vez tengamos la pantalla de pidtool vamos a ir a la parte donde dice IMPORT y vamos aquí a escoger la variable donde se guardó nuestro modelo matemático de la planta. Aquí vamos a elegir el tipo de control que queremos en el área que dice TYPE para nuestra planta hemos escogido un control PI, luego vemos los parámetros para estabilización de la planta y por ultimo para seguir vamos a comprobar si los valores son correctos en Simulink.

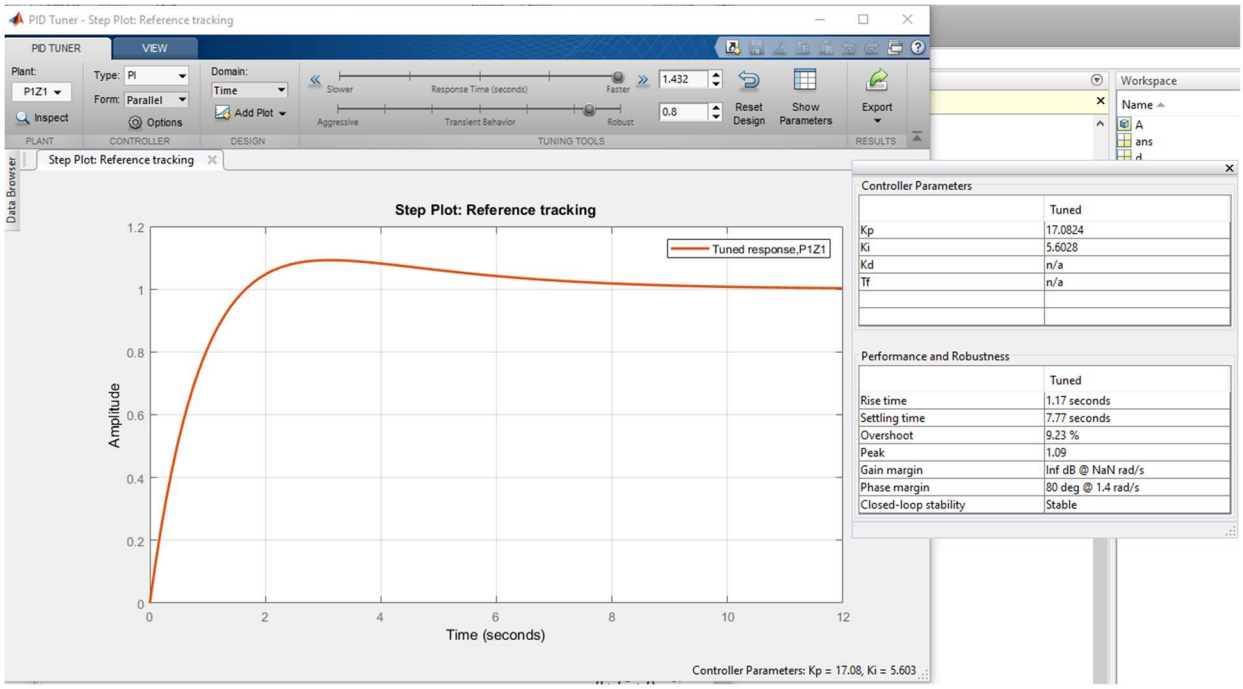


Figura14. Control PI con el comando pidtool de matlab.

12. Una vez tengamos la función de transferencia que representa nuestra planta, vamos a utilizar la herramienta Simulink la cual nos permite ver la respuesta que tendremos de la planta con diferentes tipos de control incluyendo también el valor idóneo para que trabaje nuestra planta, adicional la herramienta Simulink permite hacer otro tipo de simulaciones, pero nos centraremos solo en el modelado matemático de nuestra planta.

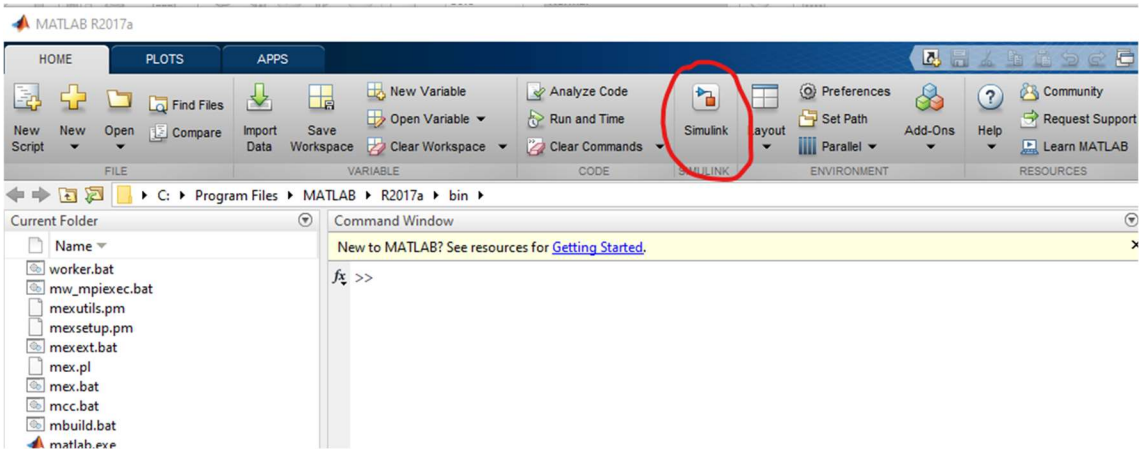


Figura15. Simulink

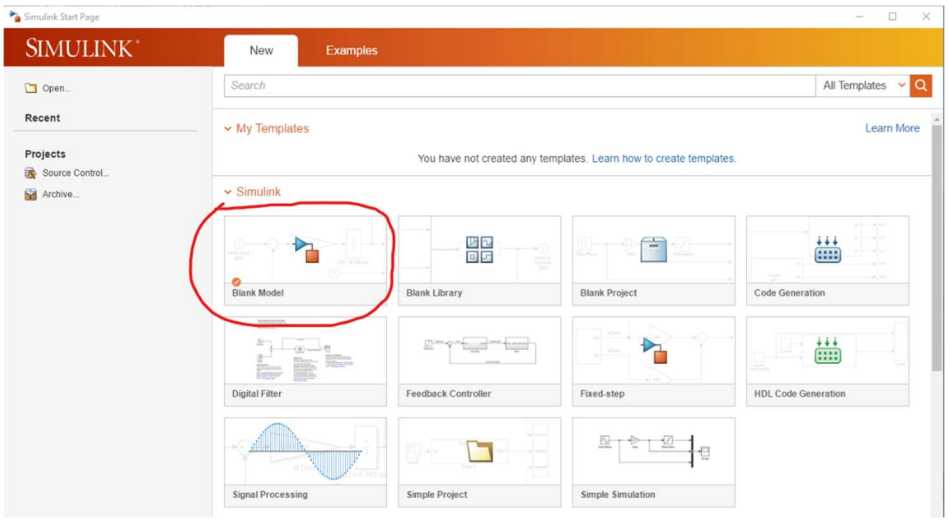


Figura16. Inicio de Simulink.

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

13. Cuando hacemos clic en Simulink lo primero que nos aparecerá será la siguiente ventana en la cual tendremos diferentes opciones para crear proyectos, nosotros le haremos clic a "Blank Model" para crear un proyecto en blanco y comenzar con la construcción del lazo de control de nuestra planta.

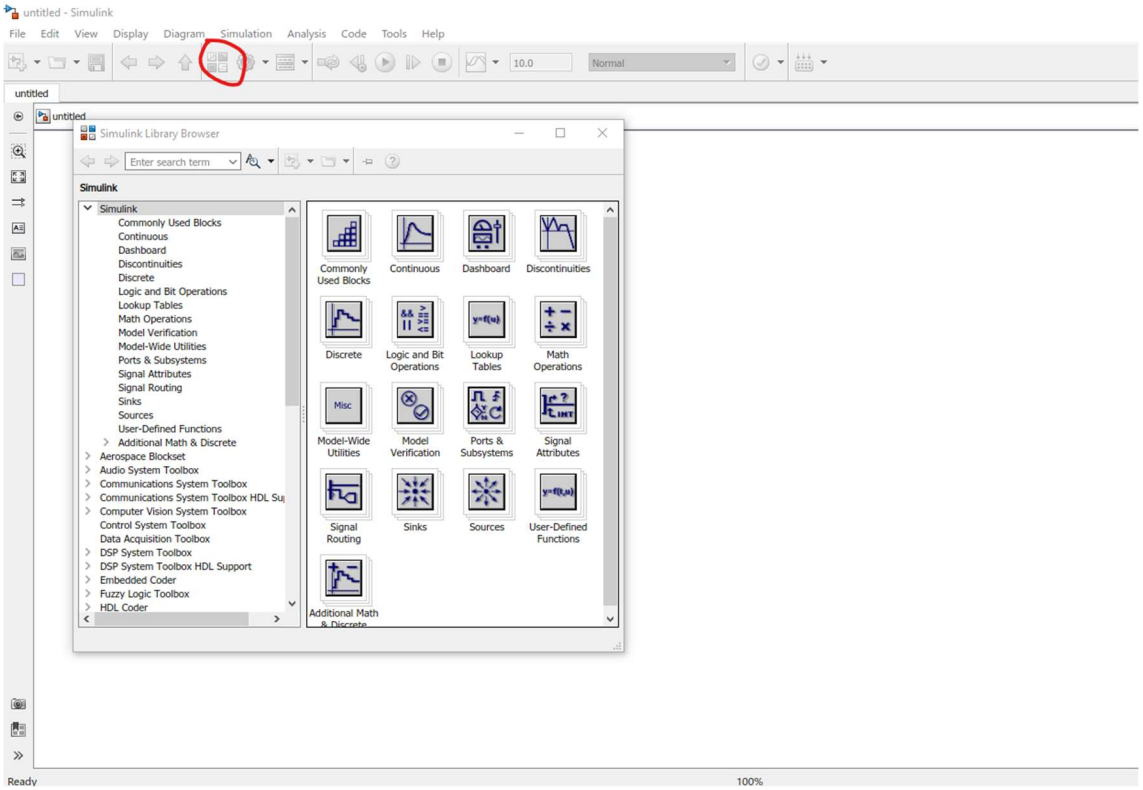


Figura17. Modelo en blanco Simulink.

14. Lo primero que haremos al mostrarse la pantalla de nuestro proyecto será ir a la opción "Simulink Library Browser", aquí es donde encontraremos las herramientas para crear nuestro lazo de control cerrado para nuestra planta, para lo cual vamos a utilizar diversos objetos de la librería de Simulink que se mostraran en la siguiente imagen.

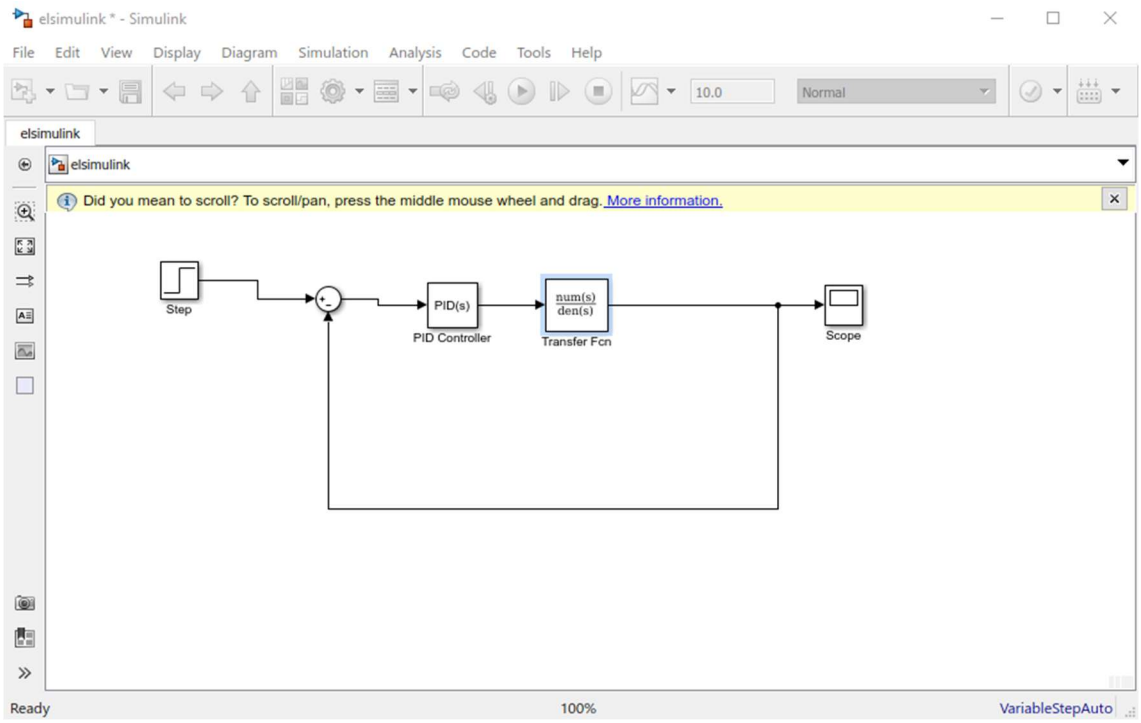


Figura18. Modelo en blanco Simulink.

15. Haremos uso de una señal step para simular la entrada de la planta, también haremos uso de un bloque sumador para hacer el lazo de control de nuestra planta, en la imagen también

se muestra un bloque de función de transferencia y un bloque de PID. En el bloque de función de transferencia agregaremos la función que adquirimos gracias a la herramienta ident de Matlab.

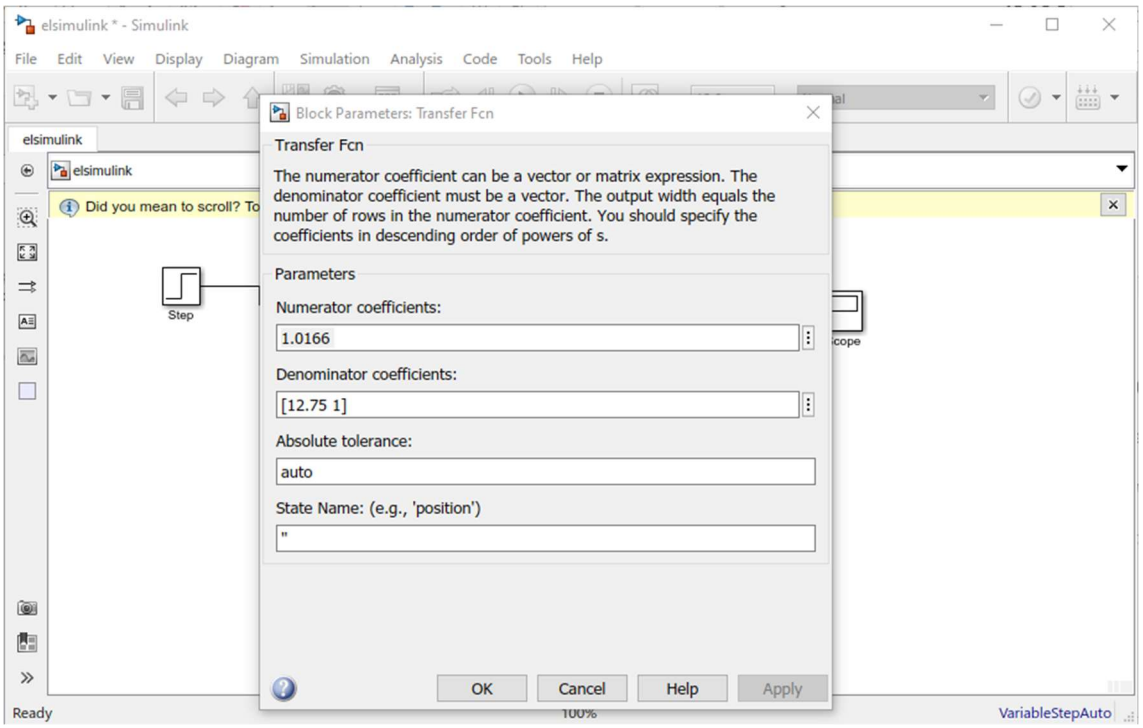


Figura19. Parámetros para función de transferencia.

16. Colocamos los valores de numerador y denominador que nos dio la herramienta ident sin olvidarnos dejar espacios en blanco entre valores para que no ocurra un error con los coeficientes del numerador y el denominador.

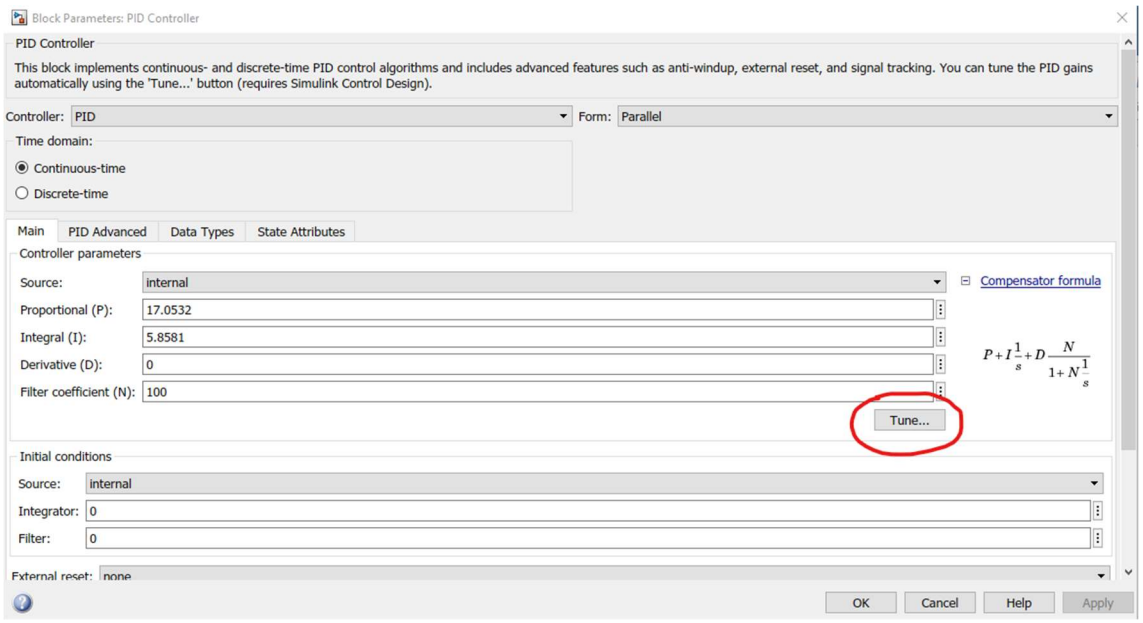


Figura20. Parámetros para PID.

17. Antes de colocar los valores de PID vamos a ir primero a la herramienta Tune, la cual nos va a mostrar los valores ideales con los cuales puede trabajar nuestra planta y responder de forma rápida.

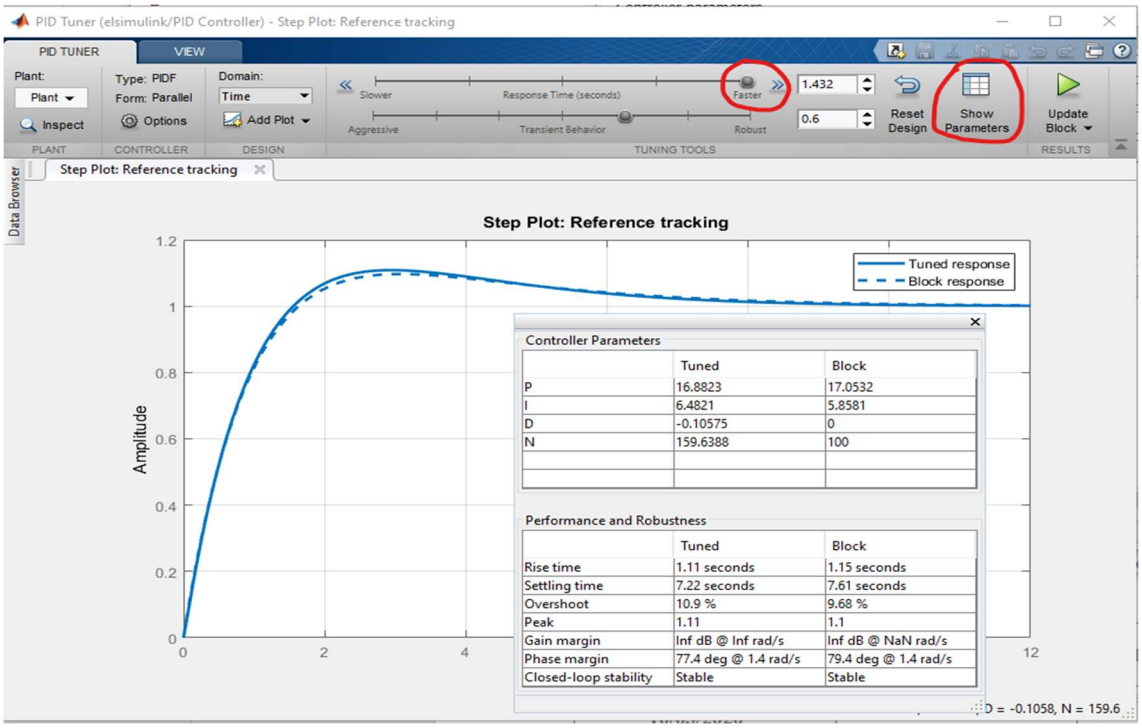


Figura21. Parámetros para PID

18. Vamos a realizar un control PI para nuestro control Difuso por lo cual nuestro parámetro de D deberá quedar en “0” y analizamos la respuesta más rápida que nos daría la planta, arriba también encontraremos la herramienta show parameters con la cual vamos a ver los parámetros con los cuales diseñamos nuestro control para nuestra planta. Una vez revisado estos valores los colocamos en nuestro bloque de parámetros PID y continuamos dándole a iniciar simulación.

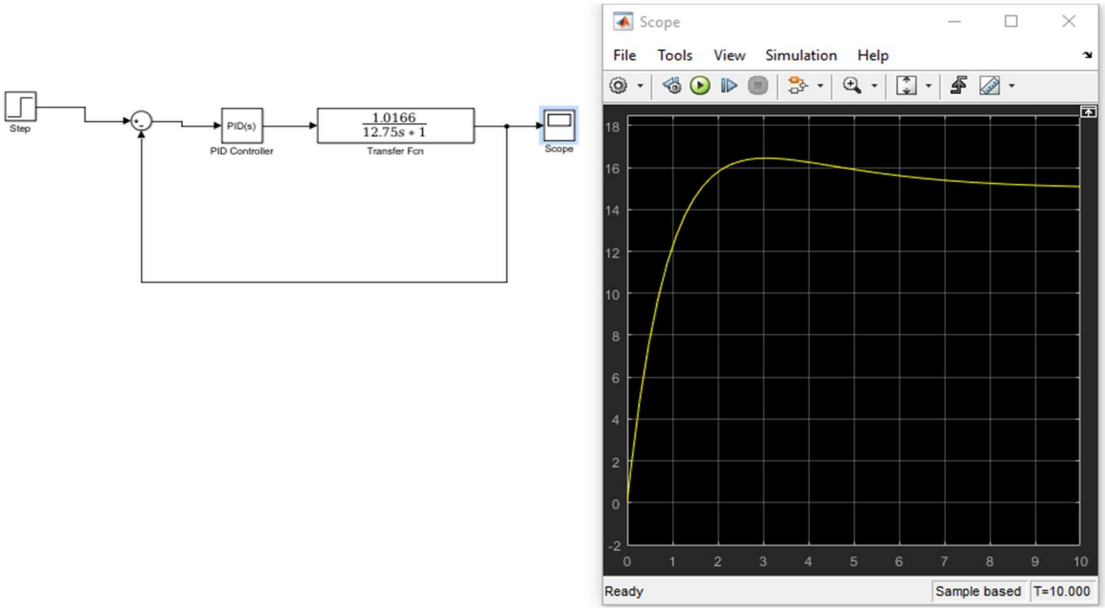


Figura22. Scope

19. Vamos a dar run a la simulación y en scope veremos la respuesta de nuestro control PI con una entra de señal Step con valor de 15, además de la gráfica de la respuesta de control de nuestra planta también veremos el tiempo en el que se estabiliza.

Proceso En Labview

Modelado Discreto

1. Este control es el mismo visto en la práctica 7, comprendiendo las reglas de pertenencia y toda la configuración difusa y de monitoreo correspondiente.

Figura20. Programación de modelado discreto en el software Labview.

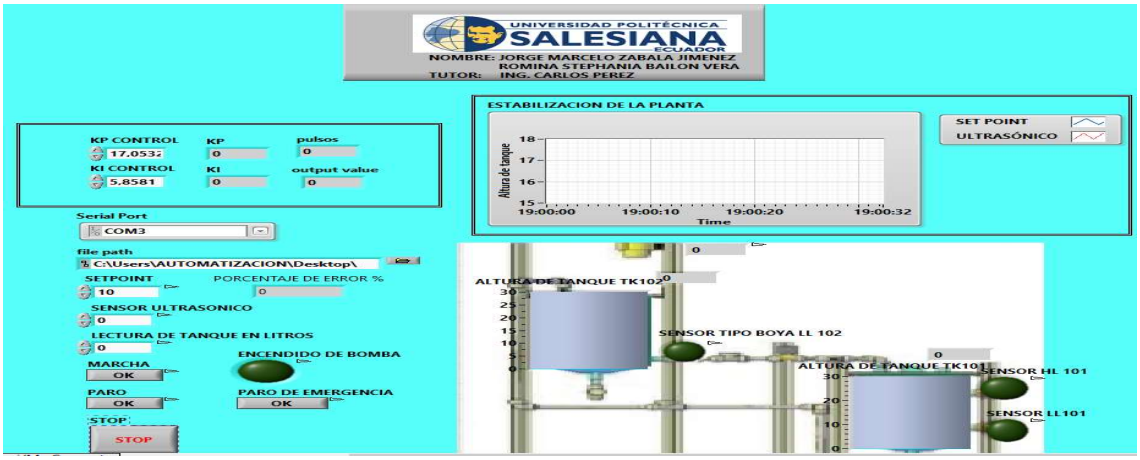


Figura21. Programación de modelado discreto en el software Labview.

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

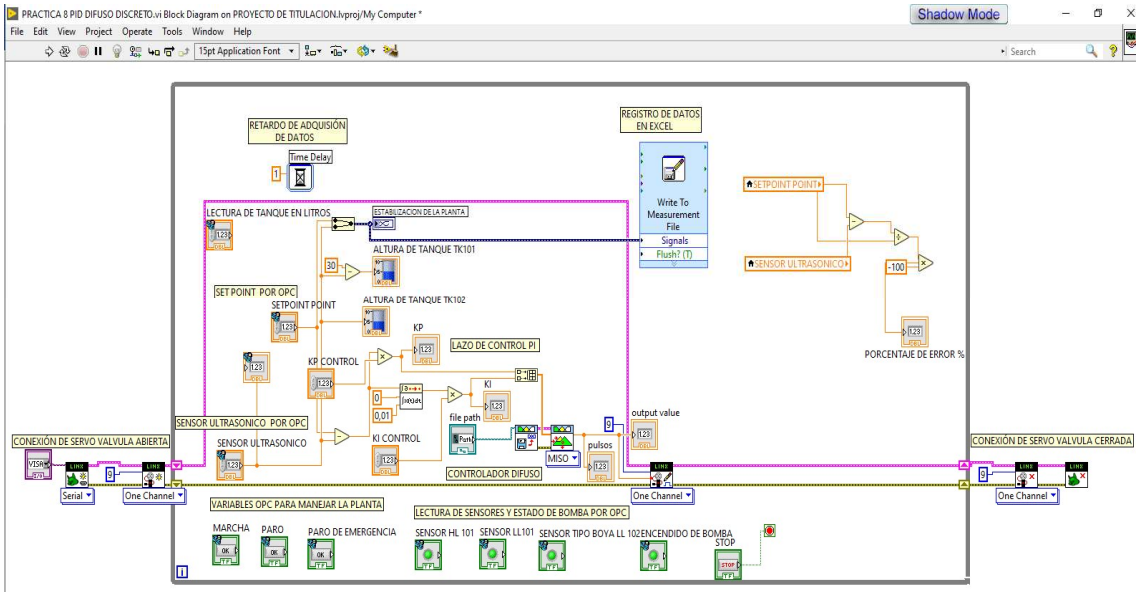


Figura22. Programación de modelado discreto en el software Labview.

2. Se puede ver que se utiliza las mismas herramientas para el control difuso vistas y desarrolladas antes en las prácticas 6 y 7. Para esta práctica utilizaremos el mismo control difuso visto en la práctica 7 sin cambiar ningún valor en sus funciones o reglas de pertenencia.

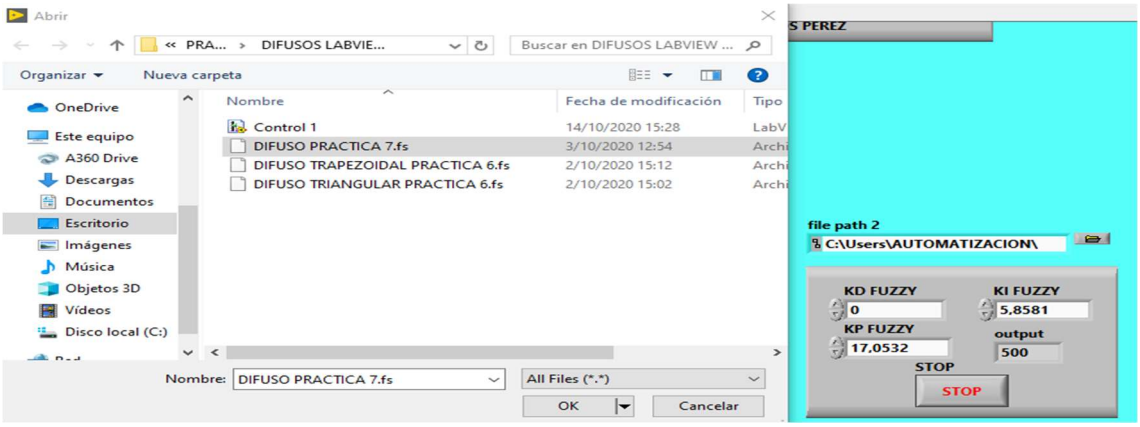


Figura23. Control Difuso.

Modelo Continuo

1. Para el control continuo solo agregaremos las variables para encender y apagar la planta ya que solo vamos a simular la respuesta de la planta con los valores que tenemos de nuestro control discreto y así verificar que obtenemos el mismo resultado en ambos controles, a continuación, vamos a ver las herramientas que utilizaremos para crear la simulación para el control de nuestra planta.

Figura24. Panel de control para Programación de Modelado Continuo en el software Labview.

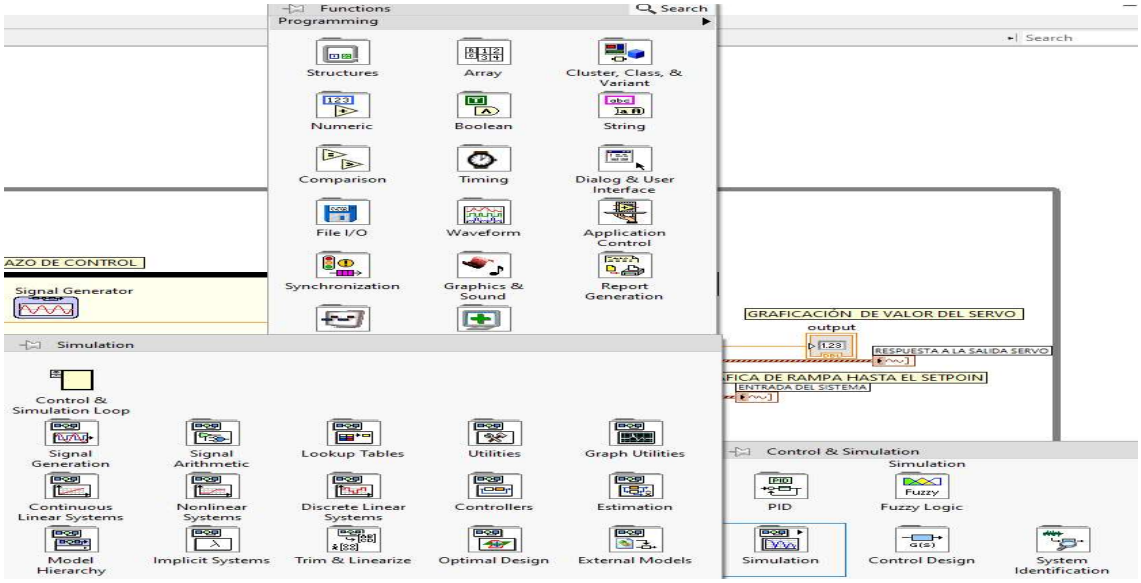


Figura25. Control & Simulation.

2. Para poder crear una simulación de nuestra planta haremos clic derecho y vamos a ir a la opción “Control & Simulation” luego vamos a ir al bloque que dice “Simulation” y es aquí de donde sacaremos las herramientas para nuestra simulación.

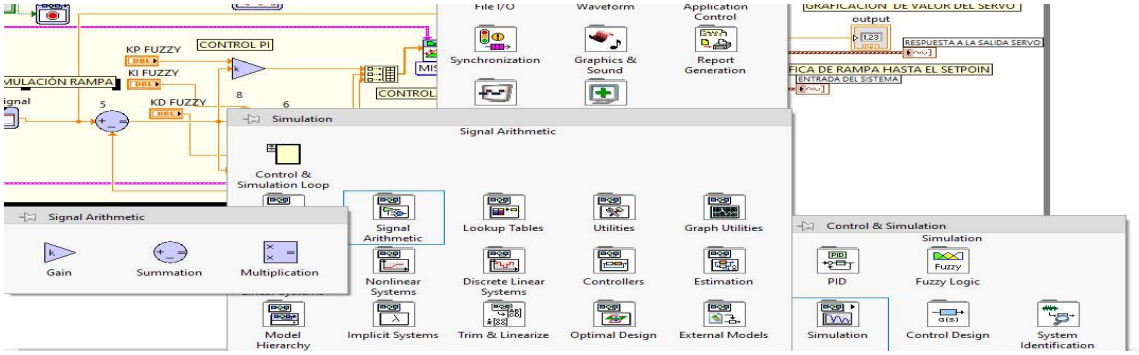


Figura26. Control & Simulation.

3. Para crear la simulación vamos a necesitar herramientas como (Gain, summation, Control & Simulation Loop) entre otras herramientas, todo se encuentra en esta área dedicada a la simulación de control. A continuación, veremos el lazo de control hecho para la simulación y veremos el tipo de señal que ingresaremos para la simulación.

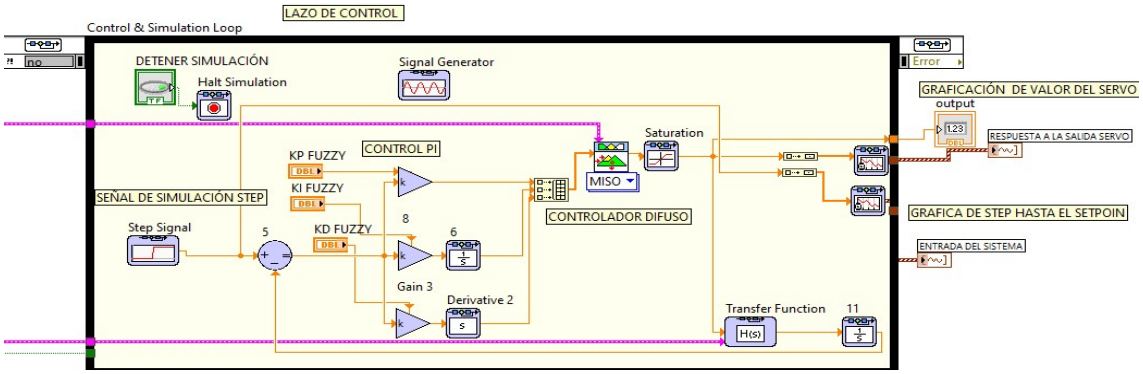


Figura27. Lazo de control dentro de Control & Simulatión Loop.

4. El lazo de control es igual al elaborado para el lazo de control discreto, lo único que cambiamos es el bloque SetPoint por la entrada de una señal y tenemos lo mismo, a continuación, se mostrara otras herramientas que se utilizaron para crear esta simulación.

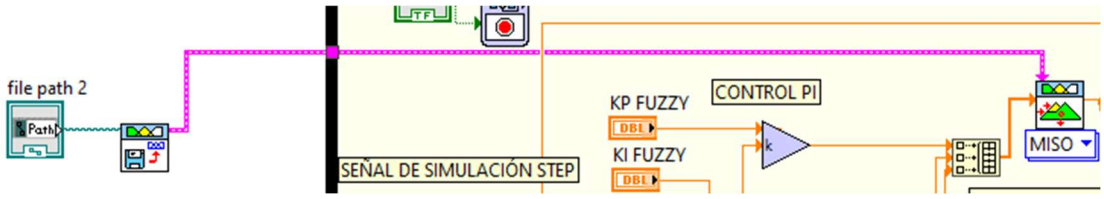


Figura28. Programación para Simulación del Modelado Continuo.

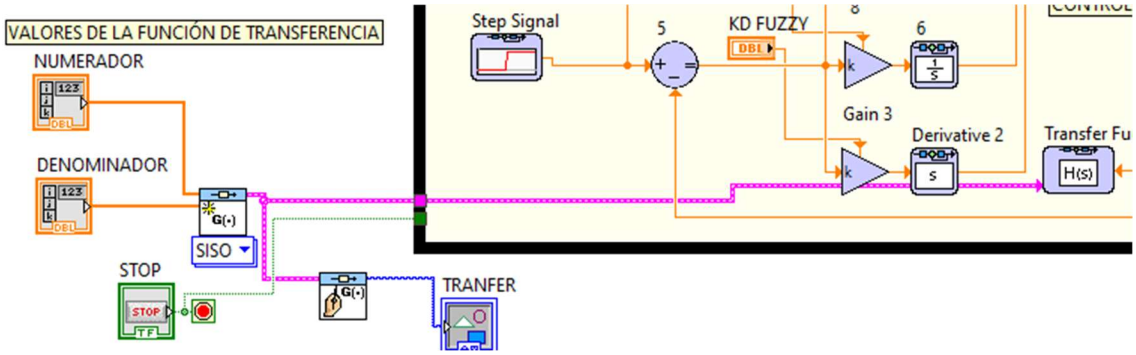


Figura29. Valores de Función de transferencia.

5. Para los valores del numerador y denominador vamos a agregar dos arreglos de datos los cuales ingresaremos a una herramienta llamada SISO la cual encontraremos como las demás en el área de Control & Simulation.

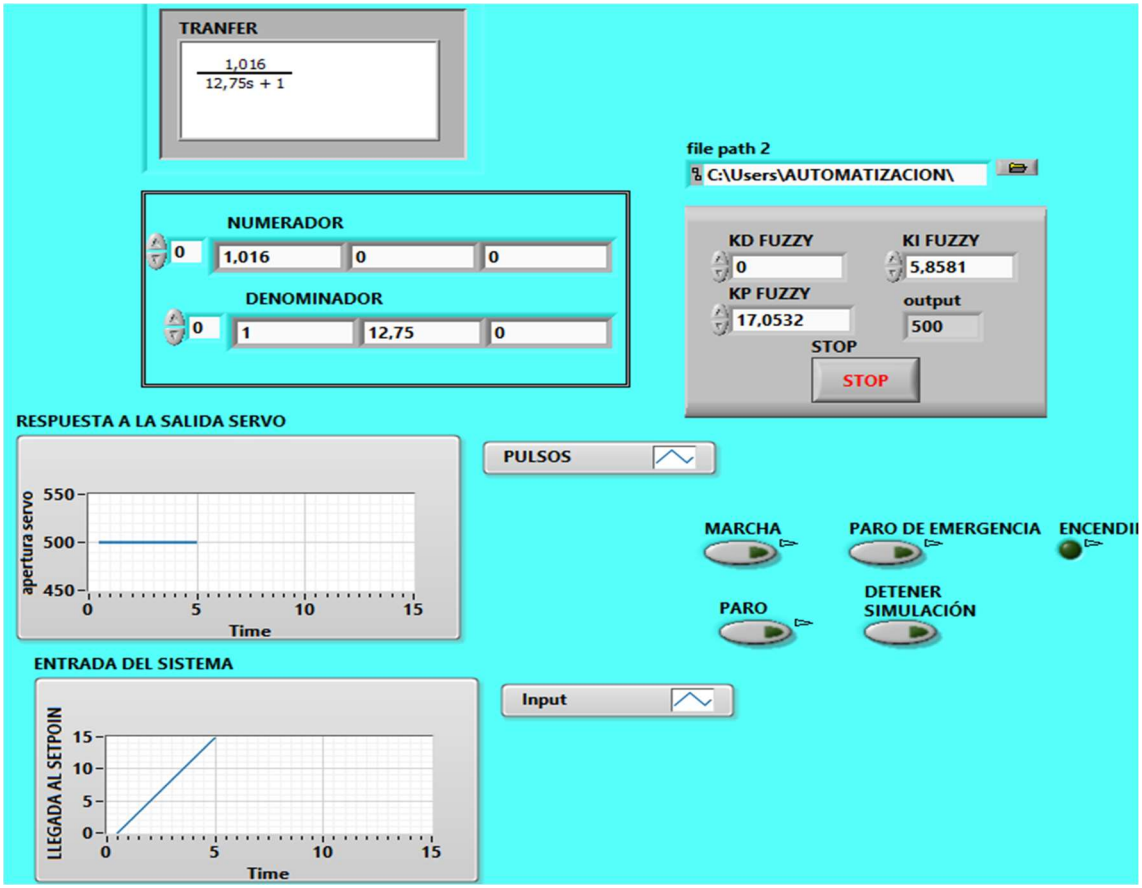


Figura30. Simulación de respuesta a un setpoint de 15.

6. Podemos comprobar que el control difuso funciona de manera correcta ya que al ir de 0 a 15 el valor de salida del servo debe dar un valor de 500 para que se llene rápido el tanque hasta alcanzar el setpoint.

d. Recursos Utilizados

- Lámina que contiene al PLC Siemens S7-1500.
- Planta de tanques para el control de nivel de llenado que contiene al PLC Siemens S7-1200.
- Lámina de Fuente de Alimentación.
- Lámina de Distribución.
- Lámina de Mando y Señalización.
- Computadora con software TIA Portal Versión 15.1, Labview 2018 o superior y herramienta OPC Server.

e. Registro de Resultados

Podemos apreciar satisfactoriamente el funcionamiento de práctica #6. Se muestra a nuestro PLC S7-1500 en su estado RUN con todos los datos programados cargados, además de las conexiones pertinentes en las láminas usadas.

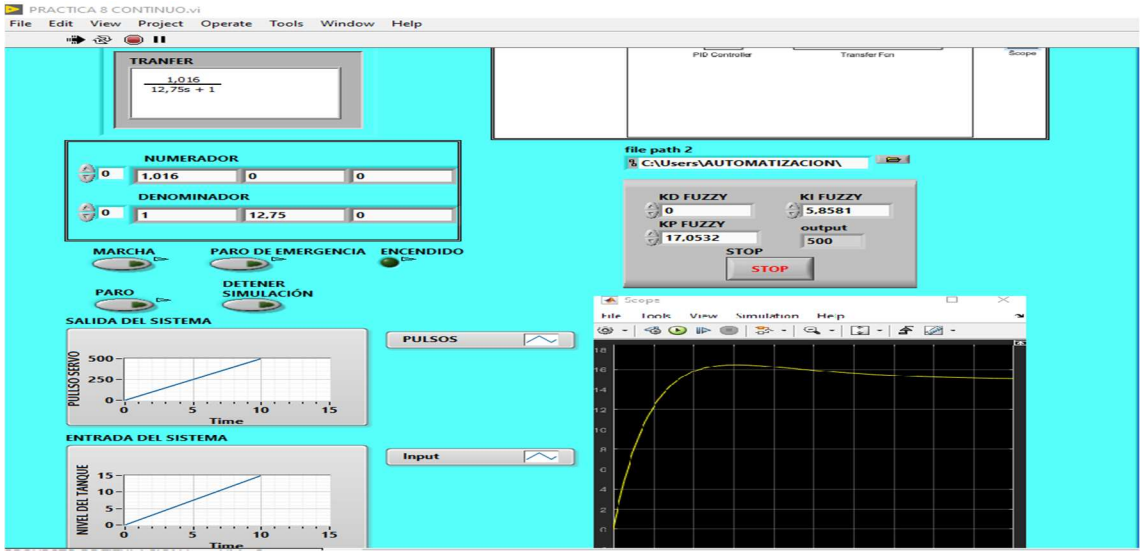


Figura31. Registro de Resultados.

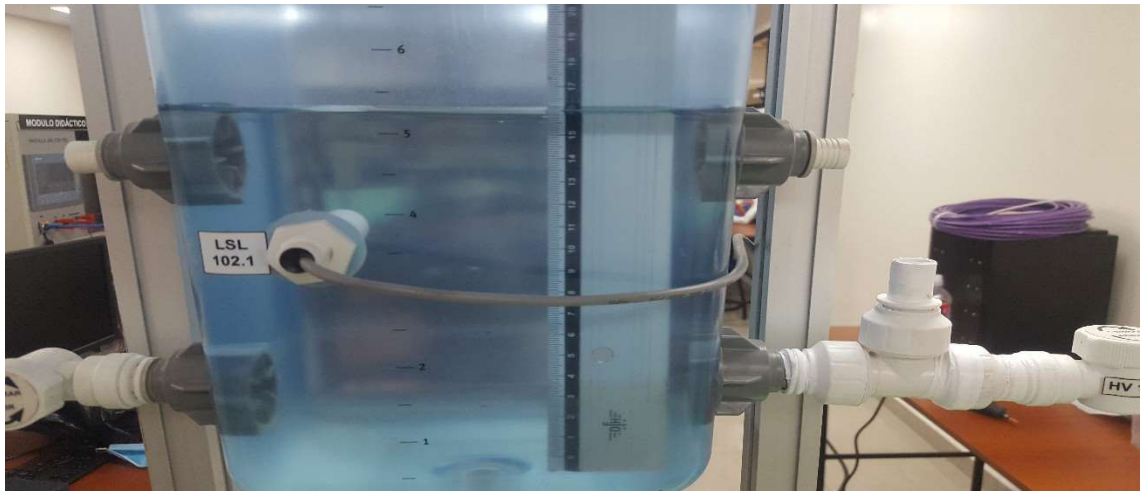
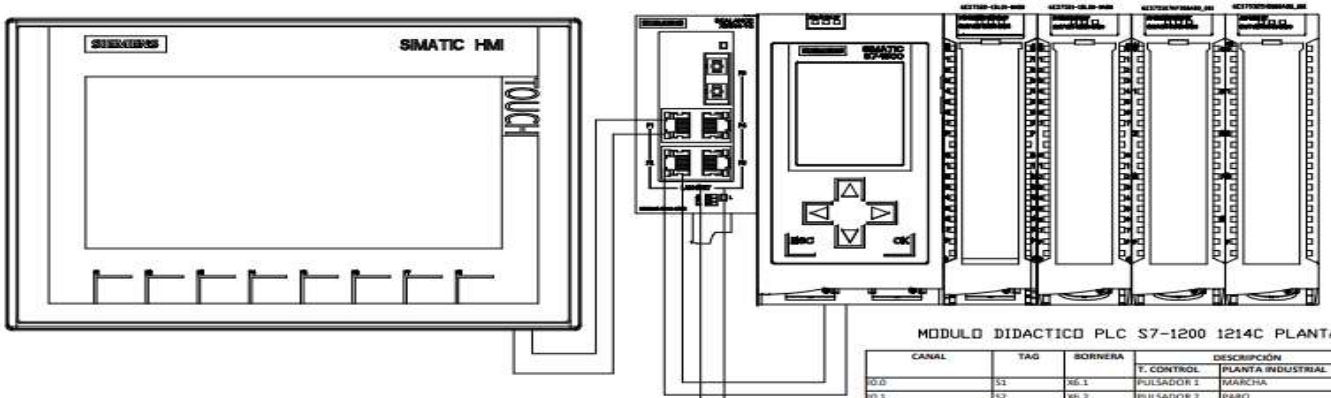


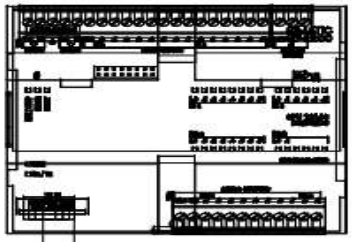
Figura32. Registro de Resultados.

MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP

PRACTICA # 6,7,8,9,10.



MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA



MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA

CANAL	TAG	BORNERA	DESCRIPCIÓN	
			T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S1	X6.1	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S2	X6.2	PULSADOR 2	PARO
I0.2	S3	X6.3	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA
I0.3	S4	X6.4	PULSADOR 4	SELECTOR (MANUAL)
I0.4	S5	X6.5	PULSADOR 5	SELECTOR (AUTOMÁTICO)
I0.5	S6	X6.6	PULSADOR 6	JOG VÁLVULA
I0.6	S7	X6.7	SWITCH 1	JOG VARIADOR
I0.7	S8	X6.8	SWITCH 2	SENSOR TIPO BOYA (LL TK102)
I1.0	S9	X6.9	SWITCH 3	CONFIRMACIÓN VÁLVULA ABIERTA
I1.1	S10	X6.10	SWITCH 4	CONFIRMACIÓN VÁLVULA CERRADA
I1.2	S11	X6.11	SWITCH 5	SENSOR CAPACITIVO (HL TK101)
I1.3	S12	X6.12	SWITCH 6	SENSOR CAPACITIVO (LL TK101)
Q0.0	H1	X7.1	LED 1	ACCIONAMIENTO VÁLVULA
Q0.1	H2	X7.2	LED 2	VARIADOR MODO ON/OFF
Q0.2	H3	X7.3	LED 3	VARIADOR MODO ANALÓGICO
Q0.3	H4	X7.4	LED 4	LUZ PILOTO (H4)
Q0.4	H5	X7.5	LED 5	LUZ PILOTO (H5)
Q0.5	H6	X7.6	LED 6	LUZ PILOTO (H6)
Q0.6	H7	X7.7	LED 7	LUZ PILOTO (H7)
Q0.7	H8	X7.8	LED 8	LUZ PILOTO (H8)
AI0	AI1	X8.1	POT. 1	SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO
AI1	AI2	X8.2	POT. 2	RESERVA
AO+	AI1	X9.1	VOLTÍMETRO	VARIADOR
1M	0VDC	X5.1	0VDC	0VDC

MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3PN/DP

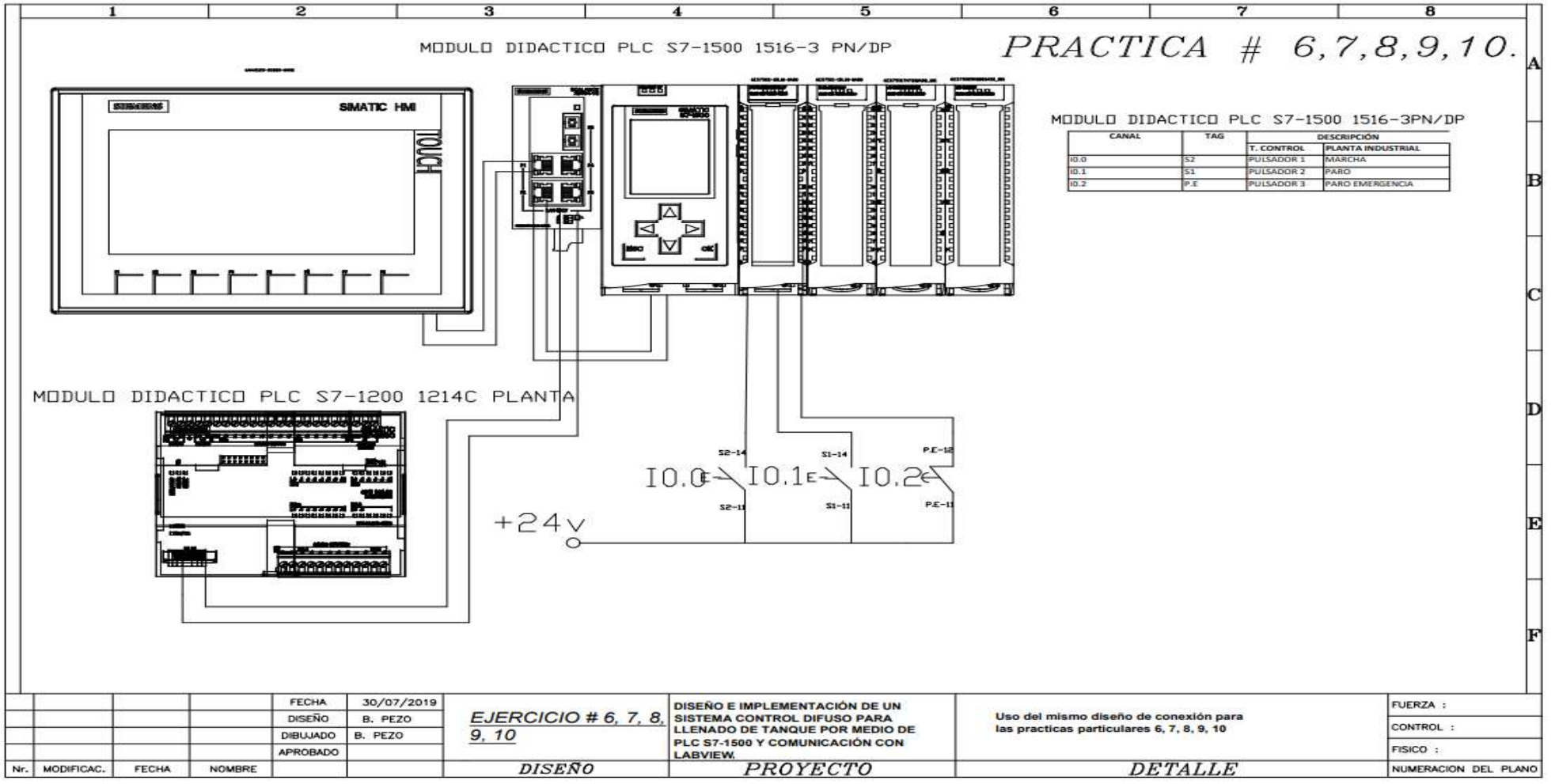
CANAL	TAG	DESCRIPCIÓN	
		T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S2	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S1	PULSADOR 2	PARO
I0.2	P.E	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA

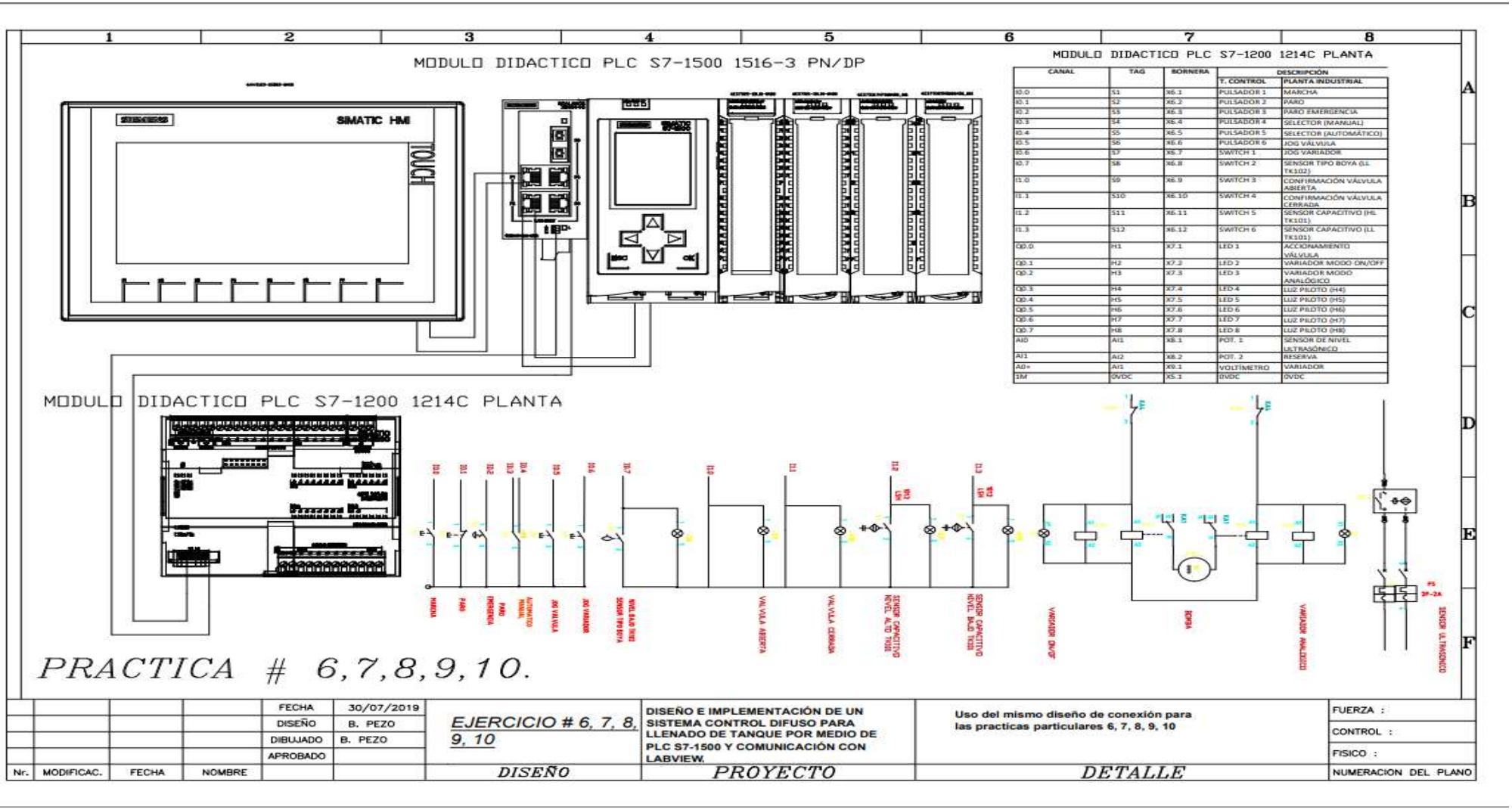
				FECHA	30/07/2019		
				DISEÑO	J. ZABALA	EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.
				DIBUJADO	J. ZABALA		
				APROBADO			
Nr.	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			DISEÑO	PROYECTO

Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10

DETALLE

FUERZA :
CONTROL :
FISICO :
NUMERACION DEL PLANO


MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP
PRACTICA # 6,7,8,9,10.
SIMATIC HMI
TOUCH
MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3PN/DP
CANAL
TAG
DESCRIPCIÓN
T. CONTROL
PLANTA INDUSTRIAL
I0.0
S2
PULSADOR 1
MARCHA
I0.1
S1
PULSADOR 2
PARO
I0.2
P.E
PULSADOR 3
PARO EMERGENCIA
MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA
I0.0
I0.1
I0.2
+24V
S2-14
S1-14
P.E-12
S2-13
S1-13
P.E-11
1
2
3
4
5
6
7
8
A
B
C
D
E
F
FECHA
30/07/2019
DISEÑO
B. PEZO
DIBUJADO
B. PEZO
APROBADO
Nr.
MODIFICAC.
FECHA
NOMBRE
EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10
DISEÑO
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.
PROYECTO
Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10
DETALLE
FUERZA :
CONTROL :
FISICO :
NUMERACION DEL PLANO



CANAL	TAG	BORNERA	DESCRIPCIÓN	
			T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S1	X6.1	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S2	X6.2	PULSADOR 2	PARO
I0.2	S3	X6.3	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA
I0.3	S4	X6.4	PULSADOR 4	SELECTOR (MANUAL)
I0.4	S5	X6.5	PULSADOR 5	SELECTOR (AUTOMÁTICO)
I0.5	S6	X6.6	PULSADOR 6	JOG VÁLVULA
I0.6	S7	X6.7	SWITCH 1	JOG VARIADOR
I0.7	S8	X6.8	SWITCH 2	SENSOR TIPO BOYA (LL TK102)
I1.0	S9	X6.9	SWITCH 3	CONFIRMACIÓN VÁLVULA ABIERTA
I1.1	S10	X6.10	SWITCH 4	CONFIRMACIÓN VÁLVULA CERRADA
I1.2	S11	X6.11	SWITCH 5	SENSOR CAPACITIVO (HL TK101)
I1.3	S12	X6.12	SWITCH 6	SENSOR CAPACITIVO (LL TK101)
Q0.0	H1	X7.1	LED 1	ACCIONAMIENTO VÁLVULA
Q0.1	H2	X7.2	LED 2	VARIADOR MODO ON/OFF
Q0.2	H3	X7.3	LED 3	VARIADOR MODO ANALÓGICO
Q0.3	H4	X7.4	LED 4	LUZ PILOTO (H4)
Q0.4	H5	X7.5	LED 5	LUZ PILOTO (H5)
Q0.5	H6	X7.6	LED 6	LUZ PILOTO (H6)
Q0.6	H7	X7.7	LED 7	LUZ PILOTO (H7)
Q0.7	H8	X7.8	LED 8	LUZ PILOTO (H8)
AI0	AI1	X8.1	POT. 1	SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO
AI1	AI2	X8.2	POT. 2	RESERVA
A0+	AI1	X9.1	VOLTÍMETRO	VARIADOR
1M	0VDC	X5.1	0VDC	0VDC

				FECHA	30/07/2019			FUERZA :
				DISEÑO	B. PEZO			CONTROL :
				DIBUJADO	B. PEZO			FISICO :
				APROBADO				
Nr.	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			DISEÑO	PROYECTO / DETALLE	NUMERACION DEL PLANO

LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SEDE	GUAYAQUIL

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Práctica #9

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. CARLOS PÉREZ

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: "Control de Nivel de Tanque Utilizando Controlador PID Difuso Elaborado en Labview utilizando DSC y Monitoreo con HMI"

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración 10/03/2020	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**

a. Objetivo General

Aprender a diseñar un control de proceso mediante la interfaz creada entre el software TIA Portal y Labview mediante la obtención de variables de la planta de tanques y guardándolas en bloques de datos. La Aplicación práctica de un PID Difuso, para conocer su funcionamiento y características, facilitando su respectivo monitoreo y control desde la pantalla HMI, otorgándole al estudiante una interacción múltiple y dinámica.

b. Objetivos Específicos

- Diseñar un programa de declaración de variables en el software TIA Portal versión 15.1.
- Diseñar un programa de activación de variables en el software TIA Portal versión 15.1.
- Diseñar un programa de control difuso en el software Labview 2018 o superior.
- Implementar mediante las conexiones en los sistemas de fuerza y control.
- Realizar la programación de un control de llenado de tanque y mantenerlo en un nivel de setpoint utilizando principalmente la pantalla HMI para leer las variables.
- Realizar un registro de datos en Excel, obtenidos con el uso del controlador PID difuso para análisis y conclusiones de la efectividad de este.

c. Marco Procedimental

Proceso en TIA Portal

1. Dar Clic sobre el ícono del software TIA Portal Versión 15.1. A partir de aquí se utilizan los mismos pasos de la práctica 6, comenzando desde el ítem "Proceso En TIA Portal" punto 2 y todo lo demás mencionado en esta sección, de la sección ***"Programación para el PLC S7-1200"*** los ítems 1 y 2.

Figura1. Pantalla de inicio y visualización del software TIA Portal.

2. Siendo este primer segmento nombrado “INICIALIZACIÓN DE SENSORES”. En este segmento se incluye varias ramas, las cuales describiremos su funcionamiento detalladamente:

    1) Un contacto abierto i0.3 para la activacion de “SELECTOR MANUAL” , con una bobina de salida que activa la marca M2.3 “l_S4”.
    2) Un contacto abierto i0.4 para la activacion de “SELECTOR AUTOMÁTICO” , con una bobina de salida que activa la marca M2.4 “l_S5”.
    3) Un contacto abierto i0.5 para la activacion de “JOG VÁLVULA” , con una bobina de salida que activa la marca M2.5 “l_S6”.
    4) Un contacto abierto i0.6 para la activacion de “JOG VARIADOR” , con una bobina de salida que activa la marca M2.6 “l_S7”.
    5) Un contacto abierto i0.7 para la activacion de “SENSOR LSL 102” , con una bobina de salida que activa la marca M2.6 “l_S7”.
    6) Un contacto abierto i1.0 para la activacion de “CONF_VALVULA_ABIERTA” , con una bobina de salida que activa la marca M3.0 “l_S9”.
    7) Un contacto abierto i1.1 para la activacion de “CONF_VALVULA_CERRADA” , con una bobina de salida que activa la marca M3.1 “l_S10”.

8) Un contacto abierto i1.2 para la activacion de “SENSOR CAPACITIVO HL 101” , con una bobina de salida que activa la marca M3.2 “l_S11”.

9) Un contacto abierto i1.3 para la activacion de “SENSOR CAPACITIVO LL 101” , con una bobina de salida que activa la marca M3.3 “l_S12”.

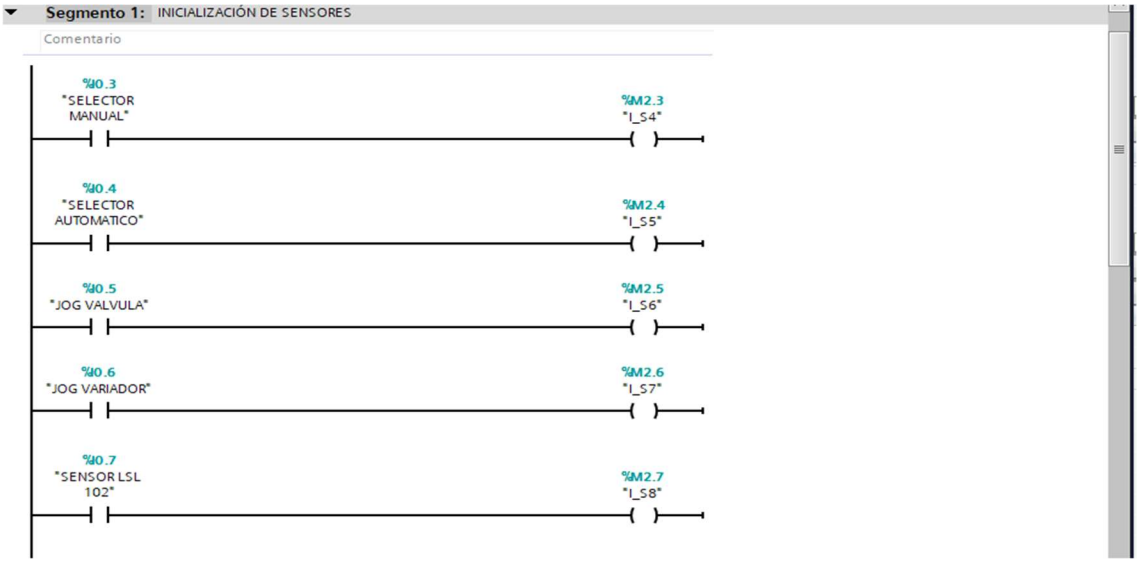


Figura2. Programación de entradas y salidas del segmento 1 del PLC S7-1200.

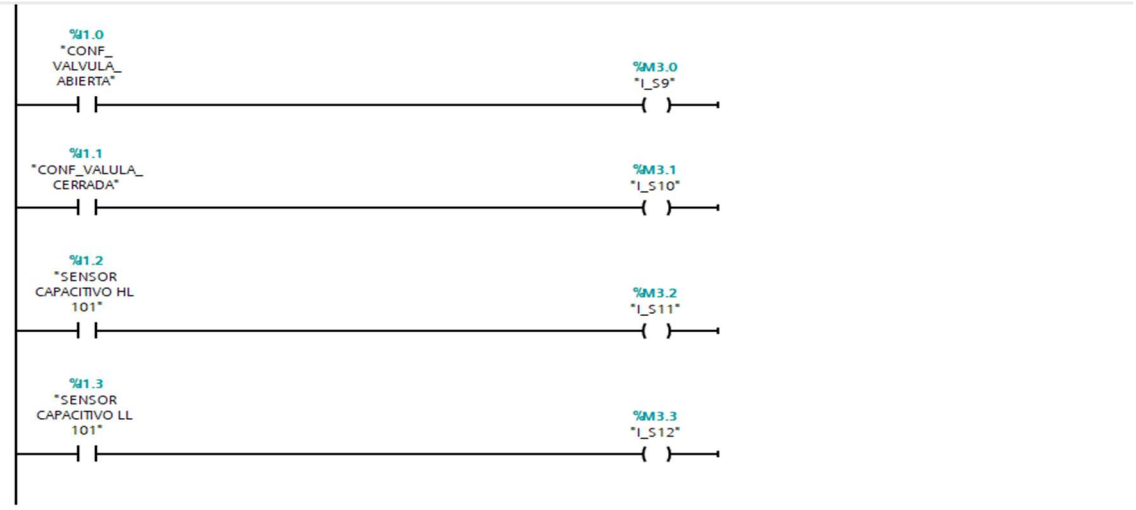


Figura3. Programación de entradas y salidas del segmento 1 del PLC S7-1200.

3. Este Segundo segmento denominado "Marcha" consta con los siguientes elementos:

   Inicia con el contacto abierto i0.0 para la "marcha" de nuestro sistema, un contacto cerrado para la marca M2.2 "l_s3", contacto cerrado i0.2 "PARO DE EMERGENCIA "al igual que otro contacto cerrado para la marca M8.2 "PARO DE EMERGENCIA MAESTRO", otro contacto cerrado para la marca "P. EMERGENCIA OPC", al igual otro contacto cerrado para la marca "PARO DE EMERGENCIA HMI", siendo la función de todos estos contactos de paro de emergencia es inhabilitar el sistema, también posee una bobina de activación de la marca m2.0 "l_s1", a la vez que activa la bobina de la marca m0.0, la m8.0 "MARCHA MAESTRO" y m7.0 "MARCHA HMI" que nos

permiten su activación y luego colocadas en paralelo con la "MARCHA" i0.0 y la marca m6.0 "MARCHA OPC" para asegurarnos la habilitación de nuestra salida para arranque del sistema de cualquiera de las opciones de marcha.

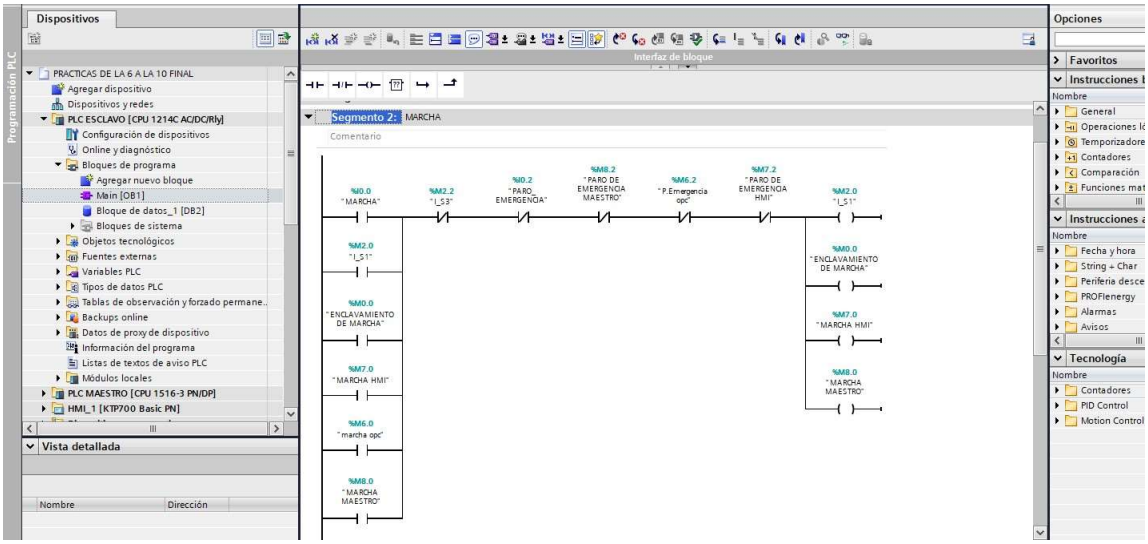


Figura4. Programación de entradas y salidas del segmento 2 del PLC S7-1200.

4. En este segmento se incluyen cuatro contactos abiertos en paralelo: i0.1 para el "paro" desde la planta de los tanques, contacto abierto para la marca m7.1 "PARO HMI" para realizar dicha acción desde la pantalla HMI, el contacto abierto para la marca M6.1 "PARO OPC" y M8.1 "PARO MAESTRO" activando la bobina para la marca M2.1

"l_s2" para el paro momentáneo del sistema mientras se encuentren pulsados cualquiera de los contactos.

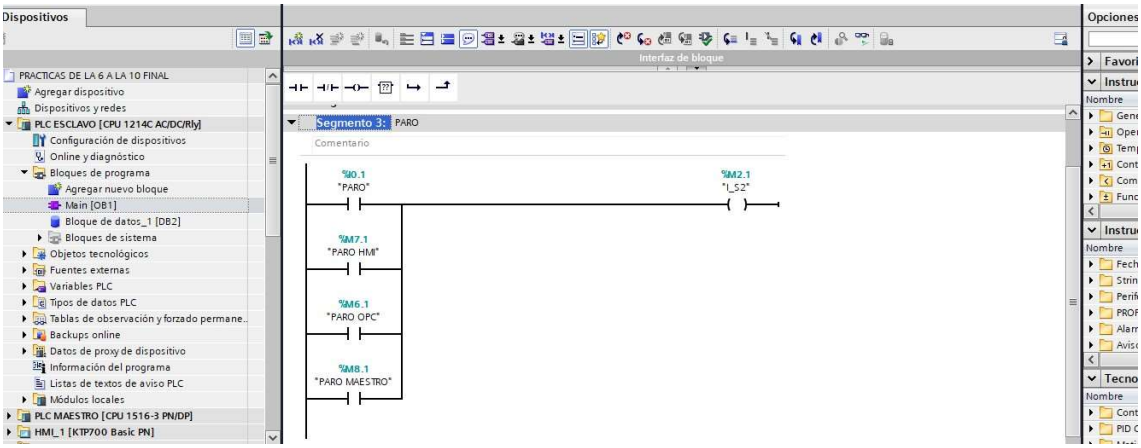


Figura5. Programación de entradas y salidas del segmento 3 del PLC S7-1200.

5. Agregamos un cuarto segmento con el nombre "PARO DE EMERGENCIA", donde se incluyen cuatro contactos abiertos en paralelo: i0.2 para el "PARO DE EMERGENCIA" desde la planta de los tanques, un contacto abierto para la marca M7.2 "PARO DE EMERGENCIA HMI", el contacto abierto para la marca M6.2 "PARO DE EMERGENCIA OPC" y M8.2 "PARO EMERGENCIA MAESTRO" activando la bobina para la marca M2.2 "l_s3" para la inhabilitación completa del sistema cuando cualquiera de estos contactos sea activado.

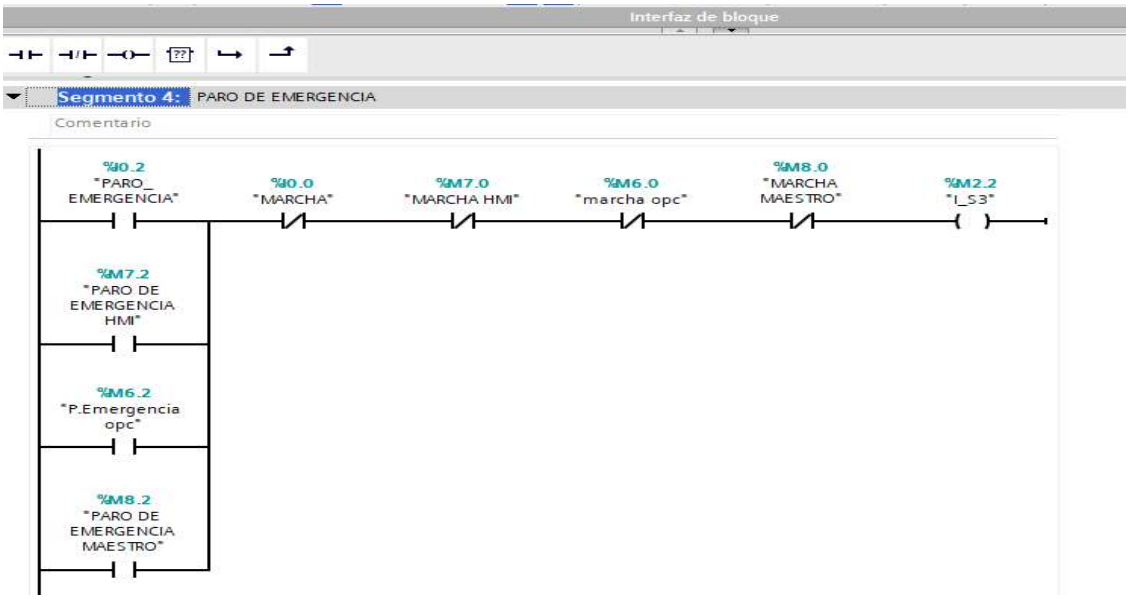


Figura6. Programación de entradas y salidas del segmento 4 del PLC S7-1200.

6. Este segmento nombrado "VERIFICACIÓN DE ENCENDIDO DE LA PLANTA POR EL OPC", destinado para la validación de la activación del sistema receptado por la herramienta OPC Server y dichos datos ser trasladados al software Labview para monitorear el sistema. Cuenta con un lazo en serie de un contacto abierto de la marca M0.0 que representa el encendido del sistema general, luego cuatro contactos cerrados de los distintos tipos de paros que se le ha otorgado a nuestro sistema, correspondiendo M6.1 "PARO OPC", i0.1 "PARO", M8.1 "PARO MAESTRO" y M7.1 "PARO HMI" todos para el paro momentáneo mientras sean activadas las entradas en cuestión, una vez

se deja de pulsar el sistema vuelve a retomar el proceso desde donde se lo dejo. Además, incluye una bobina de salida Q0.0 representado por un Led que indica el estado ON/OFF del sistema.

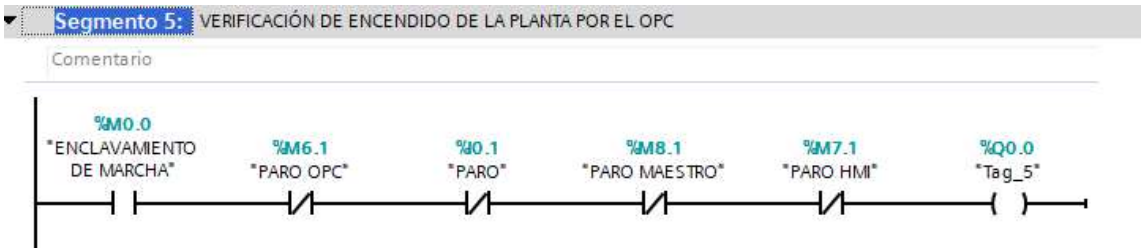


Figura7. Programación de entradas y salidas del segmento 5 del PLC S7-1200.

7. El segmento 6 “ACTIVACIÓN BOMBA” incluye a los contactos abiertos para las marcas M2.3 “l_s4 ” que es se activa al habilitarse el selector manual , la marca M2.6 “l_s7” que representa el accionamiento del Jog Variador que indica las variaciones dadas en el sistema dado por el funcionamiento de nuestra bomba , se coloca en lazo en paralelo a la marca m0.0 que corresponde a nuestro encendido generar enclavando así la activación de nuestra salida m4.1 “O_H2” que representa el encendido de nuestra bomba de agua. Siguiendo con el proceso contamos con los contactos cerrados M2.1 “l_s2” correspondiendo a la marca para el paro momentáneo del sistema global, seguido del contacto cerrado para la marca M2.2 “l_s3” que indica el paro completo global del sistema.

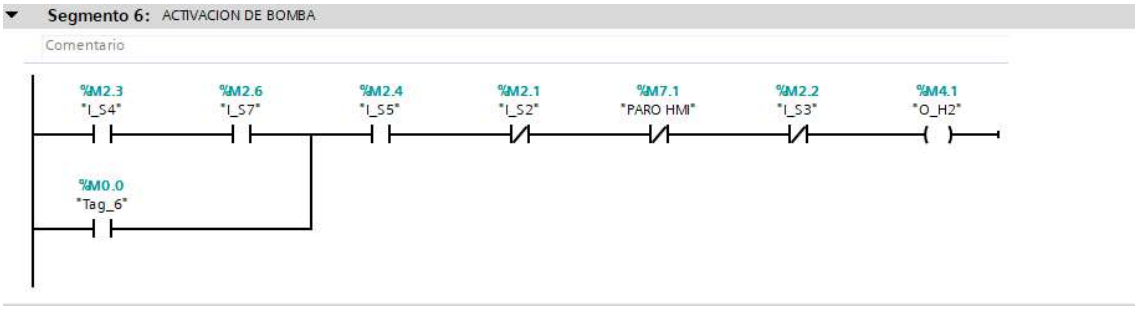


Figura8. Programación de entradas y salidas del segmento 6 del PLC S7-1200.

8. El segmento nombrado "SALIDA H2_Q0.1-VARIADOR ON/OFF". En este segmento se incluye varias ramas, las cuales describiremos su funcionamiento detalladamente:

    1) Se muestra el contacto abierto de la marca M4.1 "O_H2" que representa la activación de nuestra bomba, seguido de un contacto abierto para la marca m5.0 que representa que el valor del setpoint es mayor al medido por el sensor respecto del nivel de nuestro tanque tk102, enviándole la orden que mientras esta marca este activa la bomba debe seguir inyectando agua al sistema para poder alcanzar el setpoint , caso contrario con el contacto cerrado m5.1 que nos indica cuando el valor de nuestro tanque excede al seteado por el usuario , dándole la orden de desactivación de la bomba , pudiendo nosotros visualizar mediante la bobina de salida Q0.1 "H2" representando el encendido y apagado a través de un Led visualizado en la parte del panel de nuestra planta de tanques.

2) Se presenta un comparador donde los valores guardado en el dato Dword MD26 "VALOR DE ALTURA EN CM TK 102" constituye la altura medida del tanque tk102 por nuestro sensor ultrasónico comparado con el dato almacenado en MD48 "VALOR DEL SETPOINT" correspondiente al valor que el usuario ingresa el valor de set point con el fin de obtener el llenado hasta ese nivel indicado. En caso de ser verdadero lo establecido en el comparador MD26 "VALOR DE ALTURA EN CM TK 102" menor a MD48 "VALOR DEL SETPOINT" se activa la marca M5.0.
3) Se presenta un comparador donde los valores guardado en el dato Dword MD26 "VALOR DE ALTURA EN CM TK 102" constituye la altura medida del tanque tk 102 por nuestro sensor ultrasónico comparado con el dato almacenado en MD48 "VALOR DEL SETPOINT" correspondiente al valor que el usuario setea con el fin de obtener el llenado hasta ese nivel indicado. En caso de ser verdadero lo establecido en el comparador MD26 "VALOR DE ALTURA EN CM TK 102" mayor a MD48 "VALOR DEL SETPOINT" se activa la marca M5.1.

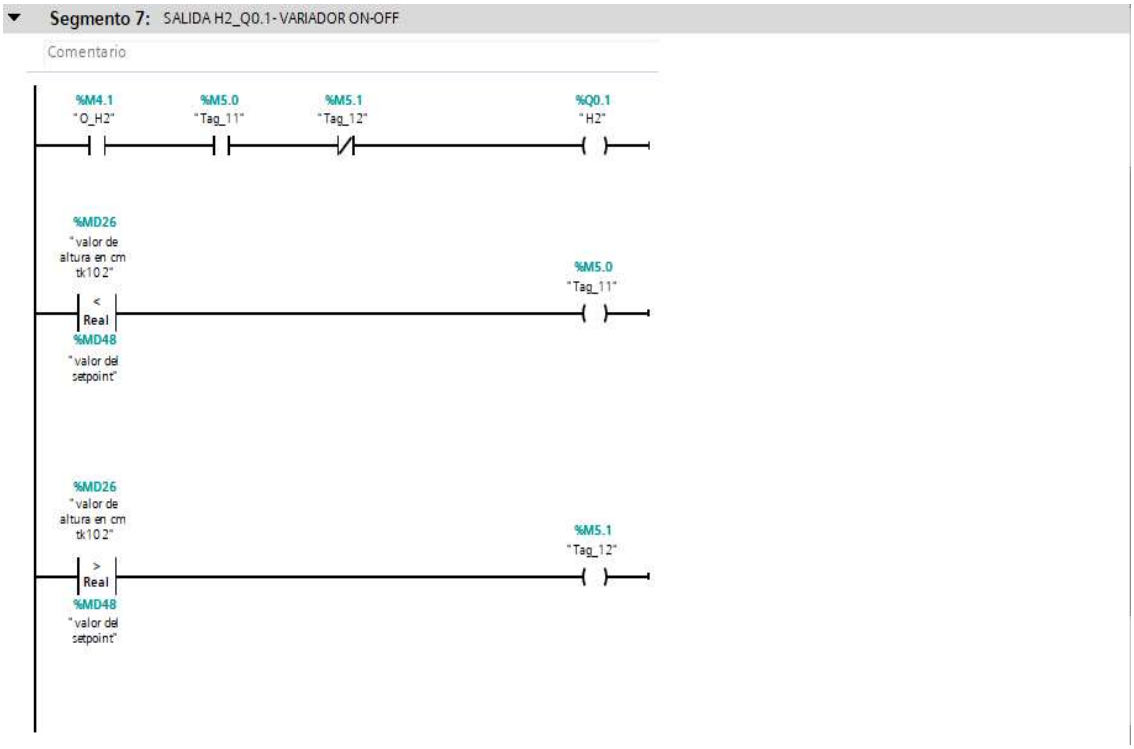


Figura9. Programación de entradas y salidas del segmento 7 del PLC S7-1200.

9. Añadimos un segmento denominado "ESCALAMIENTO DEL SENSOR ULTRASÓNICO" colocando los bloques de NORM_X y SCALE_X que nos permiten colocar los limites 0-27750 y el rango de valores 0 a 30.0 en que trabajaremos. Además, la entrada Analógica "Valor analógico" IW4 cuyo valor normalizado se guardará en dato Dword tipo real MD12, luego pasará a escalarse y guardarse en el Dato MD14. Realizamos otro escalamiento, pero en este caso con el rango de 0.5 a 10.0 para medición

de litros.

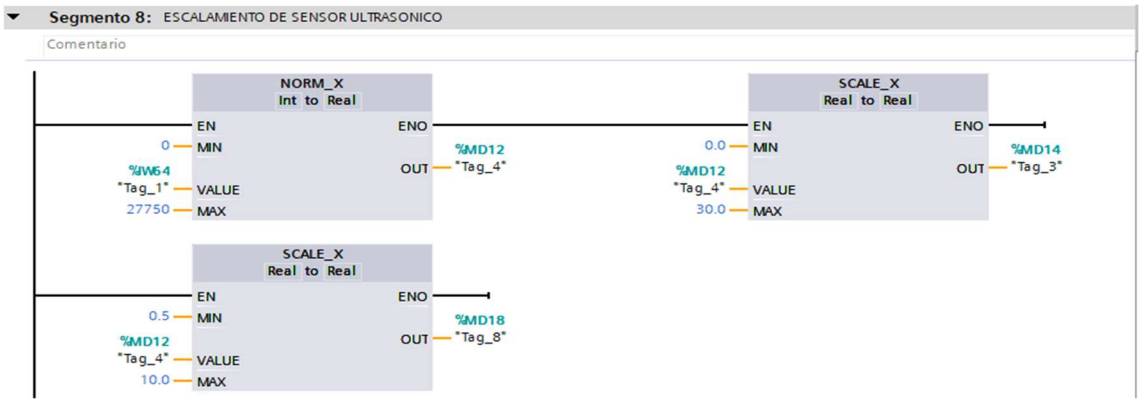


Figura10. Programación del segmento 8 del PLC S7-1200.

10. Continuamos con el segmento "ESCALAMIENTO DE ALTURA DE TANQUE", utilizando el Bloque SUB para realizar la operación de resta entre dos valores, en este caso tenemos 3 ramas con las siguientes operaciones:

    1) La operación de resta entre el valor de 30.0 que es la medida en centímetros de altura de nuestro tanque y el valor almacenado en MD14 que corresponde a la lectura esclada del sensor ultrasonico respecto al nivel de tanque tk102.Dicha operación de sustracción se almacena en MD26 "VALOR ALTURA EN CM TK102".

    2) La operación de resta entre el valor de 10.5 que es la medida en litros de nuestro tanque y el valor almacenado en MD18 que corresponde a la lectura escalada del

sensor ultrasonico respecto al nivel de tanque tk102. Dicha operación de sustracción se almacena en MD30 "VALOR EN LITROS DE TK102".

3) La operación de resta entre el valor de 30.0 que es la medida en centímetros de altura de nuestro tanque y el valor de la operación anterior almacenado en MD26 "VALOR ALTURA EN CM TK102". Dicha operación de sustracción se almacena en MD32 "VALOR ALTURA EN CM TK101" que representa la lectura que tendría nuestro tanque TK101.

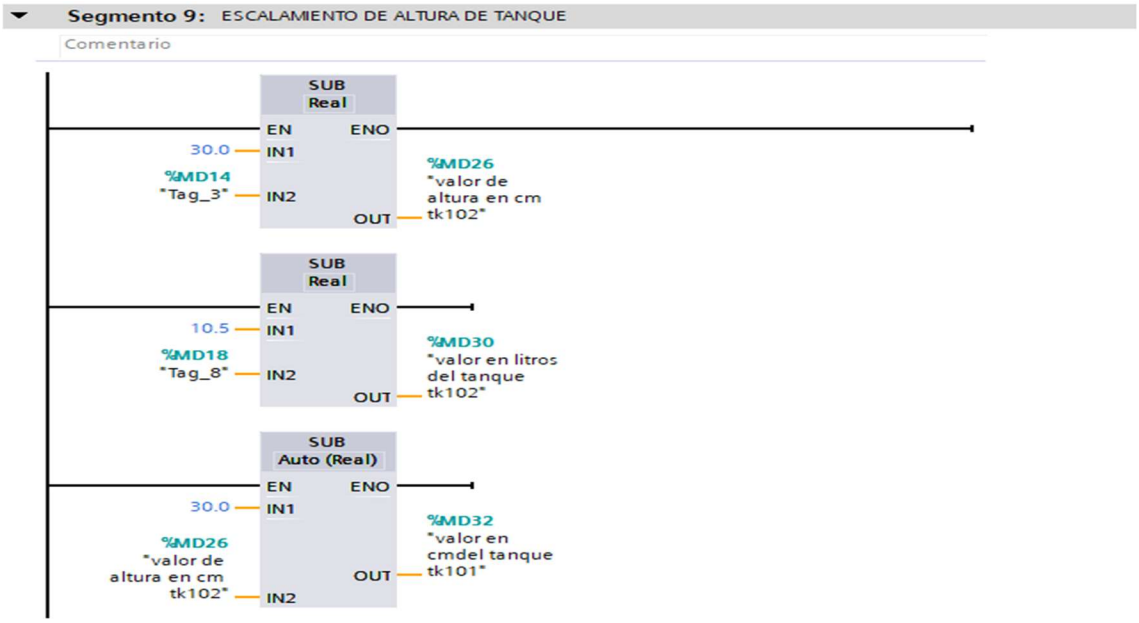


Figura11. Programación del segmento 9 del PLC S7-1200.

11. En este segmento llamado "DESPLAZAMIENTO DE VALORES" tiene como función

el envío de datos mediante bloque MOVE hacia otro dato para que tome el valor de entrada determinada en este bloque. En las ramas se visualiza el simple desplazamiento de los datos hacia otras direcciones para que se guarden y no presenten situaciones errores en lectura.

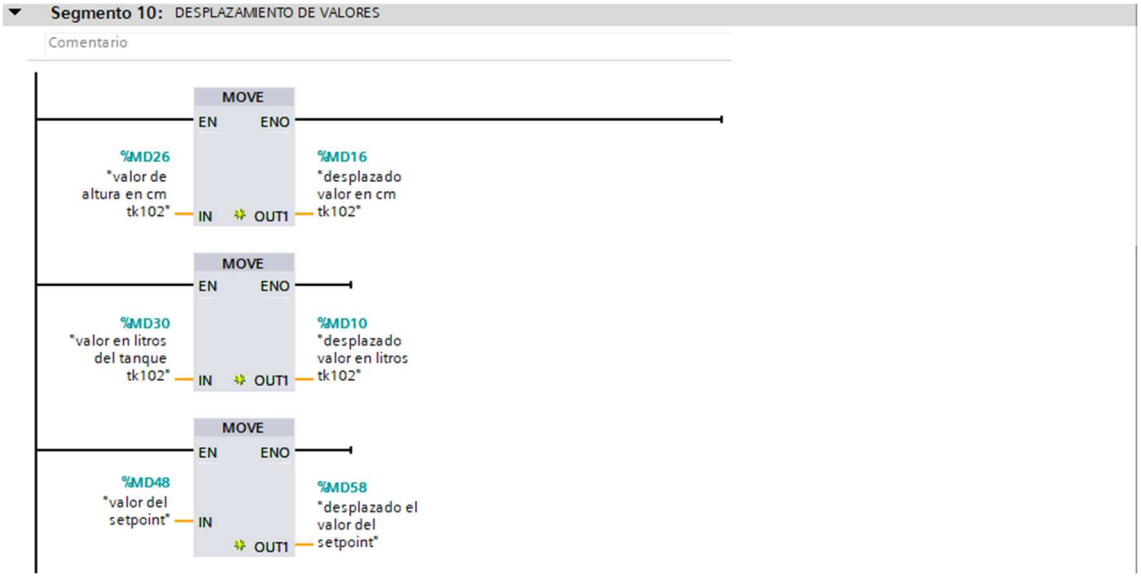


Figura12. Programación del segmento 10 del PLC S7-1200.

12. El segmento a continuación nombrado “CONVERSIÓN Y ENVÍO DE DATOS”; cumple la acción de realizar la conversión de datos a otro dependiendo la necesidad del usuario y finalmente copiado y trasladado a otra dirección.

    1) Conversión de dato tipo Dword MD16 “DESPLAZADO VALOR EN CM

TK102" a Real MD28 "VALOR REAL EN CM TK102" siendo efectuado con propósitos de trabajar con datos decimales donde el dato tipo Real nos permite abarcar valores comprendidos entre -3.402823e+38 y 3.402823e+38 . Posteriormente desplazado a un bloque de datos.

2) Conversión de dato tipo Dword MD10 "DESPLAZADO VALOR EN LITROS TK102" a Real MD40 "VALOR REAL EN LITRO TK102" siendo efectuado con propósitos de trabajar con datos decimales donde el dato tipo Real nos permite abarcar valores comprendidos entre -3.402823e+38 y 3.402823e+38 . Posteriormente desplazado a un bloque de datos.
3) Conversión de dato tipo Real MD48 "VALOR DEL SETPOINT" a Dword MD20 siendo efectuado con propósitos de trabajar con enteros de gran capacidad donde el dato tipo Dword nos permite abarcar valores comprendidos entre 0 y 4,294,967,295. Posteriormente desplazado a un bloque de datos.

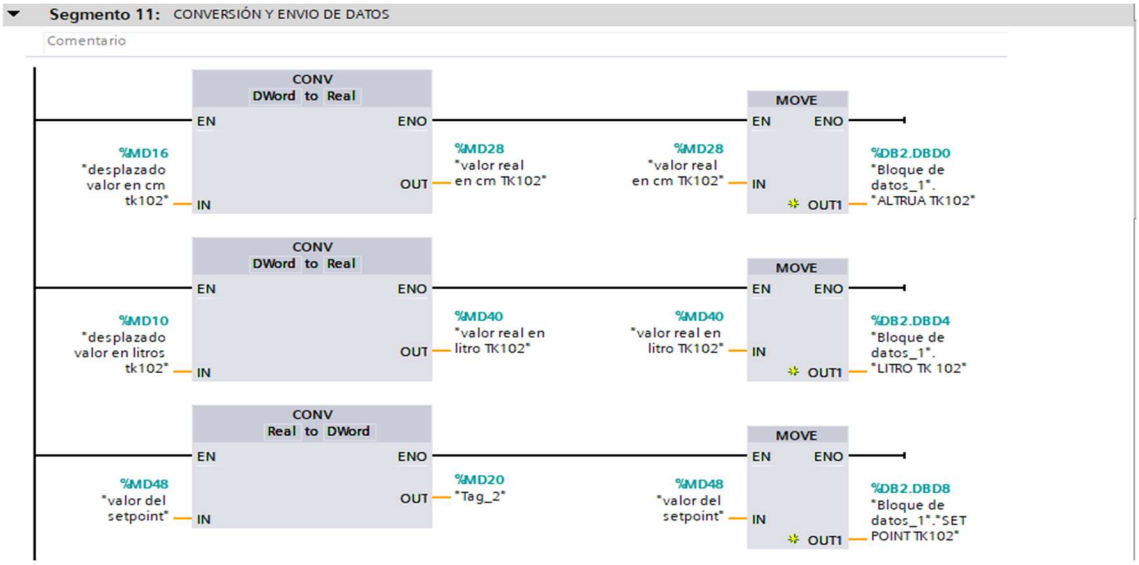


Figura14. Programación del segmento 11 del PLC S7-1200.

13. El último segmento correspondiente a la programación de nuestro PLC S7-1200 es nombrado "ENVÍO DE DATOS DE ESCALAMIENTO AL OTRO PLC". El objetivo de este segmento es que mediante el bloque PUT nos permita el direccionamiento de nuestros datos almacenado en el PLCS7-1200 que es el que controla la planta (rol de servidor) y así enviárselo al PLC S7-1500 que ejerce el papel de cliente de los procesos siendo este de donde se envíen las señales de activación.

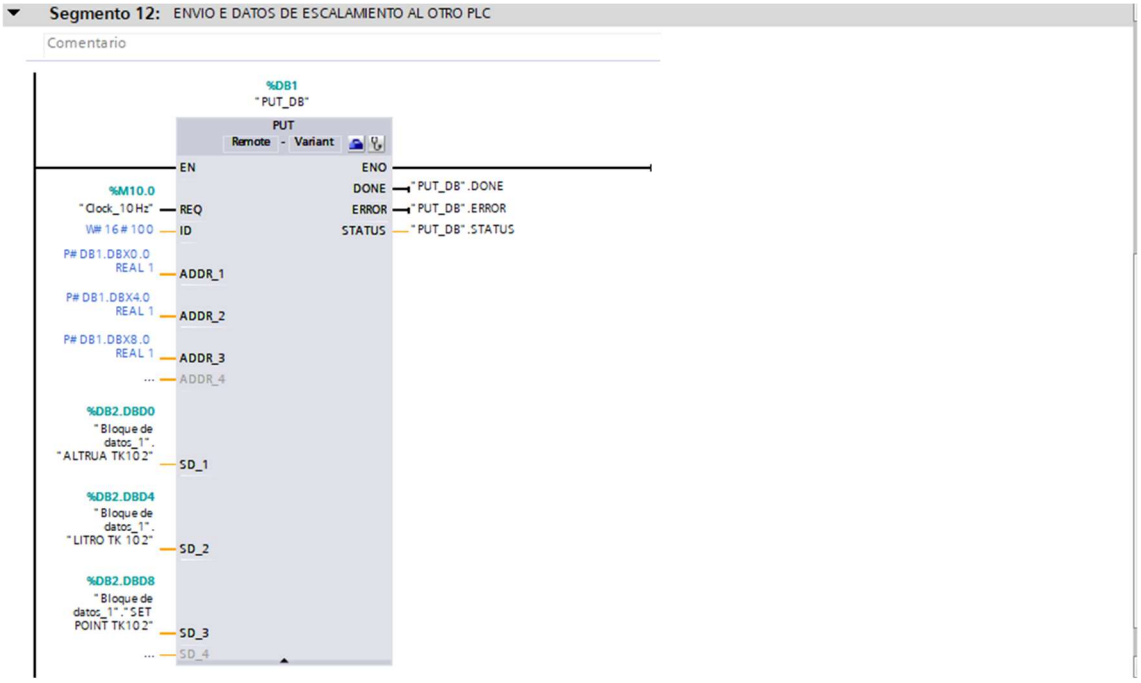


Figura15. Programación del segmento 12 del PLC S7-1200.

Programación para el PLC S7-1500

1. En esta parte se utilizan los mismos pasos de configuración "***Programación para el PLC S7-1500"*** de la práctica 6 desde el ítem 1 al 4. En este primer segmento de programación en el PLC S7-1500 "ENVÍO DE ENTRADAS DEL PLC S7-1500 PARA CONTROL DE PLANTA". El objetivo de este segmento es que mediante el bloque PUT nos permita el direccionamiento de nuestros datos almacenado en el PLCS7-1500 que es el que solicita la activación del proceso de nuestra planta (rol cliente) y así enviárselo al PLC S7-1200

que ejerce el papel de servidor y prestador de servicios de los procesos siendo este de donde se envíen los datos del proceso de llenado y todos los parámetros que intervienen en la ejecución del sistema.

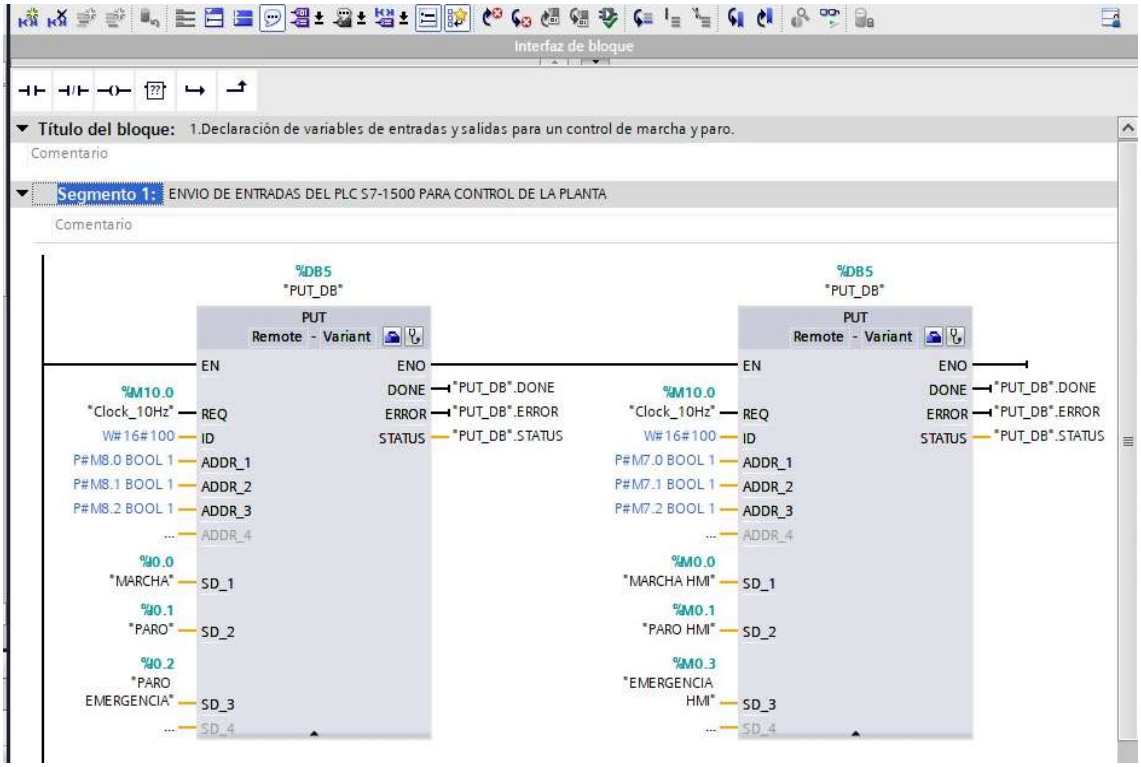


Figura21. Programación del segmento 1 del PLC S7-1500.

2. El segmento a continuación nombrado "DESPLAZAMIENTO Y CONVERSIÓN DE DATOS PARA GUARDAR EN PLC S7-1500"; cumple la acción de realizar el copiado y trasladado a otra dirección y posteriormente la conversión de datos a otro dependiendo

la necesidad del usuario.

1) El desplazamiento de la variable "ALTURA DE TK102" contenida en el bloque de datos a un dato MD28 para luego realizarse la conversión de dato tipo Dword MD28 a Real MD50 "VALOR REAL ALTURA TK102" siendo efectuado con propósitos de trabajar con datos decimales donde el dato tipo Real nos permite abarcar valores comprendidos entre -3.402823e+38 y 3.402823e+38.
2) El desplazamiento de la variable "LITRO TK102" contenida en el bloque de datos a un dato MD40 para luego realizarse la conversión de dato tipo Dword MD40 a Real MD60 "VALOR REAL LITRO TK102" siendo efectuado con propósitos de trabajar con datos decimales donde el dato tipo Real nos permite abarcar valores comprendidos entre -3.402823e+38 y 3.402823e+38.
3) El desplazamiento de la variable "SET POINT" contenida en el bloque de datos a un dato MD58 para luego realizarse la conversión de dato tipo de dato tipo Real MD58 "VALOR DEL SETPOINT" a Dword MD70 siendo efectuado con propósitos de trabajar con enteros de gran capacidad donde el dato tipo Dword nos permite abarcar valores comprendidos entre 0 y 4,294,967,295. Posteriormente desplazado a un bloque de datos.

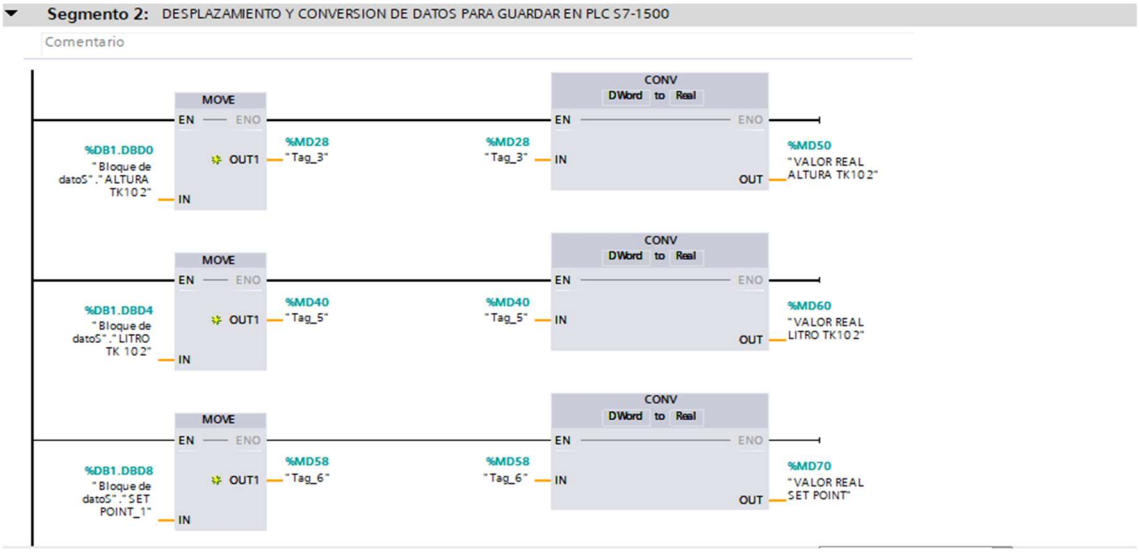


Figura23. Programación del segmento 2 del PLC S7-1500.

Pantalla HMI

1. En esta práctica también vamos a necesitar de una pantalla HMI por lo que debemos agregarla de la misma manera que el PLC S7-1500 pero en este caso seleccionando la opción HMI>Basic Panel>7”>HMI KTP700 Basic PN serial 6AV2-123-2GB03-0AX0.Clic en la opción agregar. Luego de agregar el dispositivo en la pantalla se presentará su respectiva imagen en el software TIA Portal.
2. Lo siguiente es la programación de nuestro controlador por medio de lenguaje de contactos, para esto debemos dirigirnos al árbol del proyecto a la izquierda de la pantalla y luego dar clic en

"PLC_1", posteriormente "Bloques de Programa" y damos doble clic sobre "Main [OB1]", finalmente nos aparecerá la venta que nos permitirá realizar la programación pertinente.

3. En esta práctica apreciaremos el uso de la pantalla HMI, siendo la primera imagen la portada de nuestra práctica con detalles informativos, esto fue realizado mediante la barra de herramientas a la derecha de la pantalla a en la sección de "objetos básicos" seleccionando la quinta opción de añadir texto. La imagen del logo de la Universidad Politécnica Salesiana se hizo mediante un sencillo copia y pega y los ajustes de encuadre para su centrado.
4. En esta portada también incluye un botón "Siguiente" configurado dando doble clic sobre el mismo y luego en eventos del objeto, añadimos la acción de dar clic y para dar paso a la siguiente imagen que nos presenta el enunciado pertinente de la práctica #9.

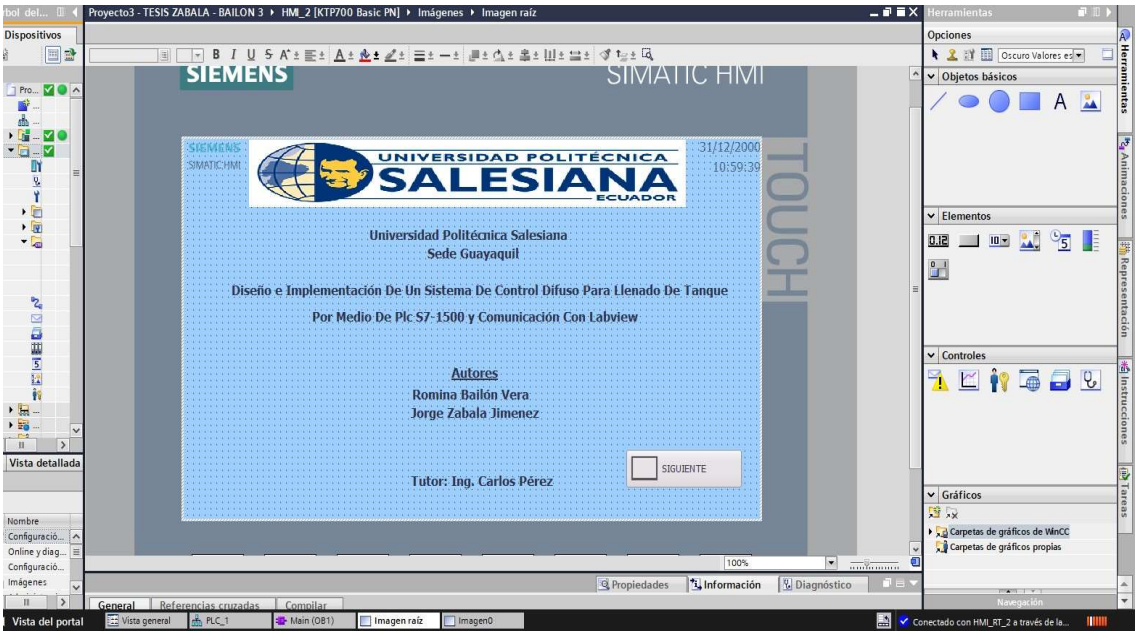


Figura24. Portada de Proyecto de titulación en HMI.

5. En la Imagen a continuación también incluye un botón "Siguiente" configurado dando doble clic sobre el mismo y luego en eventos del objeto, añadimos la acción de dar clic y para dar paso a la siguiente imagen que nos presenta la ejecución de la práctica #9.

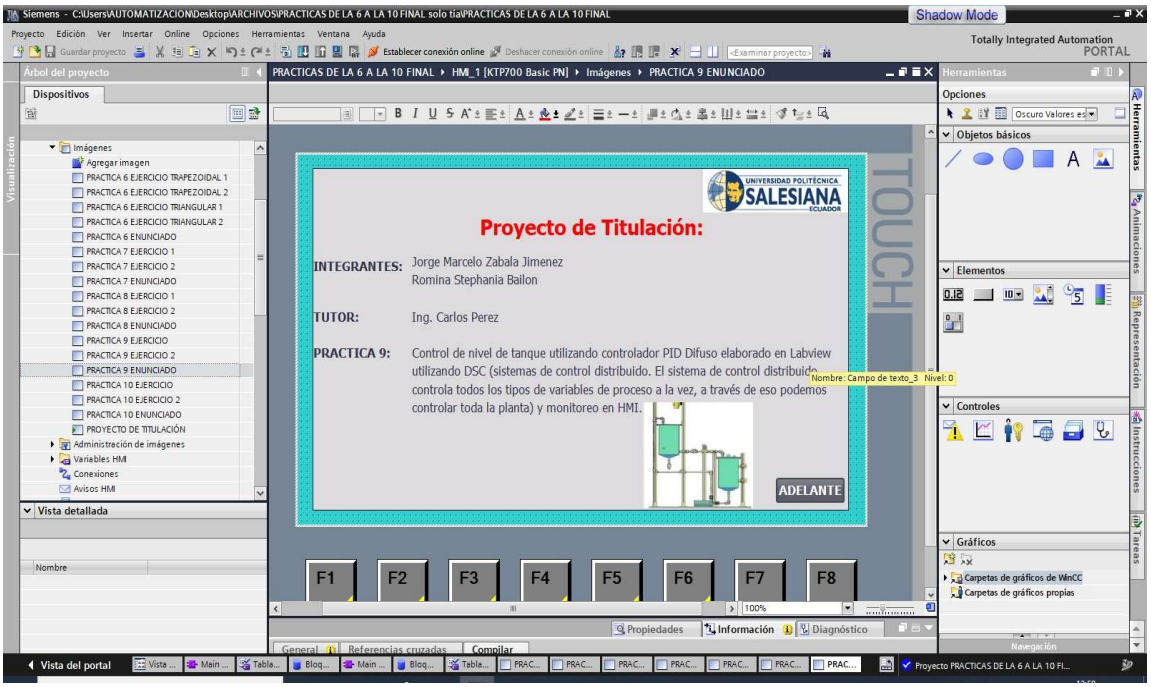


Figura25. Portada de Práctica #9.

6. En esta imagen se muestra la parte que va a permitir la ejecución de nuestro programa, incluye un botón de Marcha, Paro y Paro de Emergencia que se obtuvieron en las herramientas de la parte derecha "Elementos", seleccionando la segunda opción, luego es configurado en la sección de eventos de este elemento teniendo la función de al dar clic comenzar el proceso pues se enlaza a este botón la variable marcha y así controlar el sistema también desde nuestra pantalla HMI.

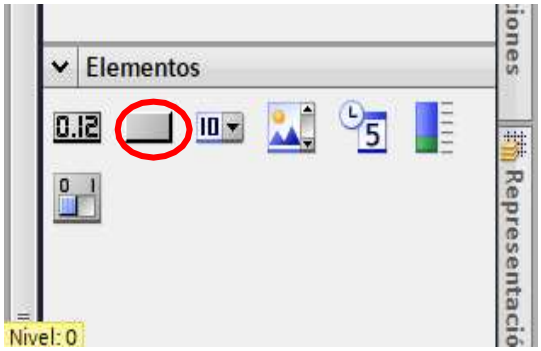


Figura26. Barra de Herramientas para Elementos en Pantalla HMI.

7. Posteriormente se añaden de las herramientas en la sección "Elementos" escogiendo la primera opción y arrastrando 4 visualizadores para reflejar los valores de "Litros en TK102", "Altura TK101", "Altura TK102", "SetPoint".

Figura27. Barra de Herramientas para Elementos en Pantalla HMI.

8. En esta sección podemos encontrar 3 representaciones de LEDS, que fueron añadidos de la barra de herramientas "Objetos básicos".
   1) Para representar el LED de activación de nuestro sensor de nivel del Tanque TK102 añadimos 1 círculo, y configuramos al dar clic en el elemento y en sus indicativos de visualización programamos e para que cambie de color cuando el valor de la variable enlazada pase de 0 a 1 en este caso la variable es M2.7 "l_s8".
   2) Para representar el LED de activación de nuestro sensor de nivel Alto "H.L" de Tanque TK101 añadimos 1 círculo, y configuramos al dar clic en el elemento y en sus indicativos de visualización programamos para que cambie de color cuando el valor de la variable enlazada pase de 0 a 1 en este caso la variable es M3.2 "l_s11".
   3) Para representar el LED de activación de nuestro sensor de nivel Bajo "L.L" de Tanque TK101 añadimos 1 círculo, y configuramos al dar clic en el elemento y en sus indicativos de visualización programamos para que cambie de color cuando el valor de la variable enlazada pase de 0 a 1 en este caso la variable es M3.3 "l_s12".
9. En esta portada también incluye un botón "Atrás" configurado dando doble clic sobre el mismo y luego en eventos del objeto, añadimos la acción de dar clic y para dar paso a la anterior imagen que nos presenta la portada de nuestra práctica.

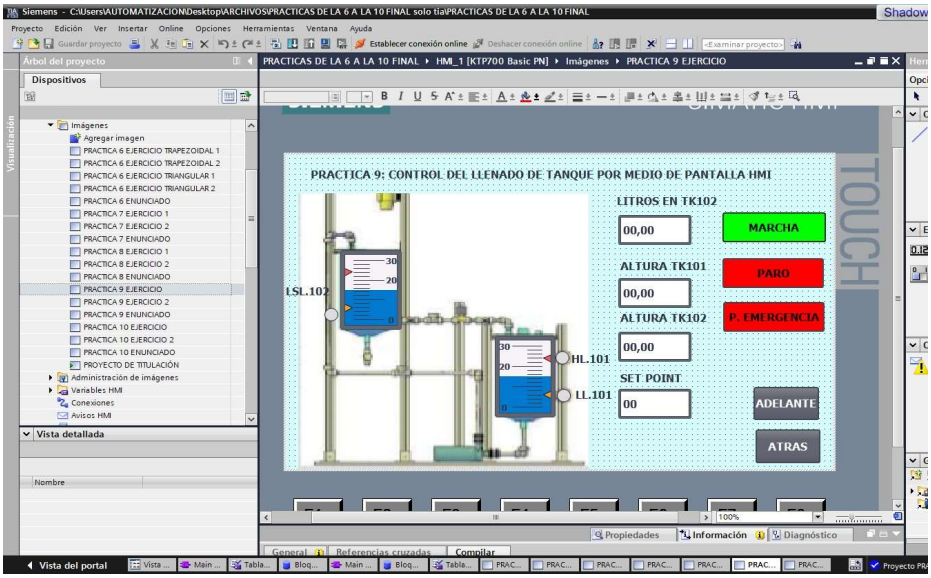


Figura28.Interfaz de Control y Monitor

10. Contamos también con una tabla de variables de los datos declarados en nuestro Panel HMI. Podemos acceder a ella, dirigiéndonos al árbol del proyecto a la izquierda de la pantalla y luego dar clic en "HMI_2", posteriormente "Variables del HMI" se desplegarán opciones y escogeremos "Tabla de variables estándar".

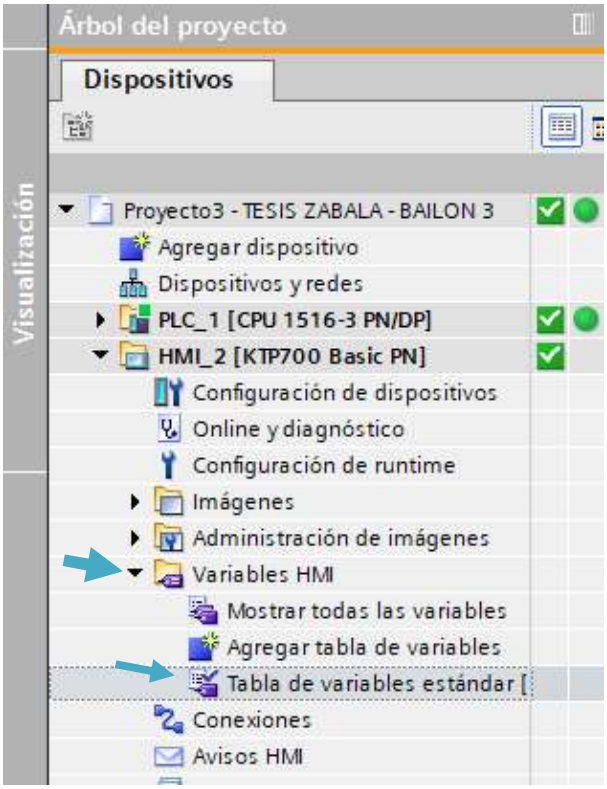


Figura29. Proceso para Acceder a Tabla de Variables del Panel HMI.

11. Podemos cambiar los nombres de nuestras variables o agregarlas si así lo requerimos. En esta tabla se mostrará también el tipo de dato que estamos manejando y también tenemos la opción de modificarlos.

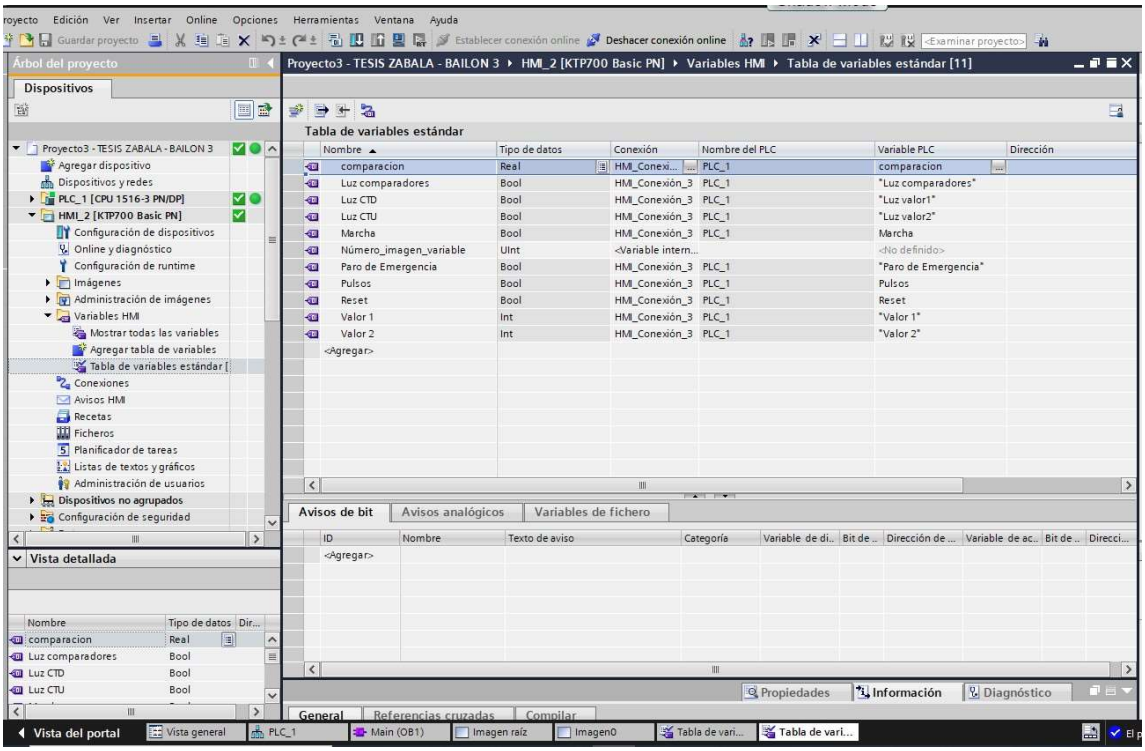


Figura30. Tabla de Variables HMI.

Proceso En OPC Server

Para esta parte se pide por favor revisar la "PRÁCTICA#6", el ítem con el nombre "Proceso en OPC Server" ya que en esta área realizaremos la misma configuración vista en dicha práctica sin ninguna variante de ningún tipo. Proseguiremos avanzando al siguiente ítem el cual será "Proceso en Labview".

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

Proceso En Labview

1. Dar Clic sobre el ícono del software NI Labview 2018 o superior y asegurándose de qué versión es su PC o laptop (32-64bytes). Una vez aparezca el logo de Labview escogemos la opción Labview.

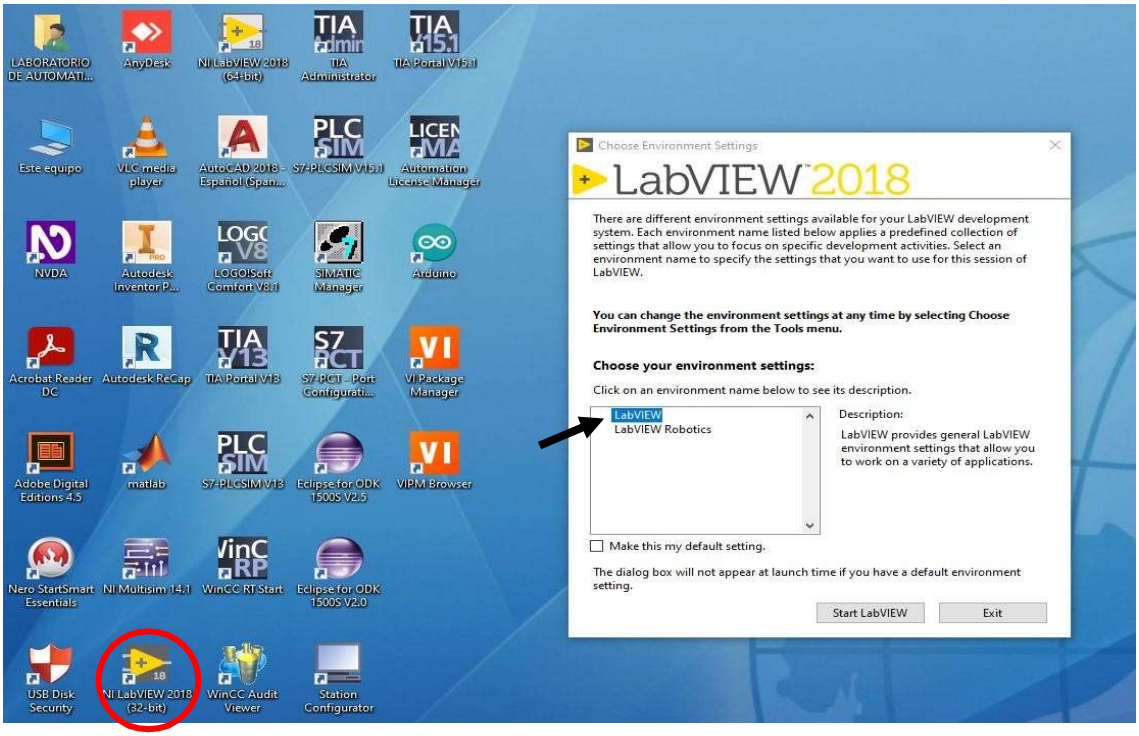


Figura69. Pantalla de inicio y visualización del software Labview.

2. Se nos presentará otra pantalla donde daremos clic en Create Project y luego seleccionaremos Blank Proyect.

Figura31.Creación de Proyecto en Labview.

3. Nos llevará a otra ventana donde daremos clic sobre Nuestro Proyecto en este caso como no le hemos asignado nombre por defecto será Project: Untitled Project 1 -My Computer- New- I/O Server

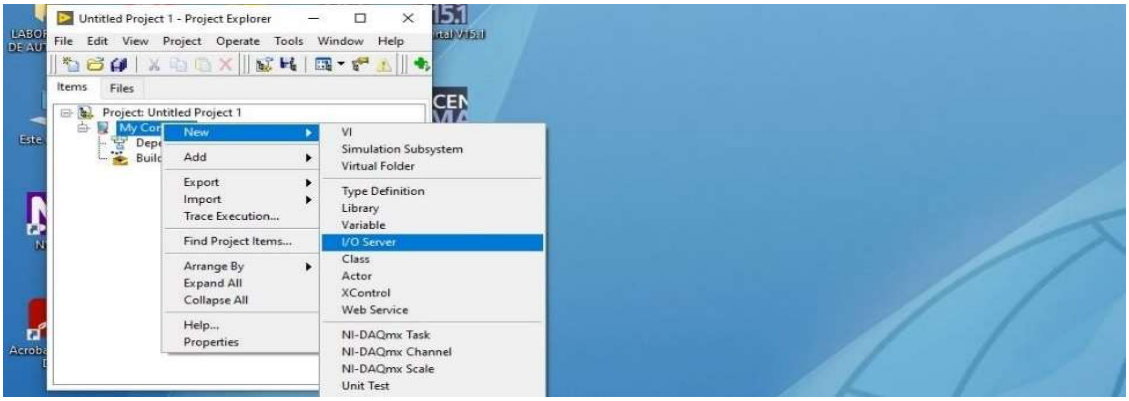


Figura32. Configuración de Proyecto en Labview.

4. Se nos desplegará otra ventana y seleccionamos la opción OPC Cliente.

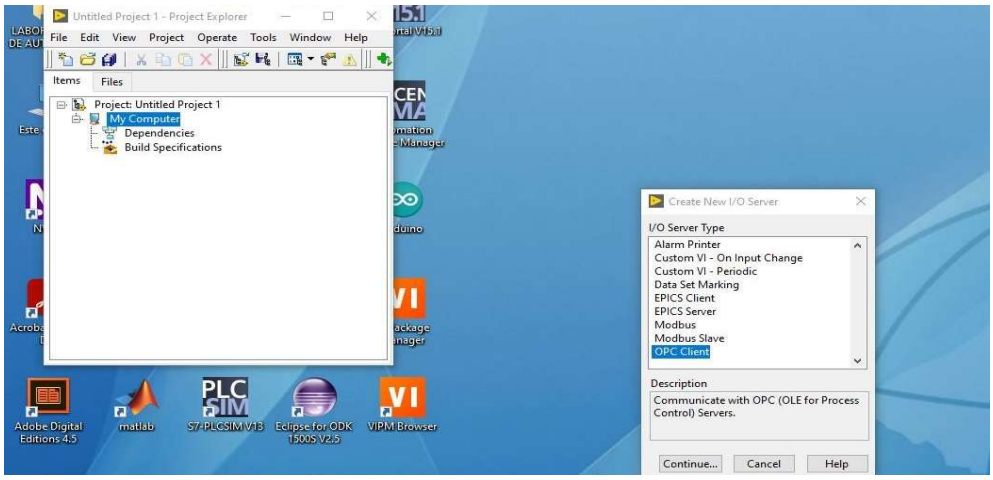


Figura33. Configuración de Proyecto en Labview.

5. Nos direccionará a una ventana donde debemos dar clic Settings-National Instruments. NIOPCServer.V5 con los parámetros como se muestran y luego clic en OK.

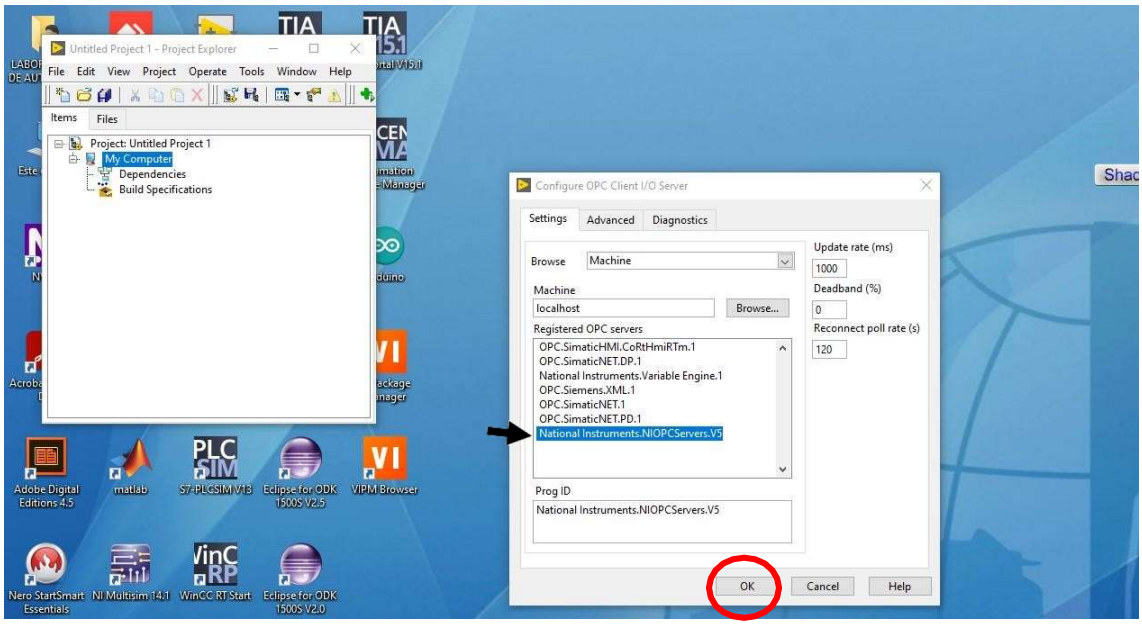


Figura34. Configuración de enlace de Proyecto en Labview con OPC Server.

6. Luego de la activación del opc server, volvemos a la venta de nuestro proyecto y damos clic en My Computer-New-Variable. Esto nos permite agregar todas las variables que previamente fueron establecidas en la herramienta OPC Server.

Figura35. Configuración de enlace de Proyecto en Labview con el Proyecto previamente creado y configurado en OPC Server.

7. Procedemos a añadir las variables de la lista de datos registrados en OPC Server que se nos despliega. Siendo la venta que se presenta a continuación para que, una vez seleccionada la variable a utilizar, colocarle los atributos pertinentes y en la opción Browser poder hacer el emparejamiento mediante búsqueda de la ubicación donde esta guardada la variable requerida.

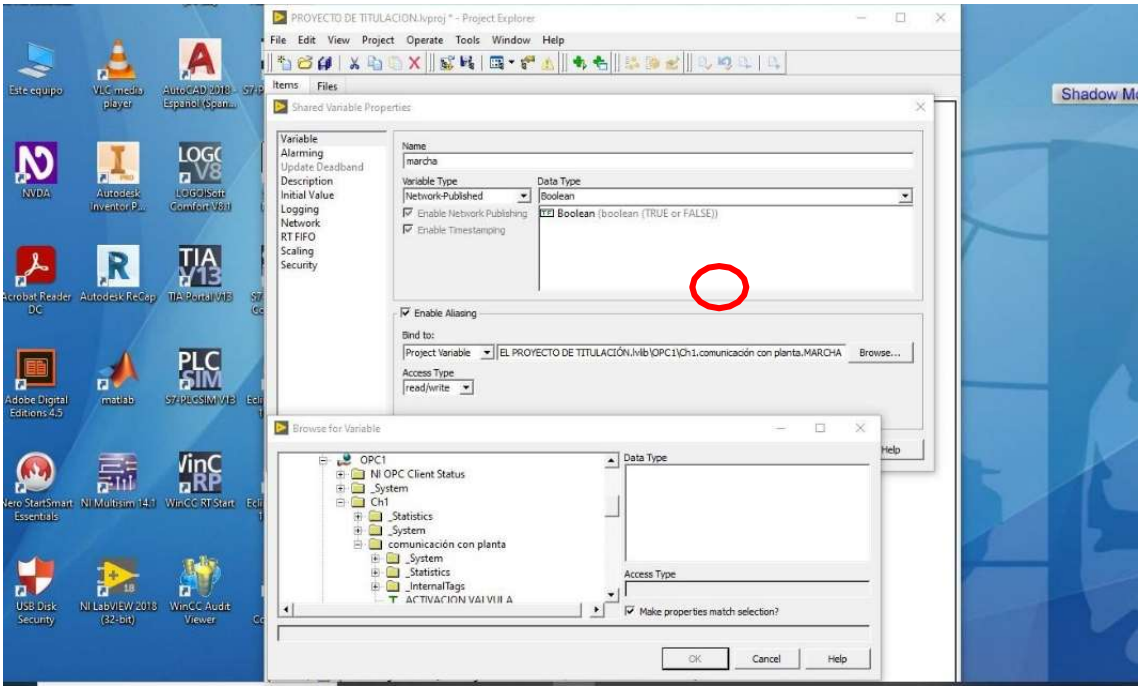


Figura36.Configuración de enlace de Proyecto en Labview con el Proyecto previamente creado y configurado en OPC Server.

8. Luego de asignar la ubicación y los atributos correspondientes damos clic en OK.

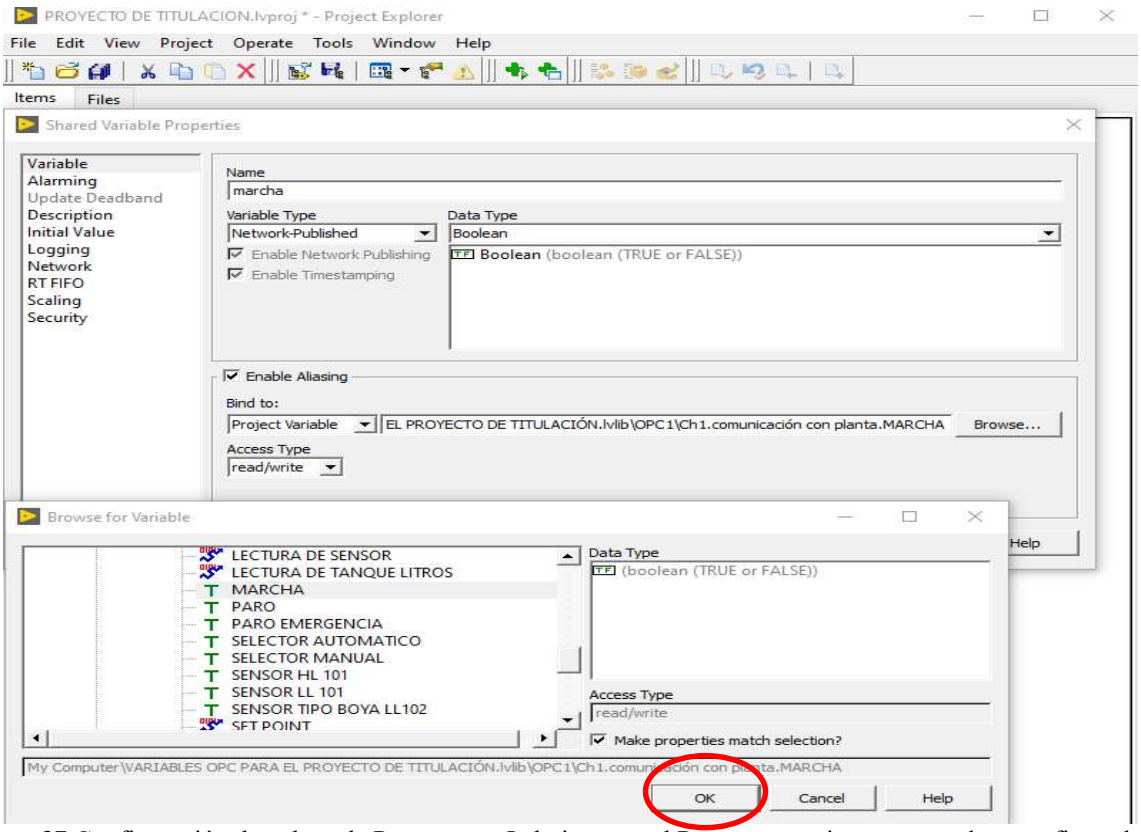


Figura37. Configuración de enlace de Proyecto en Labview con el Proyecto previamente creado y configurado en OPC Server.

9. Al concluir el llamado de las variables de OPC a nuestro programa en Labview se presentará en nuestro proyecto todas las variables que se emplearan en nuestro programa. Posteriormente de esa lista en nuestro proyecto arrastramos las variables hasta la venta Front Panel y se reemplazarán por sus respectivas contrapartes en Labview.

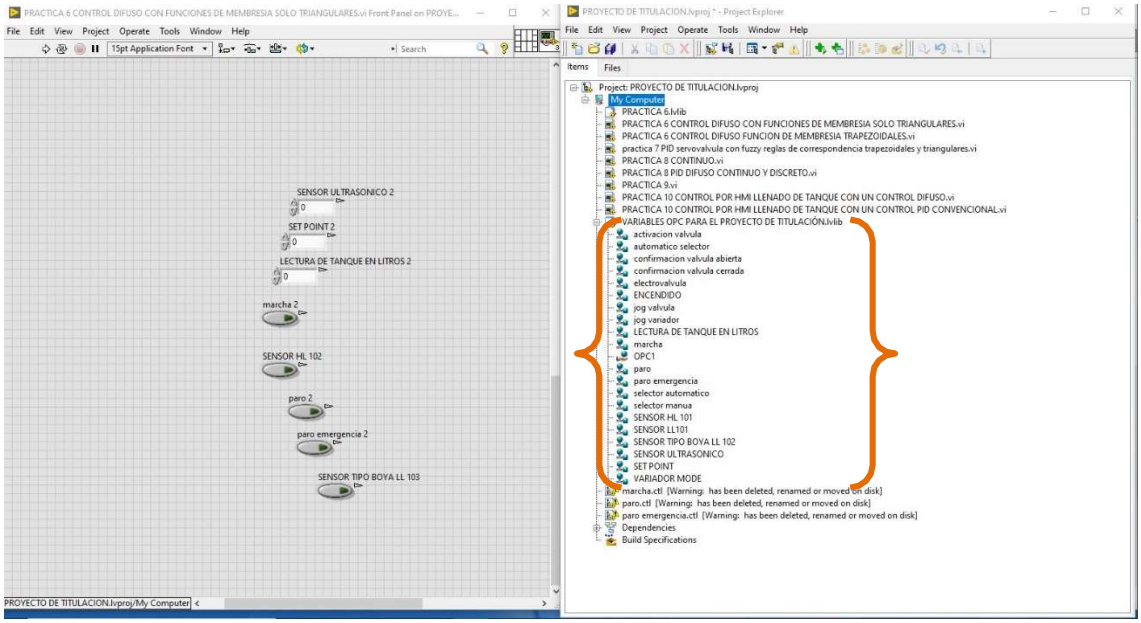


Figura38.Inicio de la Programación en el software Labview.

10. Todo lo que se encuentre en nuestra ventana Front Panel posee su correspondiente representación en la venta Bloc Diagram, donde se realizan las programaciones en este software. En esta sección vamos a necesitar la herramienta WRITE MEAS FILE que tiene como función escribir un documento en varias extensiones a partir del guardado de datos que capturemos en la ejecución de nuestro proyecto. La podemos encontrar al dar clic derecho sobre la ventana Block Diagram.

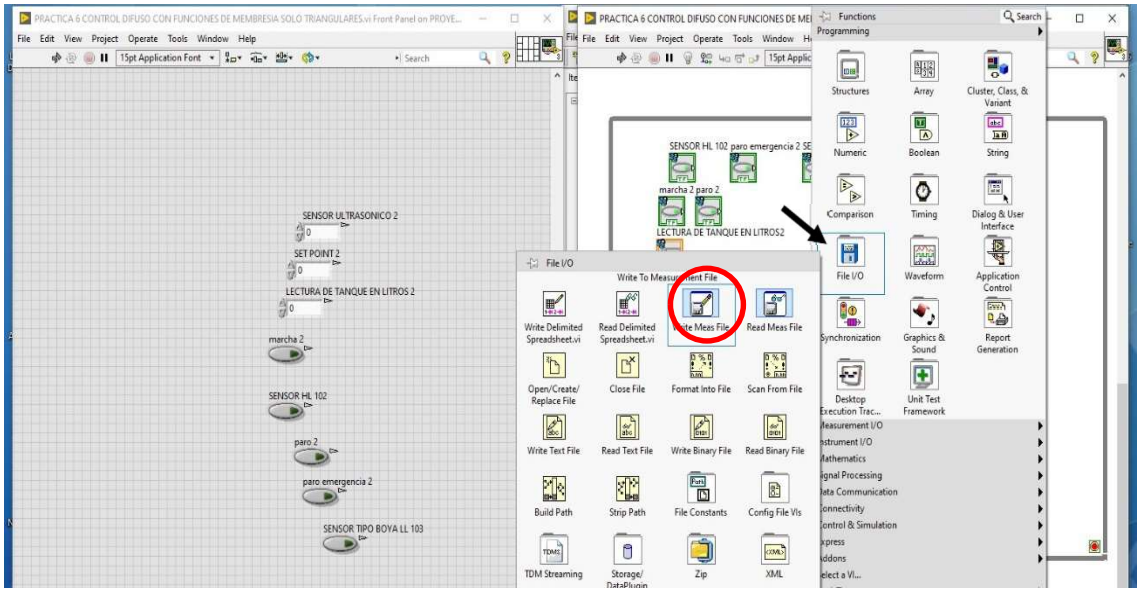


Figura38. Programación en el software Labview.

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

11. Damos nuevamente clic derecho sobre la ventana Block Diagram y nos dirigimos a Express-Signal Manipulation-Merge Signals y esta última la arrastramos hacia nuestra ventana.

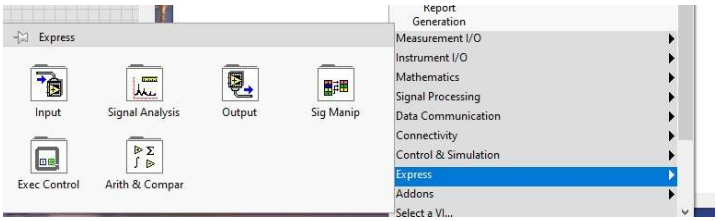


Figura39. Programación en el software Labview.

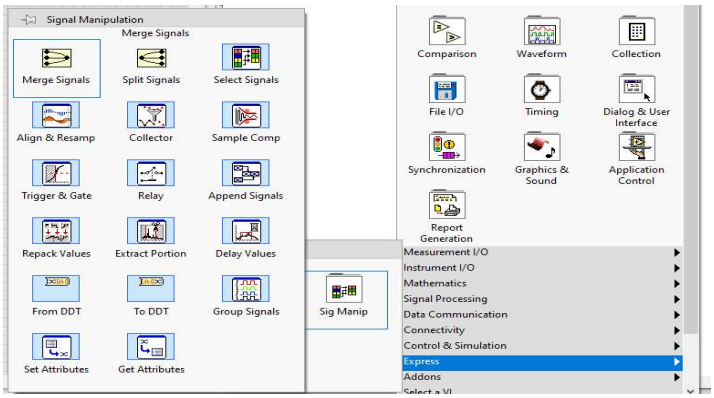


Figura40. Programación en el software Labview.

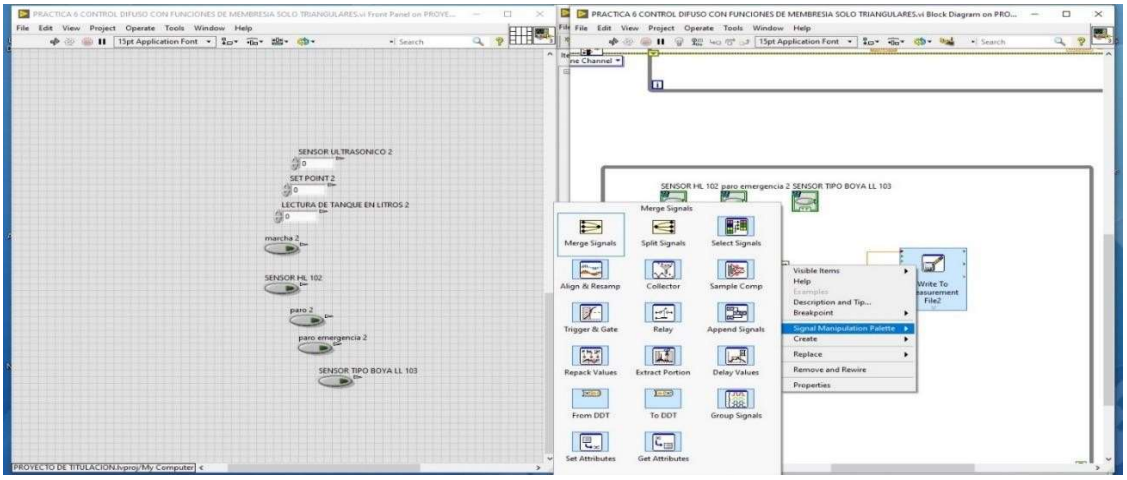


Figura41.Programación en el software Labview.

12. Podemos observar el uso de la herramienta, la misma que tiene como utilidad tomar varias señales y almacenarlas en un solo documento o grafica para facilitarnos las comparaciones de lecturas de todos los valores de variables que intervienen. En este caso entran las señales de SET POINT (valor solicitado por el usuario) y EL SENSOR ULTRASÓNICO (la lectura de la medida en tiempo real de nuestro sensor) y se guardan en el bloque anteriormente mencionado en el paso 10 de la sección de Programación en Labview 2018 o Superior. Continuamos dando doble clic sobre este bloque y configuramos el tipo de documento que deseamos que sean guardados nuestros datos y los siguientes parámetros.

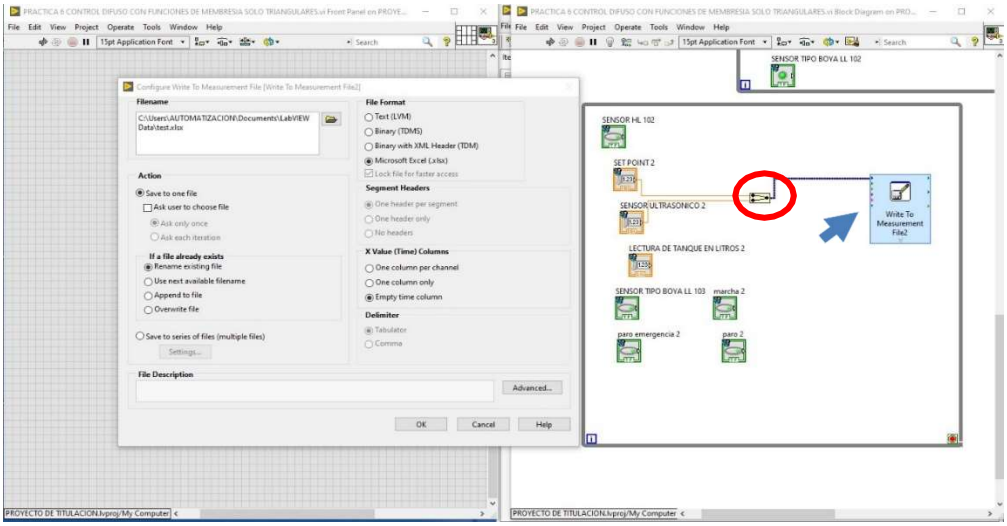


Figura42. Configuración del Bloque de escritura y almacenamiento "Write To Measurement File".

13. A continuación, procedemos a buscar bloque con las herramientas que nos permitirá comunicar nuestra tarjeta Arduino Uno con el servomotor, para lo cual damos clic derecho en la zona de programación de Labview y nos vamos a MakerHub donde buscaremos como abrir una comunicación y escribir pulsos en el servomotor en LINX.

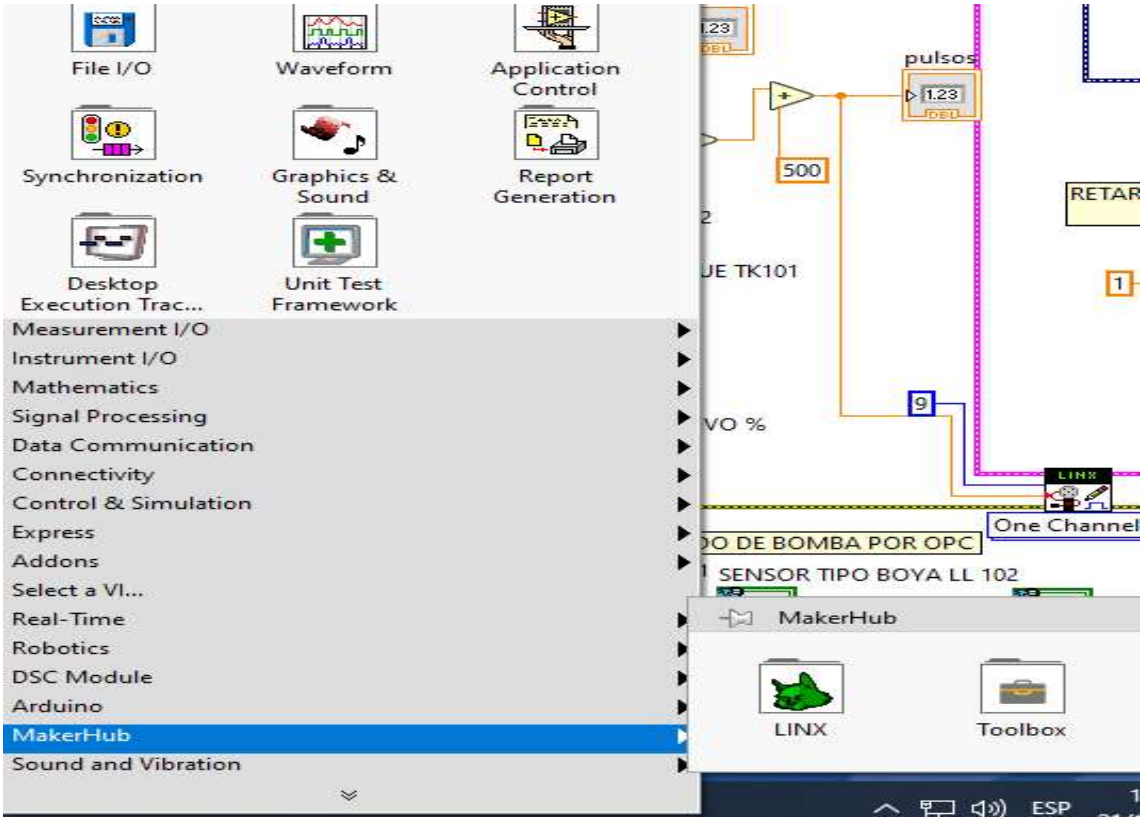


Figura43. Uso de la herramienta LINX para utilizar servomotor.

14. A continuación, procedemos abrir nuestra comunicación agregando un serial port haciendo clic derecho en la entrada de serial y dando a crear control, luego añadimos los bloques para comunicar nuestro servo y a que canal se va a escribir.

Figura44. Uso de la herramienta de LINX para abrir puerto COM y canal de servomotor.

15. Procedemos a cerrar nuestra comunicación nuestra comunicación n agregando los bloques que se muestran a continuación, hay que añadir que el bloque en el que se escriben los pulsos que se envían al servomotor no se encuentran en la imagen, pero se lo podrá ver más adelante.

Figura45. Uso de la herramienta de LINX para cerrar canal de servomotor.

16. A continuación, podemos visualizar que al igual que como hemos visto en las prácticas anteriores utilizaremos las variables de proceso del PLC adquiridas por medio del OPC en nuestro proyecto de Labview, esto con el fin de utilizar nuestro bloque de PID junto con nuestras variables adquiridas.

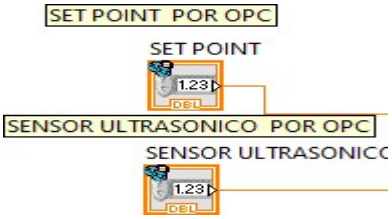


Figura46. Variables de datos adquiridos por OPC.

17. En la siguiente imagen podemos ver donde encontramos el bloque PID el cual utilizaremos con los valores ya usados en nuestras prácticas anteriores. Comenzaremos dando clic derecho a la ventana de programación del proyecto y nos vamos a ir a control y simulación para luego escoger el bloque donde dice PID como se muestra en la imagen y elegimos el mismo señalado en la imagen.

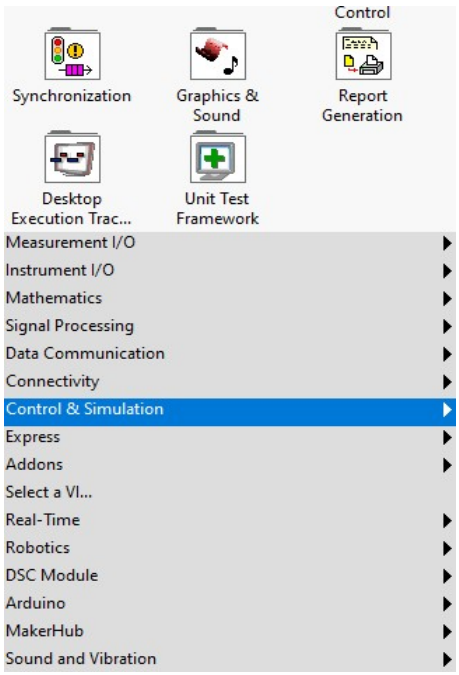


Figura47. Tabla de Herramienta Para Acceder al PID Difuso.

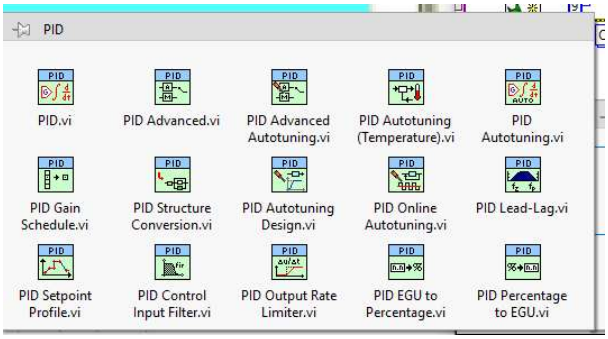


Figura48. Tabla de Herramienta Para Acceder al PID Difuso.

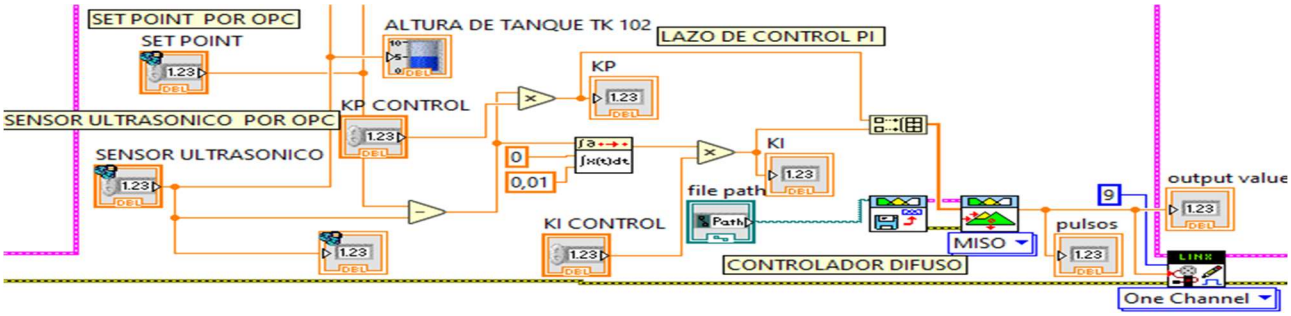


Figura49. Lazo de control con PID Difuso en Labview.

18. Se puede apreciar la programación necesaria para la práctica #9. Debemos seguir el mismo esquema para que el programa nos dé los resultados esperados.

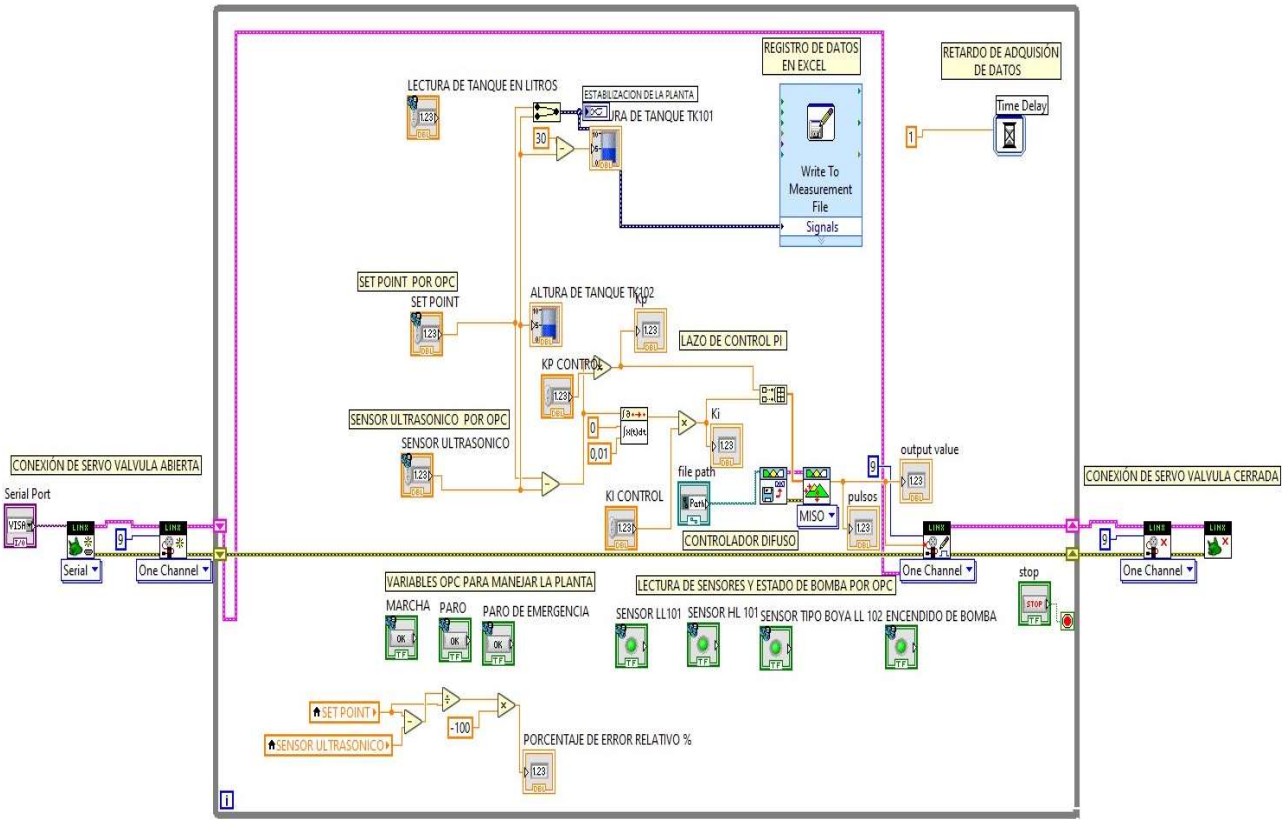


Figura50. Programación para el funcionamiento de la práctica respectiva.

19. Cabe mencionar que se utiliza las mismas herramientas para el control difuso vistas y desarrolladas antes en las prácticas 6 y 7. Para esta práctica utilizaremos el mismo control difuso visto en la práctica 7 sin cambiar ningún valor en sus funciones o reglas de pertenencia.

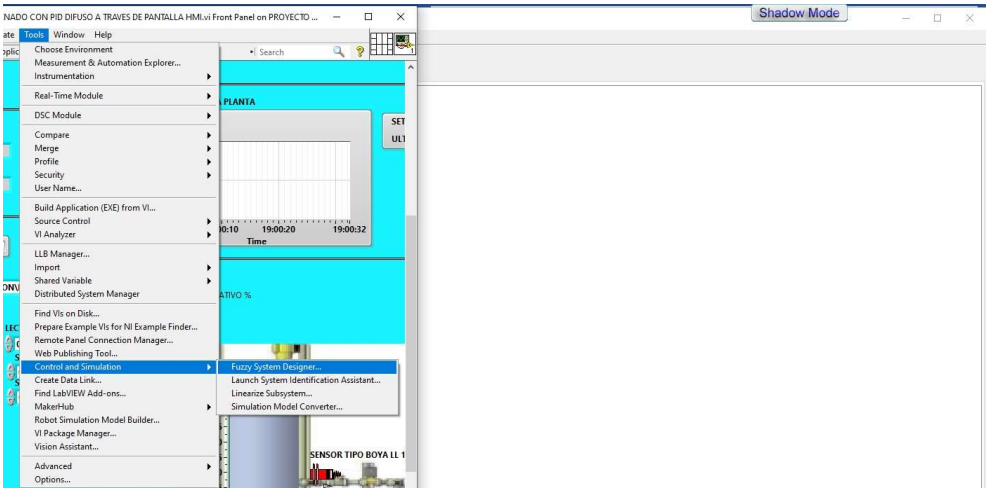


Figura51. Ventana para acceder a la configuración de las Reglas de pertenencia y conjunto de funciones de control Difuso.

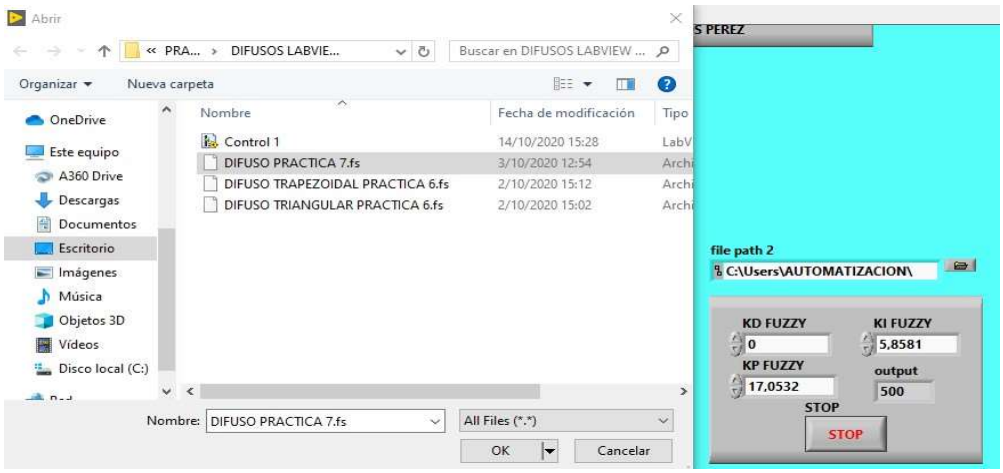


Figura52. Control Difuso.

DSC Module

20. En esta sección podemos apreciar nuestra venta Front Panel, en la misma se realizarán los cambios pertinentes para una animación y estética de la programación de la práctica. Se señala con detenimiento los pasos para el enlace de la herramienta DSC Module para simulación del funcionamiento de la Bomba.

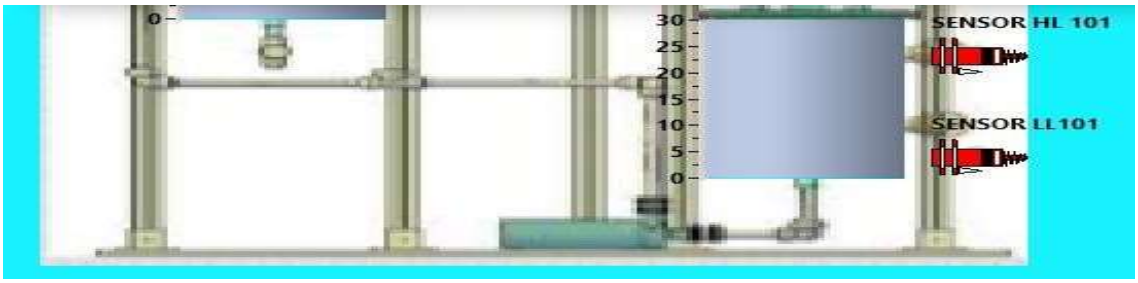


Figura53. Activación de Bomba antes del uso de Herramienta DSC Module.

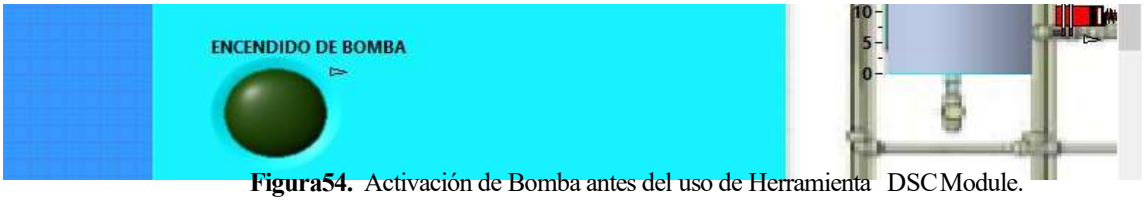


Figura54. Activación de Bomba antes del uso de Herramienta DSC Module.

21. El primer paso es indicar el elemento a cambiar en este caso ya especificamos en el paso anterior que se mostrará el proceso para la bomba. Damos clic derecho sobre el elemento seleccionamos Advance-Customize.

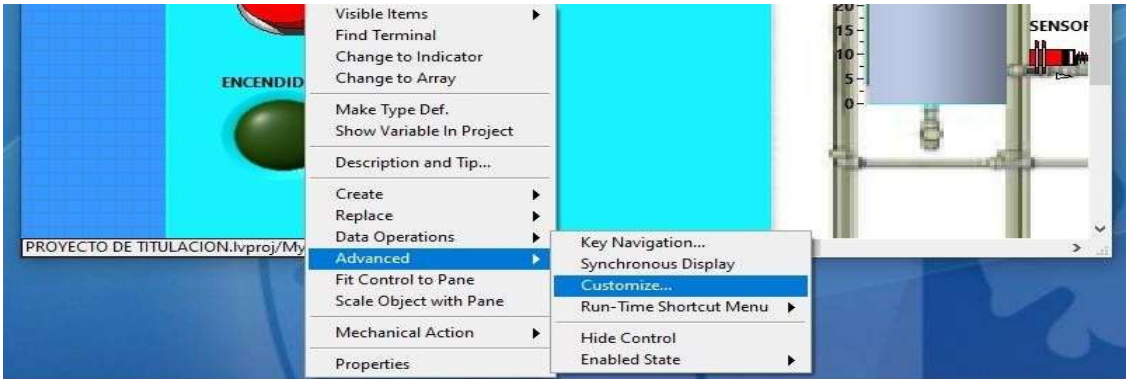


Figura55. Proceso Para Acceder a la Modificación de los elementos.

22. Se nos presentará una ventana llamada Control1 Control on, que es la que nos permite los cambios de gráfica dependiendo el estado de la variable contenida en el elemento. Para acceder a la herramienta DSC Module, dentro de esta ventana nos dirigimos Tools-DSC Module-Imago Navigator.

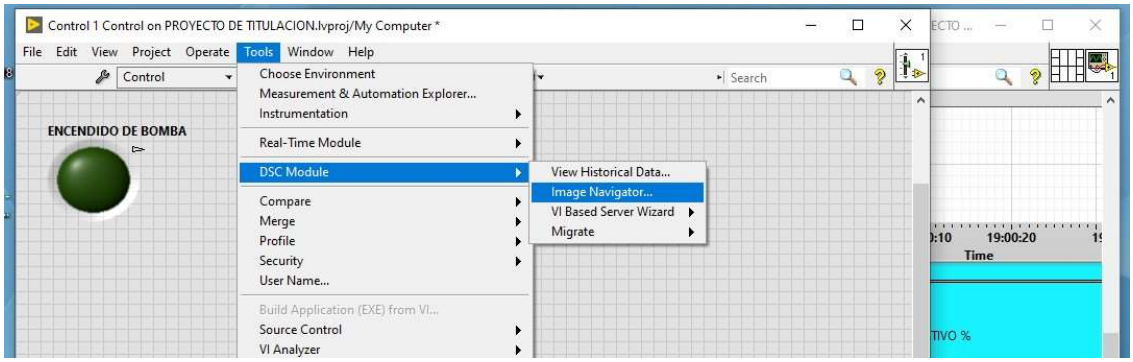


Figura56. Proceso para el acceso a DSC Module.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

23. Nos aparecerá otra ventana, donde podremos apreciar las múltiples categorías de imágenes acordes a los elementos y divididas por procesos y tipo de instrumentos. En nuestro caso escogemos la opción Pump que significa Bomba.

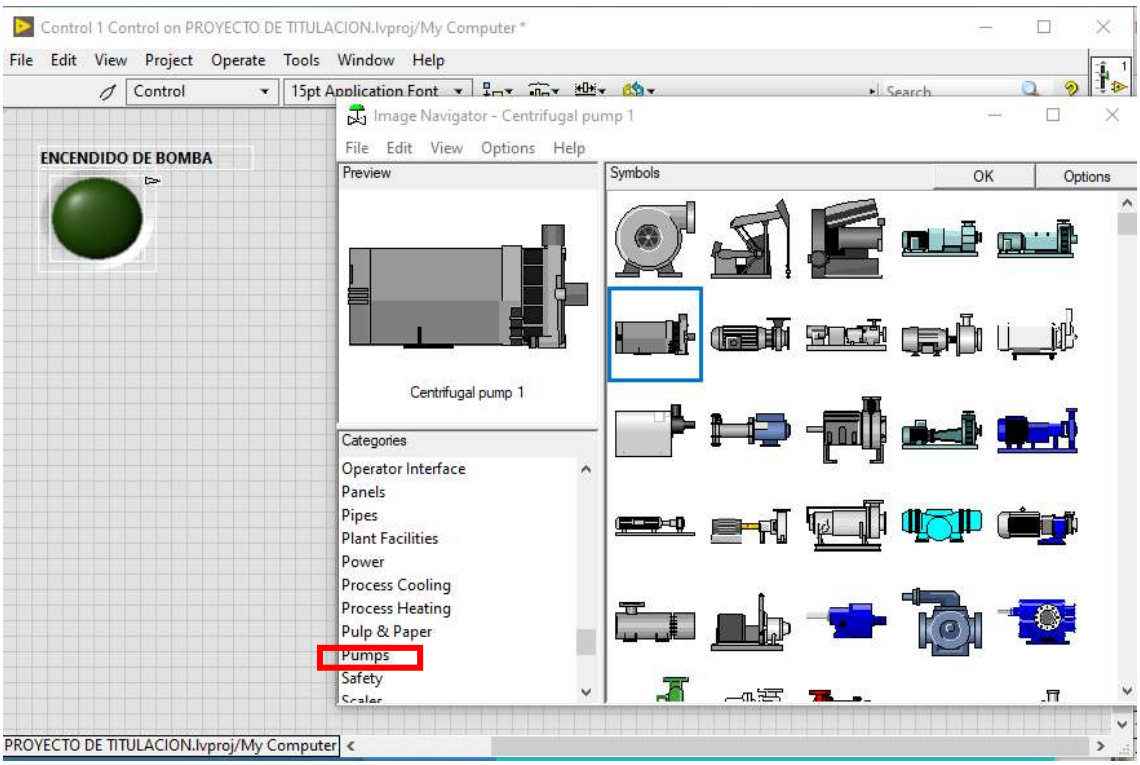


Figura57. Ventana de Herramienta DSC Module.

24. Damos doble clic o clic derecho sobre la imagen que creamos más acorde y seleccionamos propiedades para poder hacer cambios en los colores que representarán el estado de la variable. Siendo el color rojo la representación por defecto, es decir en el caso de que la bomba está apagada.

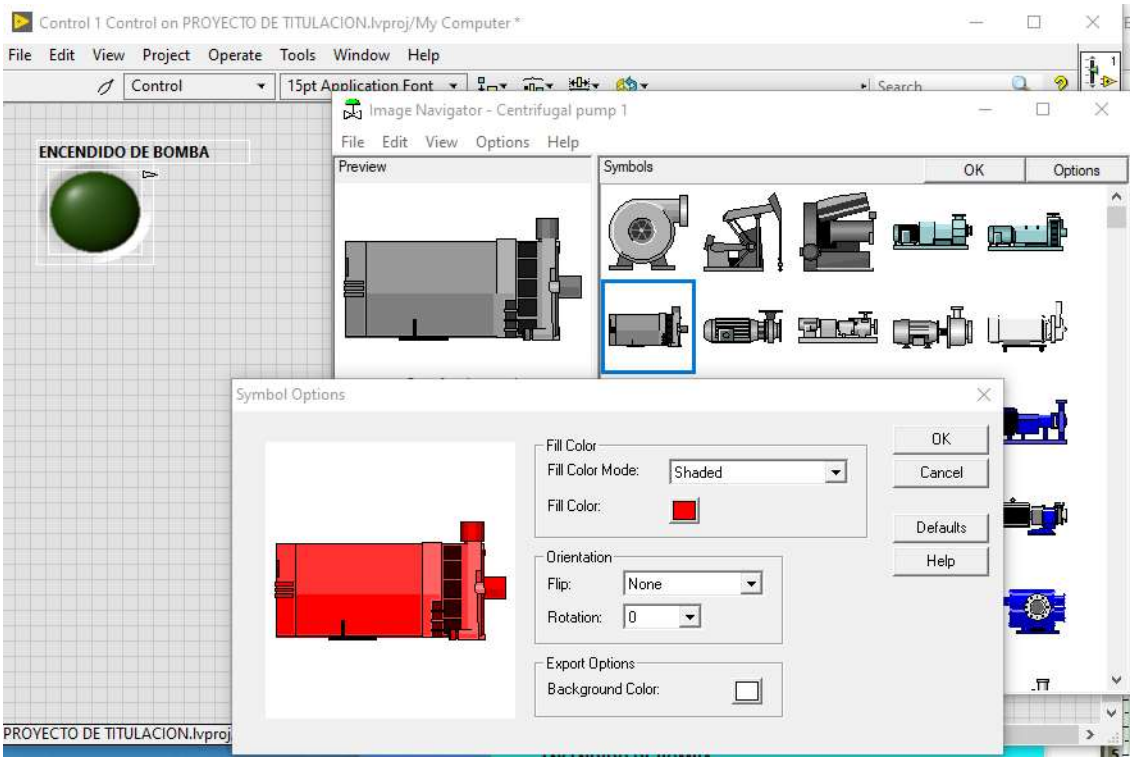


Figura58. Ventana de Herramienta DSC Module.

25. Una vez seleccionada la imagen y con las propiedades adaptadas a nuestras necesidades, damos clic derecho sobre la imagen y luego en Import Picture Clipboard. Antes de hacer los cambios debemos asegurarnos de haber cambiado de la llave a las pinzas.

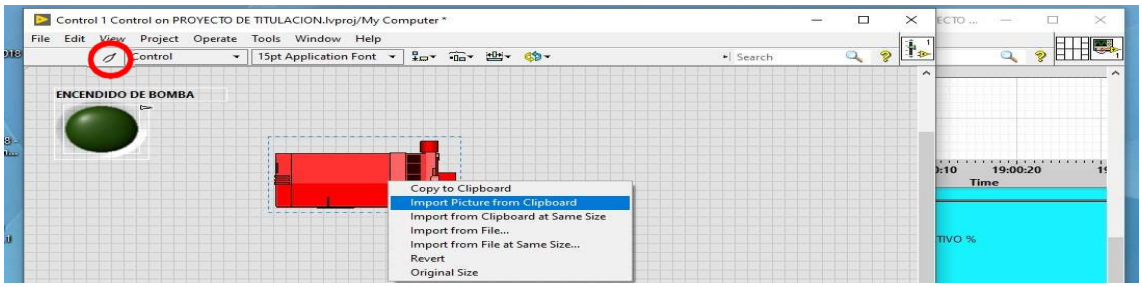


Figura59. Configuración de Elementos con Herramienta DSC Module.

26. Continuamos ahora sobre el elemento a modificar, dando clic derecho y luego en la opción Import Picture From Clipboard. Una vez hecho esto presionamos sobre las pinzas para cambiar a la llave.

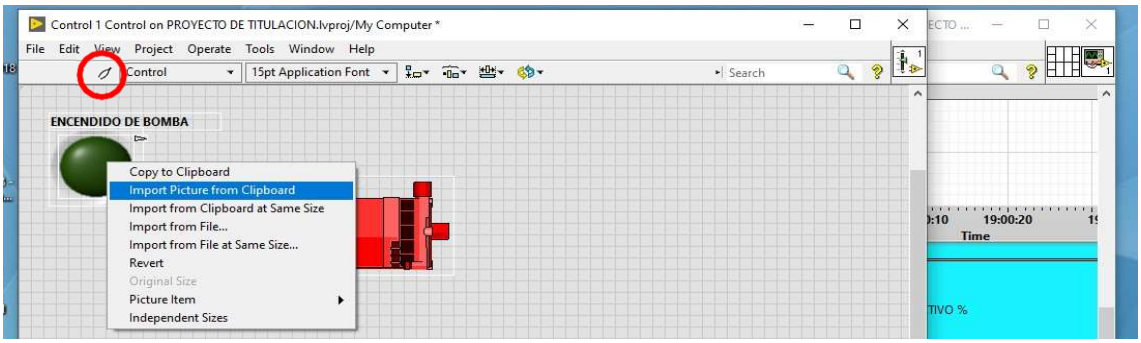


Figura60. Configuración de Elementos con Herramienta DSC Module.

27. Para realizar lo pertinente para el caso en que se activa, Primero debemos asegurarnos de haber cambiado el elemento de vincha a la llave, posteriormente damos clic sobre el elemento y vemos el cambio a encendido.

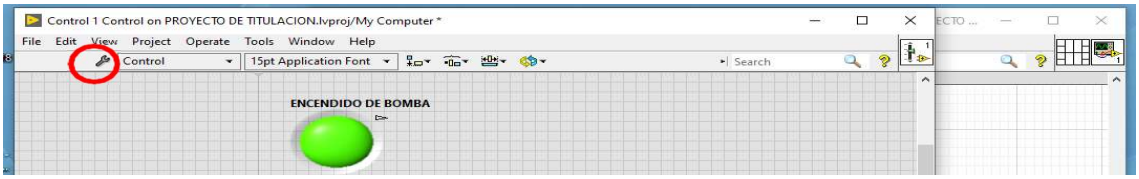


Figura61. Configuración de Elementos con Herramienta DSC Module.

28. Damos clic nuevamente sobre Tools-DSC Module-Imagen Navigator y todos los pasos anteriores de la sección "DSC Module". En este caso en que es la activación cambiaremos el color de la imagen, por lo que seleccionamos propiedades para poder hacer cambios en los colores que representarán el estado de la variable. Siendo el color verde la representación de que la bomba está encendida.

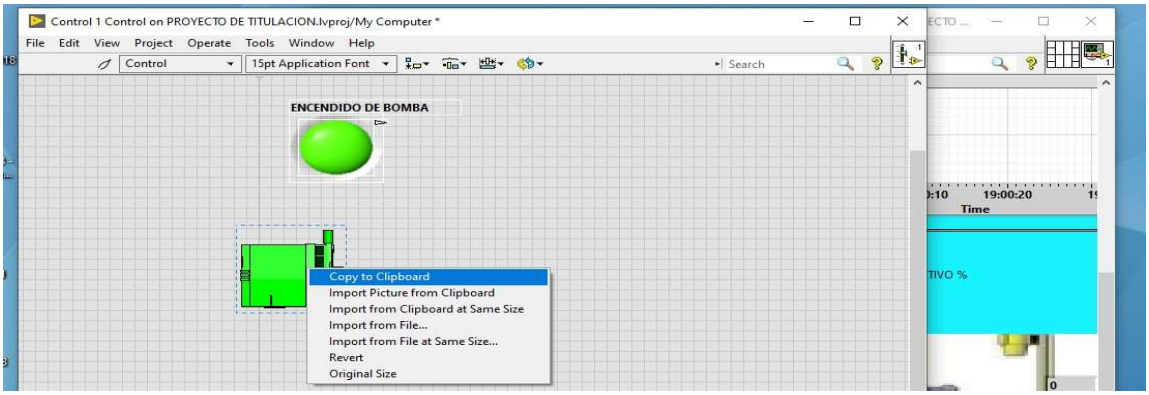


Figura62. Configuración de Elementos con Herramienta DSC Module.

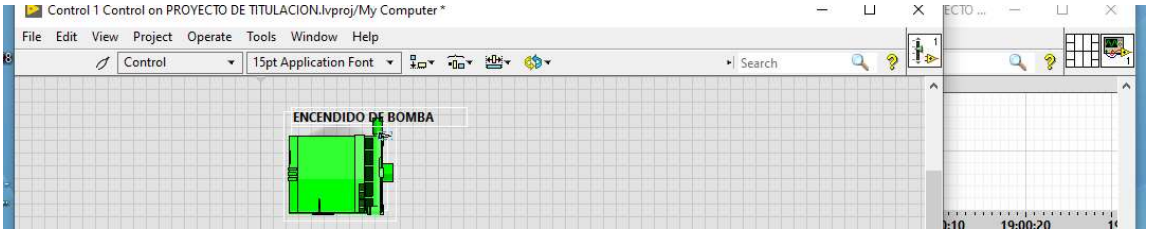


Figura63. Configuración de Elementos con Herramienta DSC Module.

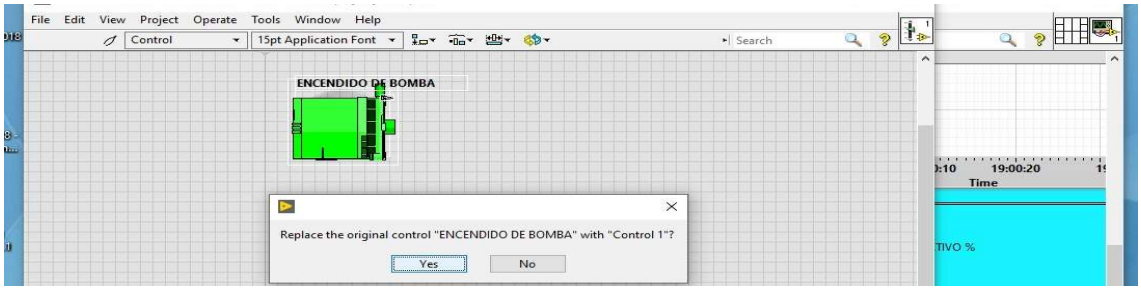


Figura64.Configuración de Elementos con Herramienta DSC Module.

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

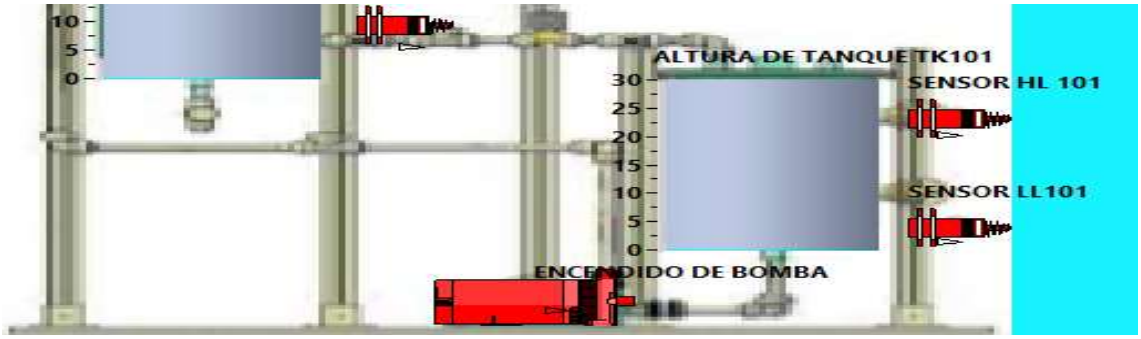


Figura65. Finalización de la Configuración de Elementos con Herramienta DSC Module.

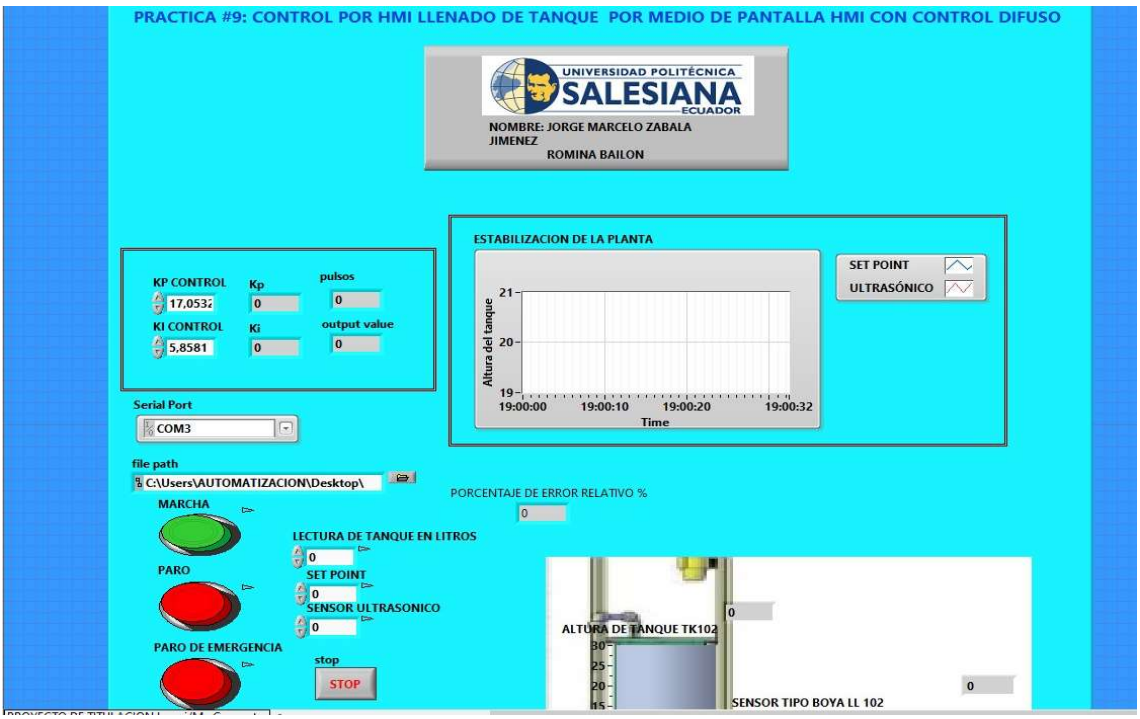


Figura66. Finalización de la Configuración de Elementos con Herramienta DSC Module.

d. Recursos Utilizados

- Lámina que contiene al PLC Siemens S7-1500.
- Pantalla HMI KTP700 Basic Panel
- Lámina de Fuente de Alimentación.
- Lámina de Distribución.
- Lámina de Mando y Señalización.
- Computadora con software TIA Portal Versión 15.1.

e. Registro de Resultados

Podemos apreciar satisfactoriamente el funcionamiento de práctica #9. Se muestran los PLC S7-1500 y S7-1200 en su estado RUN con todos los datos programados cargados, la visualización del proceso en la pantalla HMI y además de las conexiones pertinentes en las láminas usadas.

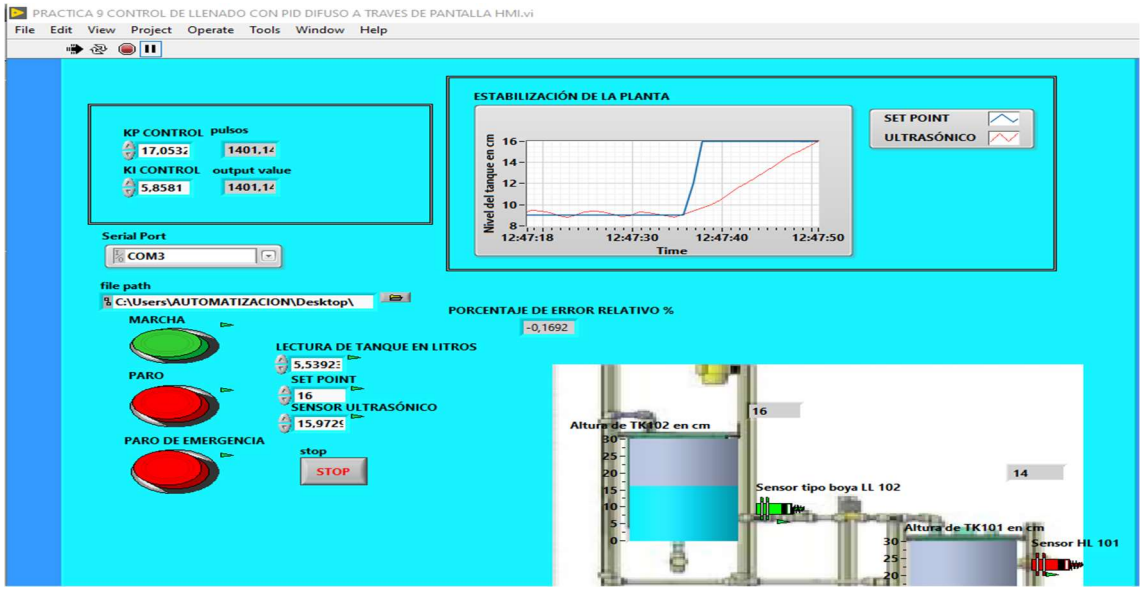


Figura67. Registro De Resultados.

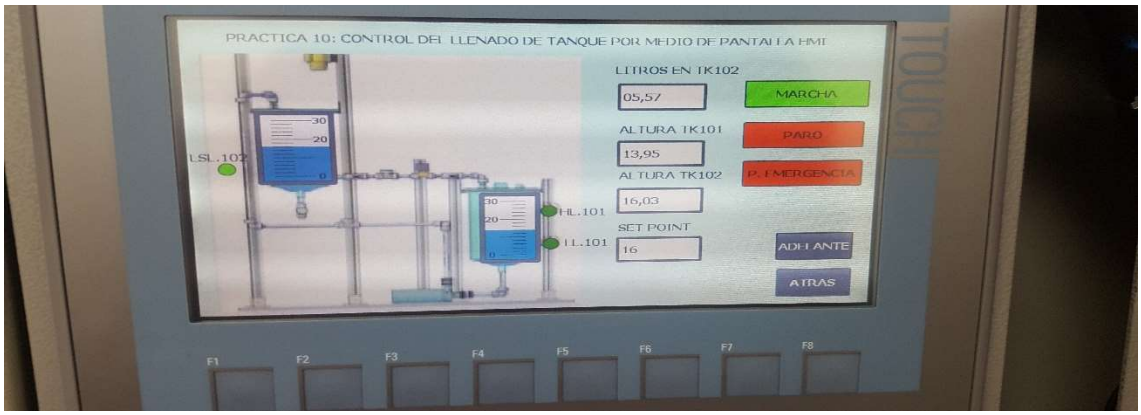
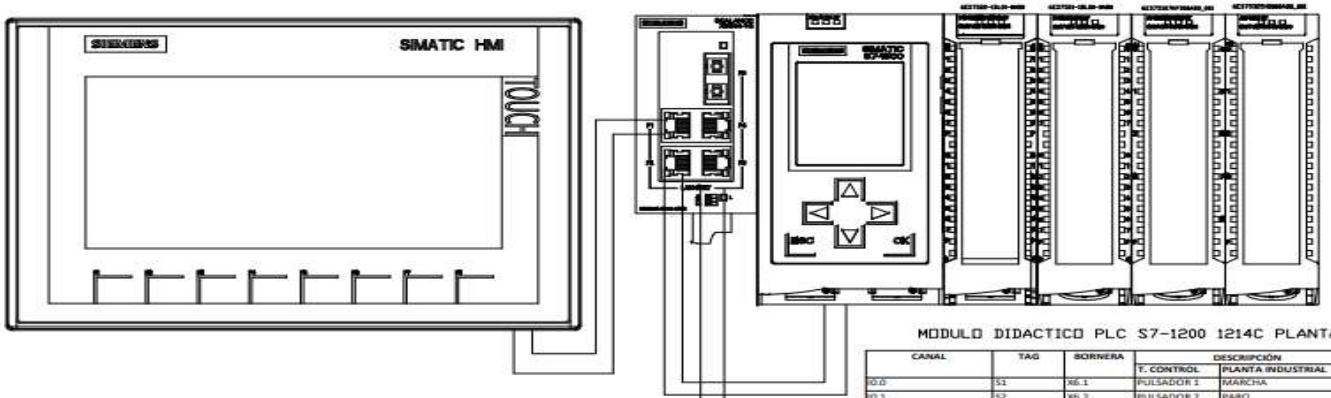


Figura68. Registro De Resultados.

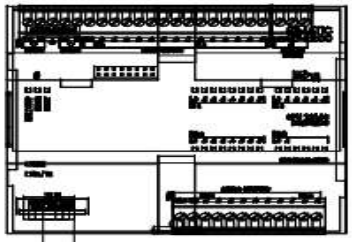
Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP

PRACTICA # 6,7,8,9,10.



MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA



MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA

CANAL	TAG	BORNERA	DESCRIPCIÓN	
			T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S1	X6.1	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S2	X6.2	PULSADOR 2	PARO
I0.2	S3	X6.3	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA
I0.3	S4	X6.4	PULSADOR 4	SELECTOR (MANUAL)
I0.4	S5	X6.5	PULSADOR 5	SELECTOR (AUTOMÁTICO)
I0.5	S6	X6.6	PULSADOR 6	JOG VÁLVULA
I0.6	S7	X6.7	SWITCH 1	JOG VARIADOR
I0.7	S8	X6.8	SWITCH 2	SENSOR TIPO BOYA (LL TK102)
I1.0	S9	X6.9	SWITCH 3	CONFIRMACIÓN VÁLVULA ABIERTA
I1.1	S10	X6.10	SWITCH 4	CONFIRMACIÓN VÁLVULA CERRADA
I1.2	S11	X6.11	SWITCH 5	SENSOR CAPACITIVO (HL TK101)
I1.3	S12	X6.12	SWITCH 6	SENSOR CAPACITIVO (LL TK101)
Q0.0	H1	X7.1	LED 1	ACCIONAMIENTO VÁLVULA
Q0.1	H2	X7.2	LED 2	VARIADOR MODO ON/OFF
Q0.2	H3	X7.3	LED 3	VARIADOR MODO ANALÓGICO
Q0.3	H4	X7.4	LED 4	LUZ PILOTO (H4)
Q0.4	H5	X7.5	LED 5	LUZ PILOTO (H5)
Q0.5	H6	X7.6	LED 6	LUZ PILOTO (H6)
Q0.6	H7	X7.7	LED 7	LUZ PILOTO (H7)
Q0.7	H8	X7.8	LED 8	LUZ PILOTO (H8)
AI0	AI1	X8.1	POT. 1	SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO
AI1	AI2	X8.2	POT. 2	RESERVA
AO+	AI1	X9.1	VOLTÍMETRO	VARIADOR
1M	0VDC	X5.1	0VDC	0VDC

MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3PN/DP

CANAL	TAG	DESCRIPCIÓN	
		T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S2	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S1	PULSADOR 2	PARO
I0.2	P.E	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA

				FECHA	30/07/2019
				DISEÑO	J. ZABALA
				DIBUJADO	J. ZABALA
				APROBADO	
Nr.	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE		

EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10

DISEÑO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.

PROYECTO

Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10

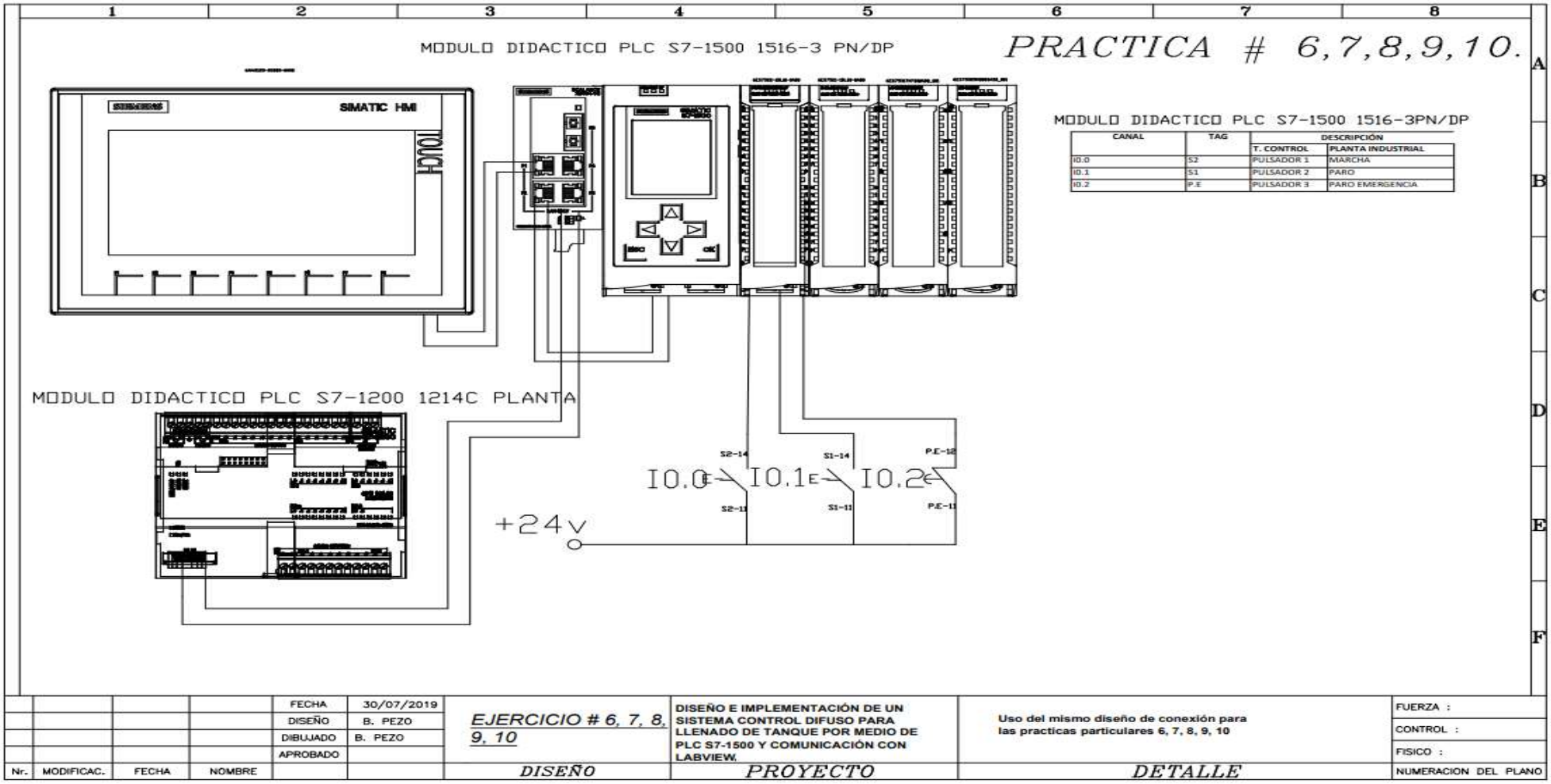
DETALLE

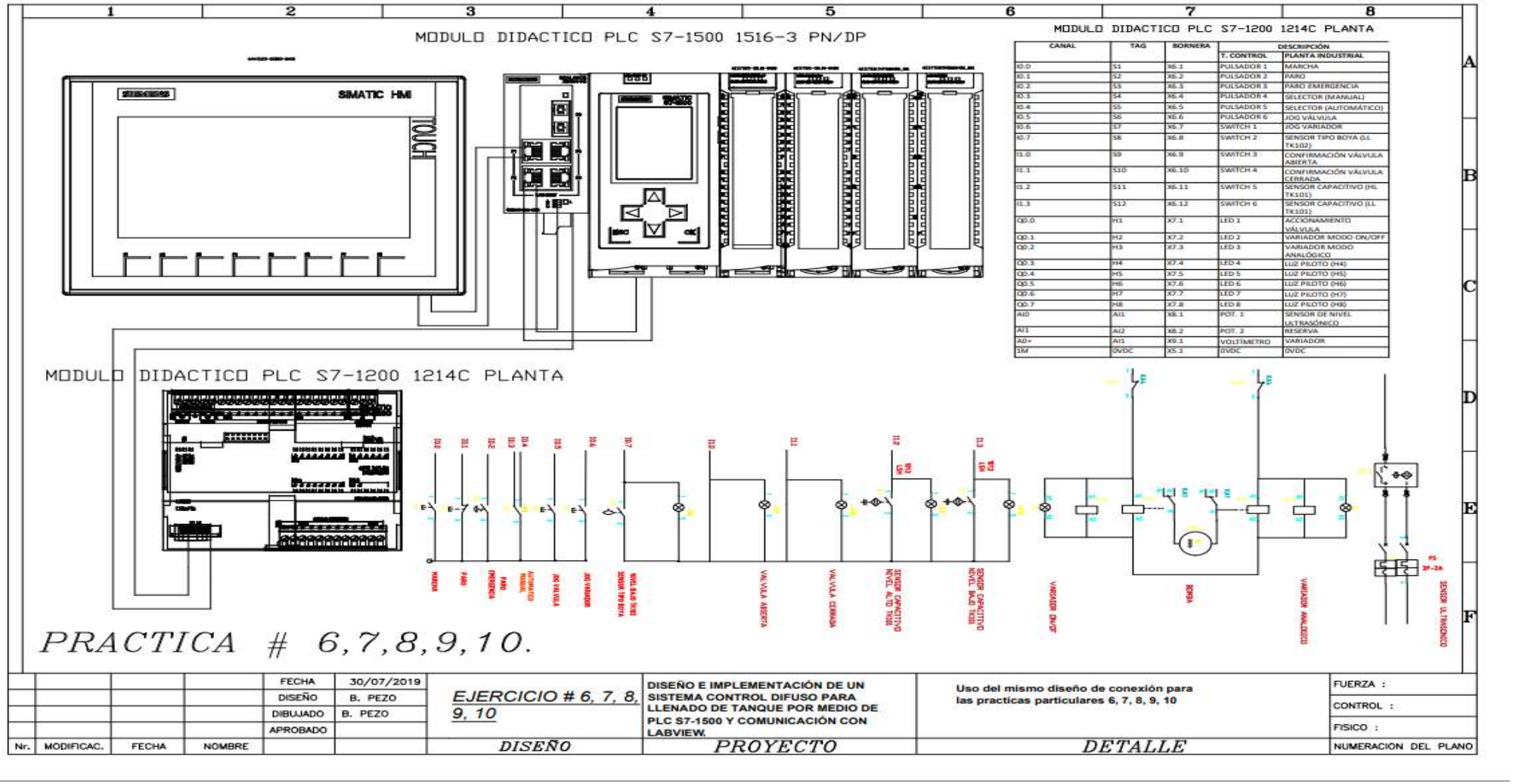
FUERZA :

CONTROL :

FISICO :

NUMERACION DEL PLANO


MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP
PRACTICA # 6,7,8,9,10.
SIMATIC HMI
TOUCH
MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3PN/DP
CANAL
TAG
DESCRIPCIÓN
T. CONTROL
PLANTA INDUSTRIAL
I0.0 S2 PULSADOR 1 MARCHA
I0.1 S1 PULSADOR 2 PARO
I0.2 P.E PULSADOR 3 PARO EMERGENCIA
MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA
I0.0
I0.1
I0.2
+24V
FECHA 30/07/2019
DISEÑO B. PEZO
DIBUJADO B. PEZO
APROBADO
EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.
Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10
FUERZA :
CONTROL :
FISICO :
Nr. MODIFICAC. FECHA NOMBRE
DISEÑO
PROYECTO
DETALLE
NUMERACION DEL PLANO


MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP
SIMATIC HMI
TOUCH
MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA
MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA
CANAL
TAG
BORNERA
DESCRIPCIÓN
T. CONTROL
PLANTA INDUSTRIAL
I0.0 S1 X6.1 PULSADOR 1 MARCHA
I0.1 S2 X6.2 PULSADOR 2 PARO
I0.2 S3 X6.3 PULSADOR 3 PARO EMERGENCIA
I0.3 S4 X6.4 PULSADOR 4 SELECTOR (MANUAL)
I0.4 S5 X6.5 PULSADOR 5 SELECTOR (AUTOMÁTICO)
I0.5 S6 X6.6 PULSADOR 6 JOG VÁLVULA
I0.6 S7 X6.7 SWITCH 1 JOG VARIADOR
I0.7 S8 X6.8 SWITCH 2 SENSOR TIPO BOYA (LL TK102)
I1.0 S9 X6.9 SWITCH 3 CONFIRMACIÓN VÁLVULA ABIERTA
I1.1 S10 X6.10 SWITCH 4 CONFIRMACIÓN VÁLVULA CERRADA
I1.2 S11 X6.11 SWITCH 5 SENSOR CAPACITIVO (HL TK101)
I1.3 S12 X6.12 SWITCH 6 SENSOR CAPACITIVO (LL TK101)
Q0.0 H1 X7.1 LED 1 ACCIONAMIENTO VÁLVULA
Q0.1 H2 X7.2 LED 2 VARIADOR MODO ON/OFF
Q0.2 H3 X7.3 LED 3 VARIADOR MODO ANALÓGICO
Q0.3 H4 X7.4 LED 4 LUZ PILOTO (H4)
Q0.4 H5 X7.5 LED 5 LUZ PILOTO (H5)
Q0.5 H6 X7.6 LED 6 LUZ PILOTO (H6)
Q0.6 H7 X7.7 LED 7 LUZ PILOTO (H7)
Q0.7 H8 X7.8 LED 8 LUZ PILOTO (H8)
AI0 AI1 X8.1 POT. 1 SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO
AI1 AI2 X8.2 POT. 2 RESERVA
A0+ AI1 X9.1 VOLTÍMETRO VARIADOR
1M 0VDC X5.1 0VDC 0VDC
MARCHA
PARO
PARO EMERGENCIA
SELECTOR MANUAL
JOG VALVULA
JOG VARIADOR
SENSOR TIPO BOYA
VALVULA ABIERTA
VALVULA CERRADA
SENSOR CAPACITIVO NIVEL ALTO TK101
SENSOR CAPACITIVO NIVEL BAJO TK101
VARIADOR ON/OF
RESPA
VARIADOR ANALOGICO
SENSOR ULTRASONICO
PRACTICA # 6,7,8,9,10.
FECHA 30/07/2019
DISEÑO B. PEZO
DIBUJADO B. PEZO
APROBADO
Nr. MODIFICAC. FECHA NOMBRE
EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10
DISEÑO
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.
PROYECTO
Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10
DETALLE
FUERZA :
CONTROL :
FISICO :
NUMERACION DEL PLANO

LABORATORIO	AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL
CARRERA	INGENIERÍA ELECTRÓNICA
SEDE	GUAYAQUIL

AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Práctica #10

NÚMERO DE ESTUDIANTES: 20

DOCENTE

ING. CARLOS PÉREZ

TIEMPO ESTIMADO: 2 HORAS

TEMA: "Comparación de Control de nivel de tanque utilizando controlador PID convencional (Proporcional, Integral y Derivativo) vs PID Difuso (conjuntos difusos relacionados con las acciones proporcionales y derivativas, sumándose la parte integral) elaborado en Labview utilizando DSC y monitoreo en HMI.**"**

Elaborado por:	**Revisado por:**	**Aprobado por:**
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

a. Objetivo General:

Aprender a crear un control de proceso con el software TIA Portal y Labview mediante la obtención de variables de la planta y guardándolas en bloques de datos, incluir una pantalla HMI para el control de la planta desde dicha pantalla, adicional se creará un VI para controlar la planta mediante un control PID convencional y se comparará los resultados con el PID difuso, se realizará un registro de datos en una tabla en Excel. Los controladores se realizarán desde Labview.

b. Objetivos Específicos:

- Diseñar un programa de activación de variables en el software TIA Portal versión 15.1.
- Diseñar un programa de control difuso en el software Labview 2018.
- Implementar mediante las conexiones en los sistemas de fuerza y control.
- Realizar la programación de un control de llenado de tanque y mantenerlo en un nivel de setpoint utilizando principalmente la pantalla HMI para leer las variables.
- Realizar un registro de datos para comparar el controlador PID difuso vs PID convencional.

c. Marco Procedimental

Proceso En TIA Portal

Para esta parte se pide por favor revisar la "PRÁCTICA#9", el ítem con el nombre "Proceso En TIA Portal" ya que en esta área realizaremos la misma configuración vista en dicha práctica sin ninguna variante de ningún tipo. Proseguiremos avanzando al siguiente ítem el cual será "Proceso En OPC Server".

Proceso En OPC Server

Para esta parte se pide por favor revisar la "PRÁCTICA#6", el ítem con el nombre "Proceso en OPC Server" ya que en esta área realizaremos la misma configuración vista en dicha práctica sin ninguna variante de ningún tipo. Proseguiremos avanzando al siguiente ítem el cual será "Proceso en Labview".

Proceso En Labview.

Controlador PID Convencional

Para esta parte se pide por favor revisar la "PRÁCTICA#9 para las configuraciones generales, descritas en la sección **Proceso En Labview.** desde el ítem 1 al 12.

1. A continuación, procedemos a buscar bloque con las herramientas que nos permitirá comunicar nuestra tarjeta Arduino Uno con el servomotor, para lo cual damos clic derecho

en la zona de programación de Labview y nos vamos a Maker Hub donde buscaremos como abrir una comunicación y escribir pulsos en el servomotor en LINX.

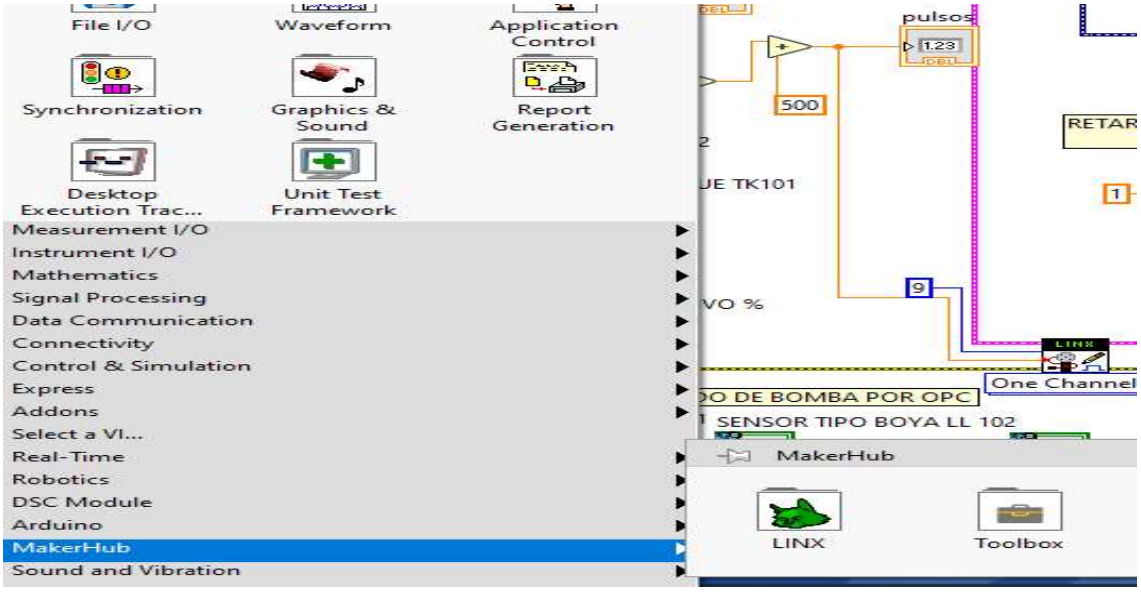


Figura1. Uso de la herramienta LINX para utilizar servomotor.

2. Procedemos abrir nuestra comunicación agregando un serial port haciendo clic derecho en la entrada de serial y dando a crear control, luego añadimos los bloques para comunicar nuestro servo y a que canal se va a escribir.

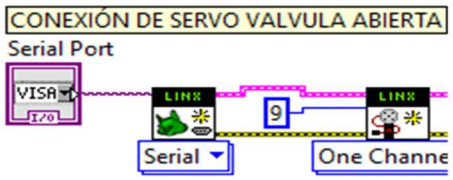


Figura2. Uso de la herramienta de LINX para abrir puerto COM y canal de servomotor.

3. Procedemos a cerrar nuestra comunicación nuestra comunicación agregando los bloques que se muestran a continuación, hay que añadir que el bloque en el que se escriben los pulsos que se envían al servomotor no se encuentran en la imagen, pero se lo podrá ver más adelante.

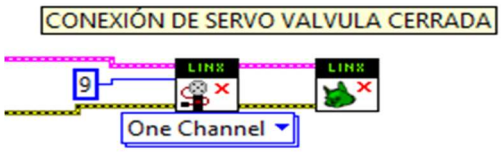


Figura3. Uso de la herramienta de LINX para cerrar canal de servomotor.

4. Podemos visualizar que al igual que como hemos visto en las prácticas anteriores utilizaremos las variables de proceso del PLC adquiridas por medio del OPC en nuestro proyecto de Labview, esto con el fin de utilizar nuestro bloque de PID junto con nuestras variables adquiridas.

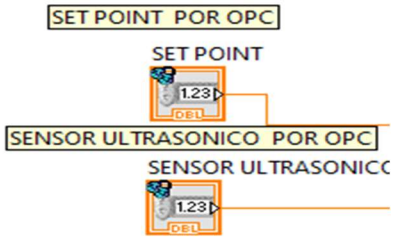


Figura4. Variables de datos adquiridos por OPC.

5. En la siguiente imagen podemos ver donde encontramos el bloque PID el cual utilizaremos con los valores ya anteriormente usados en nuestras prácticas anteriores. Comenzaremos dando clic derecho a la ventana de programación del proyecto y nos vamos a ir a control y simulación para luego escoger el bloque donde dice PID como se muestra en la imagen y elegimos el mismo señalado en la imagen.

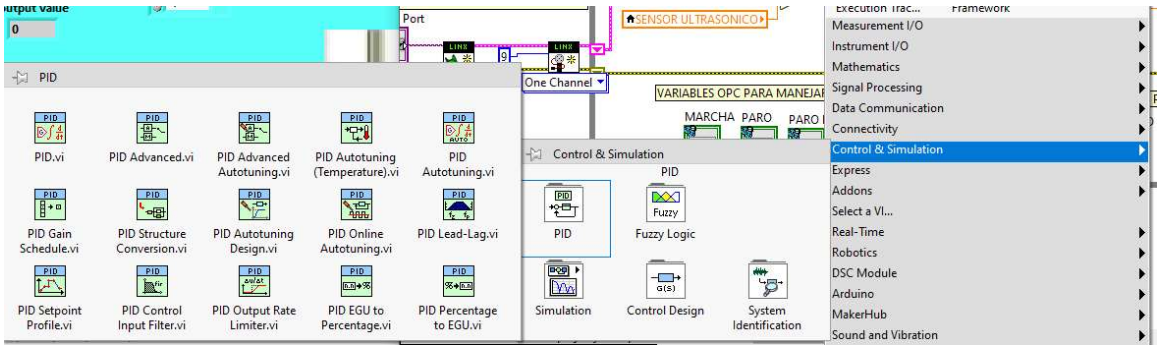


Figura5. Bloque PID.vi.

6. En la siguiente imagen podemos ver los valores que ingresamos a nuestro bloque PID.vi. adicional también podemos ver que la salida del PID vamos a manejarla de forma que podamos obtener un valor para enviar como pulsos a nuestro servomotor ya que este es el que se encargara de abrir y cerrar la válvula de salida de la planta.

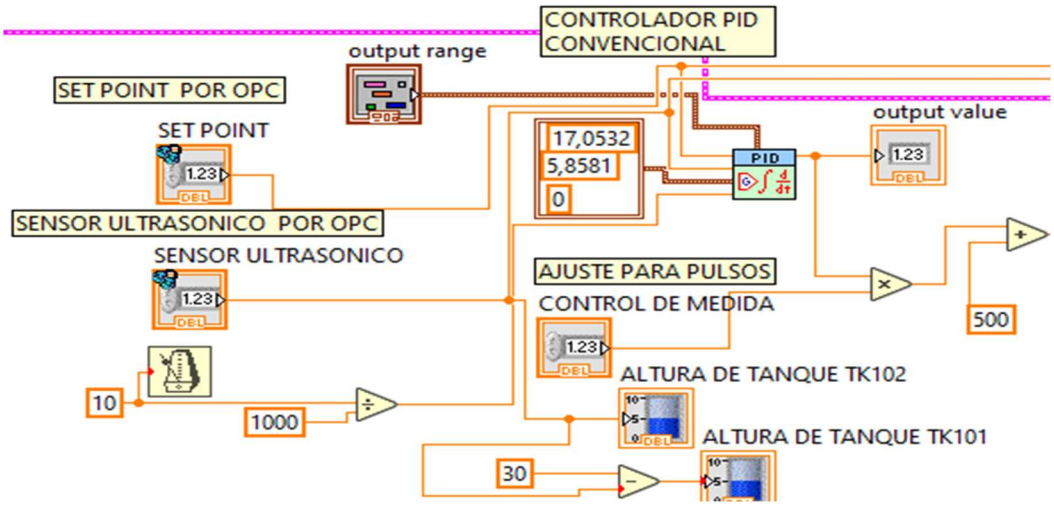


Figura6. Lazo de control con PID convencional en Labview.

7. En la siguiente imagen podemos ver de forma completa el lazo de control, el ajuste de la salida para enviar pulsos al servo y la comunicación hecha con el servo incluyendo también el bloque para guardar los datos en Excel.

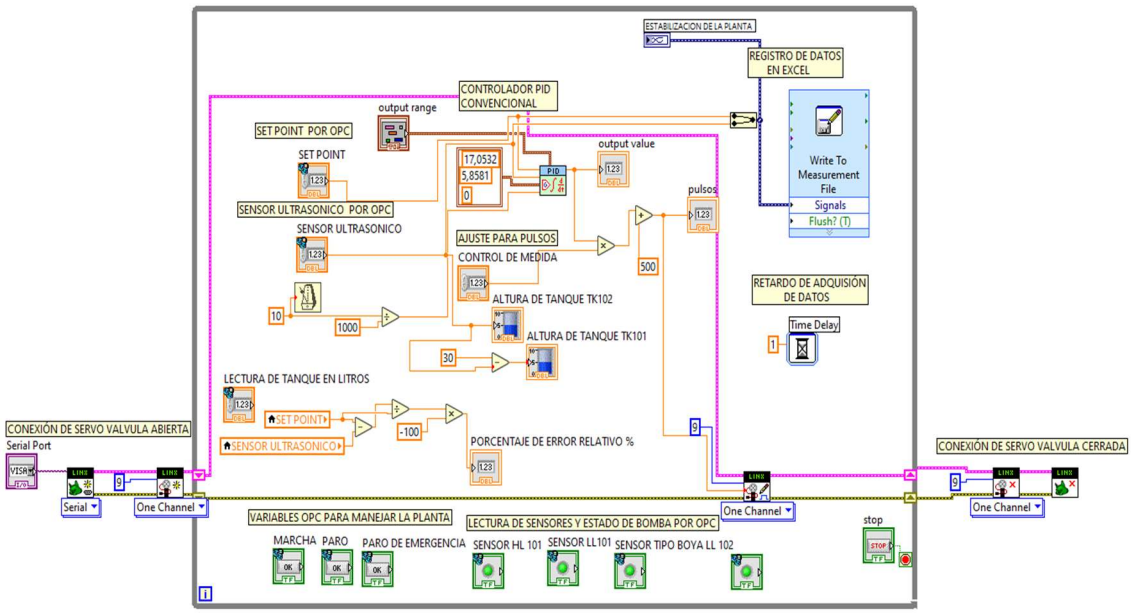


Figura7. Control PID convencional para la práctica 10.

8. Al igual que en la práctica 9 se hizo uso **de DSC module** para crear animaciones e imágenes más atractivas para la visualización del proyecto (revisar práctica 9 sección **DSC MODULE** para realización de animación de imágenes).

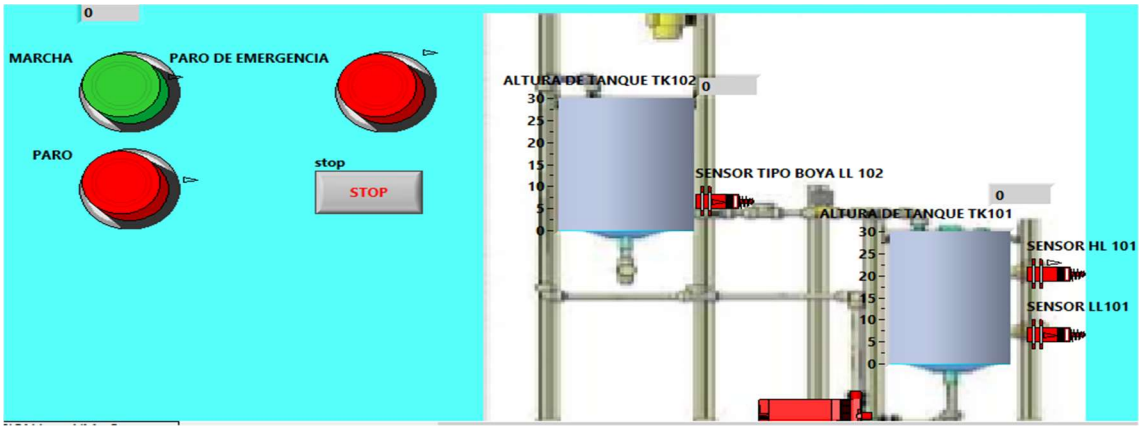


Figura8. Imágenes realizadas en DSC module al igual que práctica 9.

9. En la siguiente imagen tendremos la pantalla de control del proyecto, con la cual vamos a manejar nuestra planta al igual que en las anteriores prácticas.

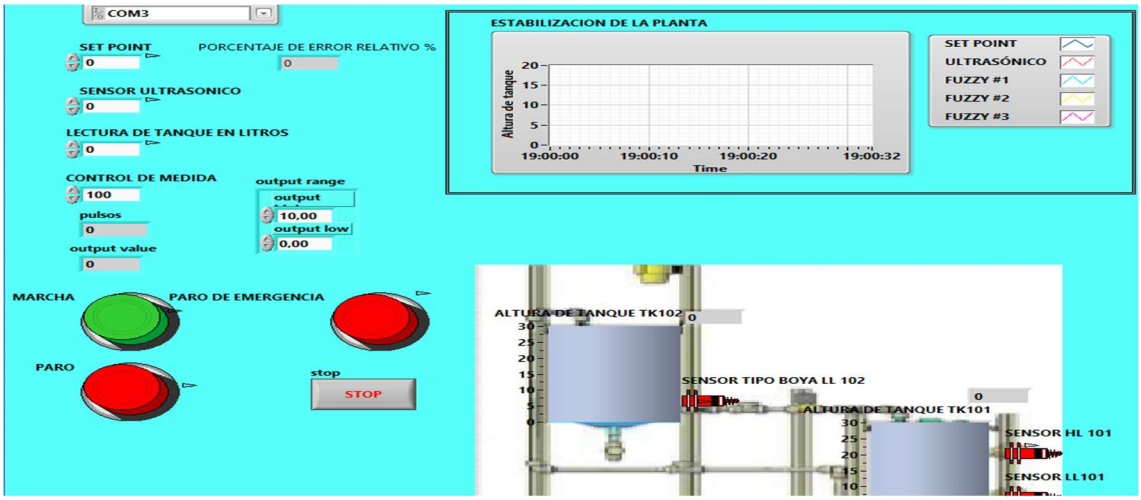


Figura9. Pantalla de control práctica 10 PID convencional.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
Ing. Carlos Pérez	Ing. César Cáceres Galán	MSc. Orlando Barcia
Fecha de Elaboración	**Fecha de Revisión**	**Número de Resolución Consejo de Carrera:**
10/03/2020		

Controlador PID Difuso

1. Dar Clic sobre el ícono del software NI Labview 2018 o superior y asegurándose de qué versión es su PC o laptop (32-64bytes). Una vez aparezca el logo de Labview escogemos la opción Labview. Para esta parte se pide por favor revisar la "PRÁCTICA#9 para las configuraciones necesarias, descritas en la sección **Proceso En Labview** desde el ítem 2 al 18; además de las prácticas #6 y #7 mencionadas en la práctica #9 para la configuración respectiva del controlador PID Difuso.

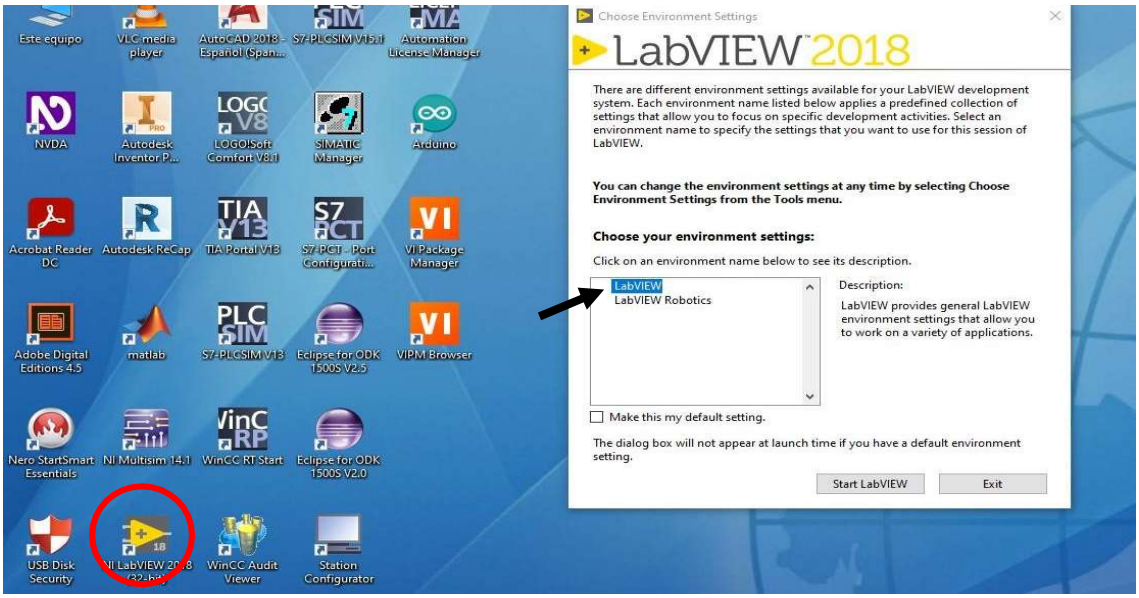


Figura10. Pantalla de inicio y visualización del software Labview.

2. Se puede apreciar la programación necesaria para la práctica 10 referente al controlador difuso. Debemos seguir el mismo esquema para que el programa nos dé los resultados esperados.

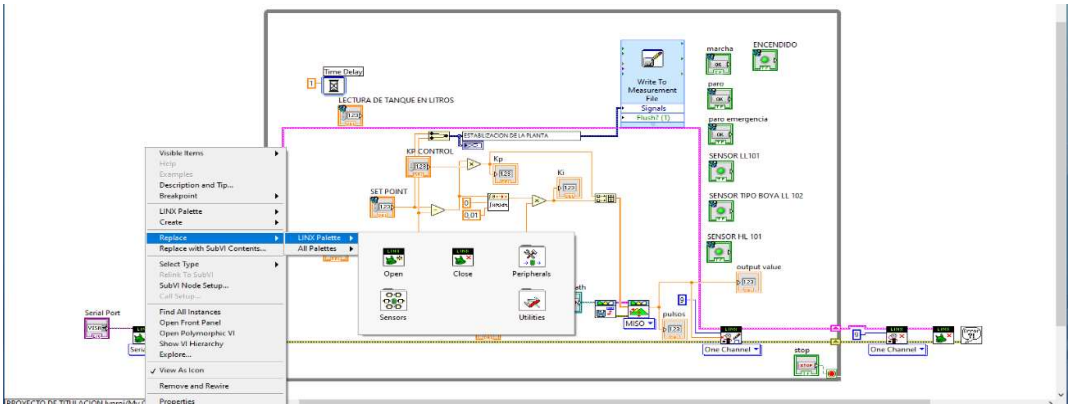


Figura11. Programación de la interfaz entre el software Labview y Arduino por medio de Linx.

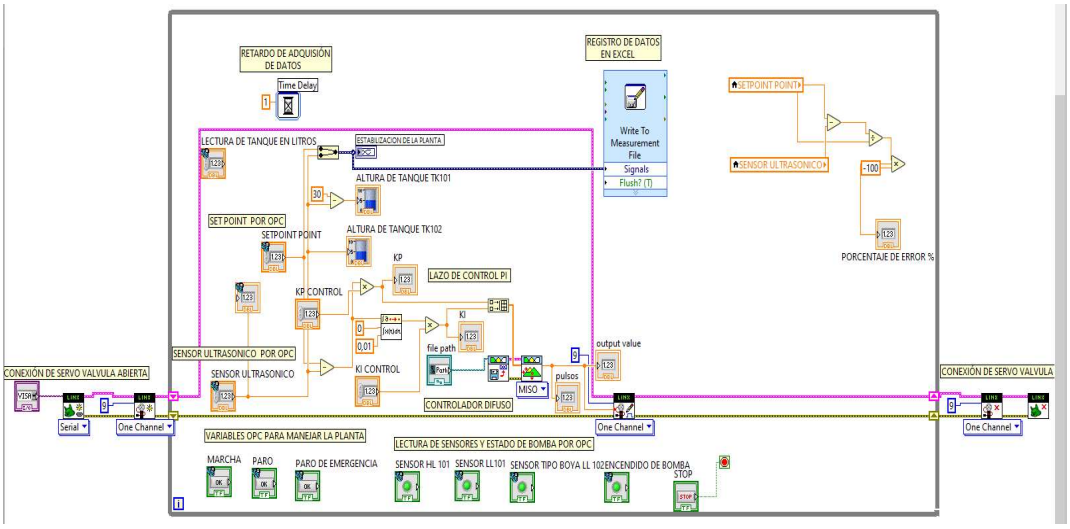


Figura12. Programación para el funcionamiento de la práctica respectiva.

3. Cabe mencionar que se utiliza las mismas herramientas para el control difuso vistas y desarrolladas antes en las prácticas 6 y 7. Para esta práctica utilizaremos el mismo control difuso visto en la práctica 7 sin cambiar ningún valor en sus funciones o reglas de pertenencia.

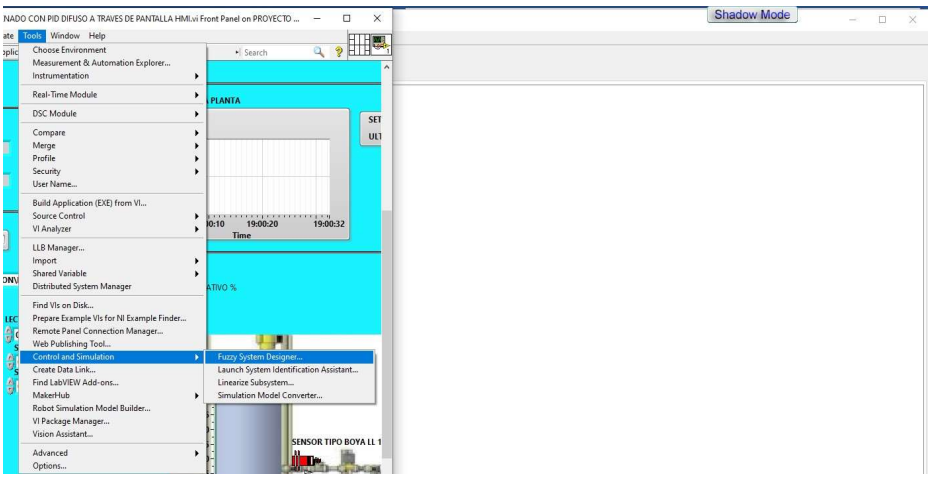


Figura13. Ventana para acceder a la configuración de las Reglas de pertenencia y conjunto de funciones de control Difuso.

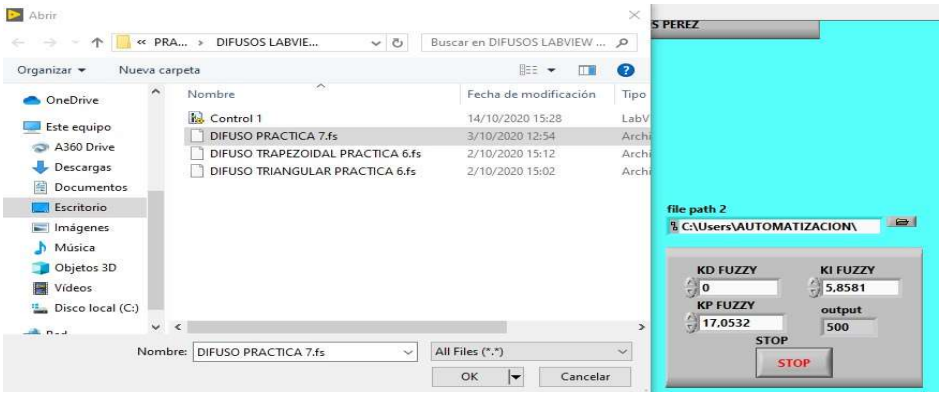


Figura14. Control Difuso.

d. Recursos Utilizados

- Lámina que contiene al PLC Siemens S7-1500.
- Pantalla HMI KTP700 Basic Panel
- Lámina de Fuente de Alimentación.
- Lámina de Distribución.
- Lámina de Mando y Señalización.
- Computadora con software TIA Portal Versión 15.1.

e. Registro de Resultados

Podemos apreciar satisfactoriamente el funcionamiento de práctica #10. Se muestran los PLC S7-1500 y S7-1200 en su estado RUN con todos los datos programados cargados, la visualización del proceso en la pantalla HMI y además de las conexiones pertinentes en las láminas usadas. Se pueden ver las lecturas de datos que se tomaron del controlador PID difuso y el controlador PID convencional, como se puede apreciar en las gráficas no hay una gran diferencia en la estabilización de la planta por medio de los dos controladores, ambos trabajan estabilizando la planta de forma óptima. La única diferencia es que la respuesta del controlador PID difuso es un poco más rápida que la del controlador PID convencional dándonos como mejor alternativa para controlar nuestra planta el controlador PID difuso.

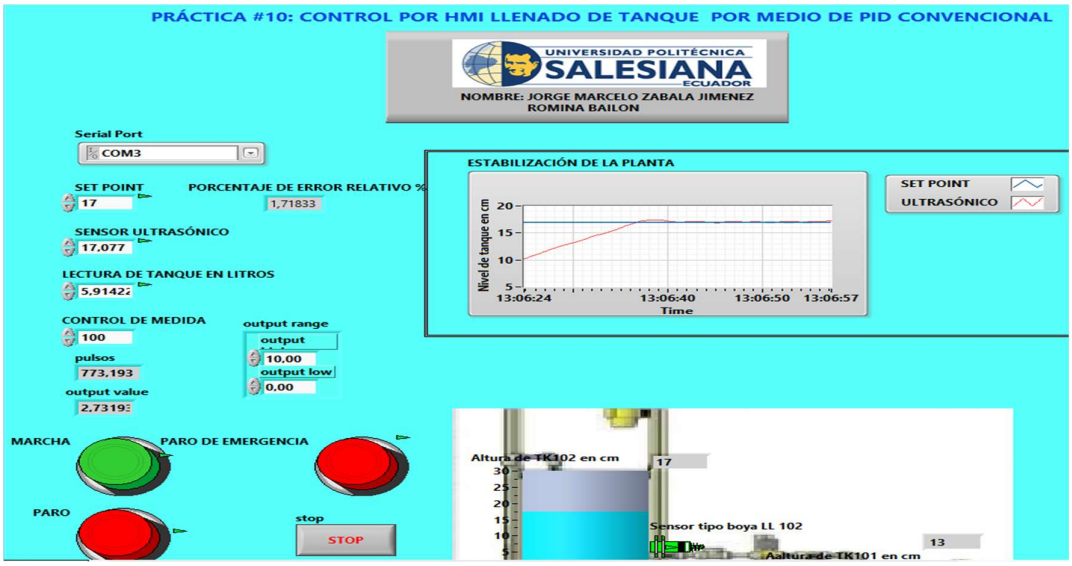


Figura15. Registro De Resultados PID Convencional.

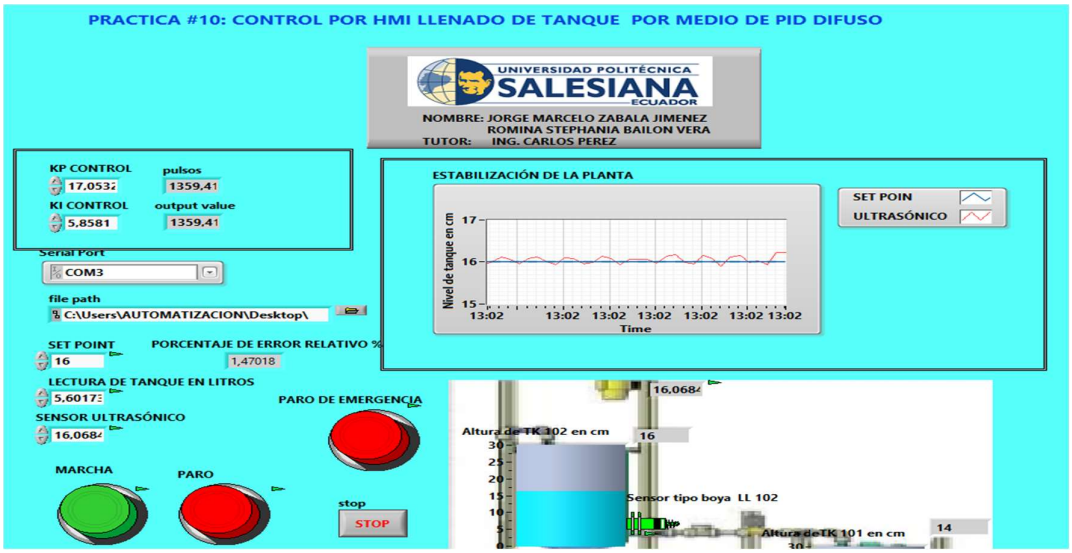


Figura16. Registro De Resultados PID Difuso.

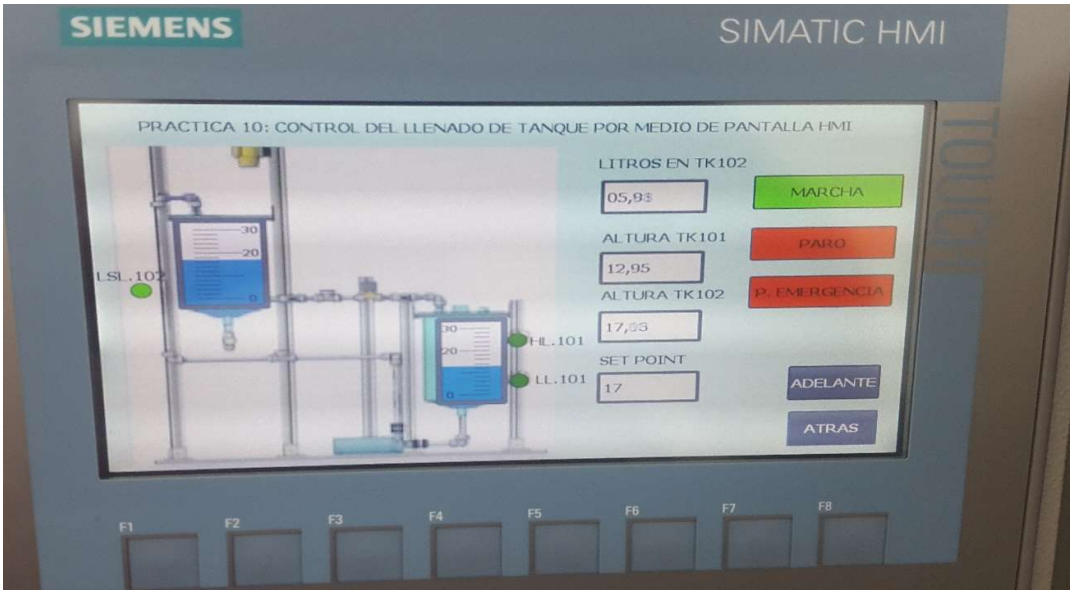


Figura17. Registro De Resultados PID Convencional.

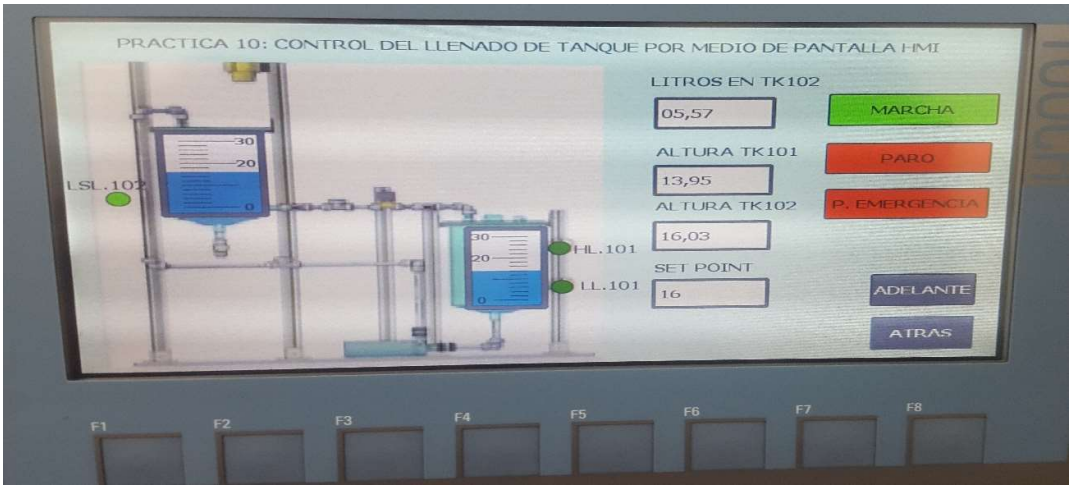


Figura18. Registro De Resultados PID Difuso.

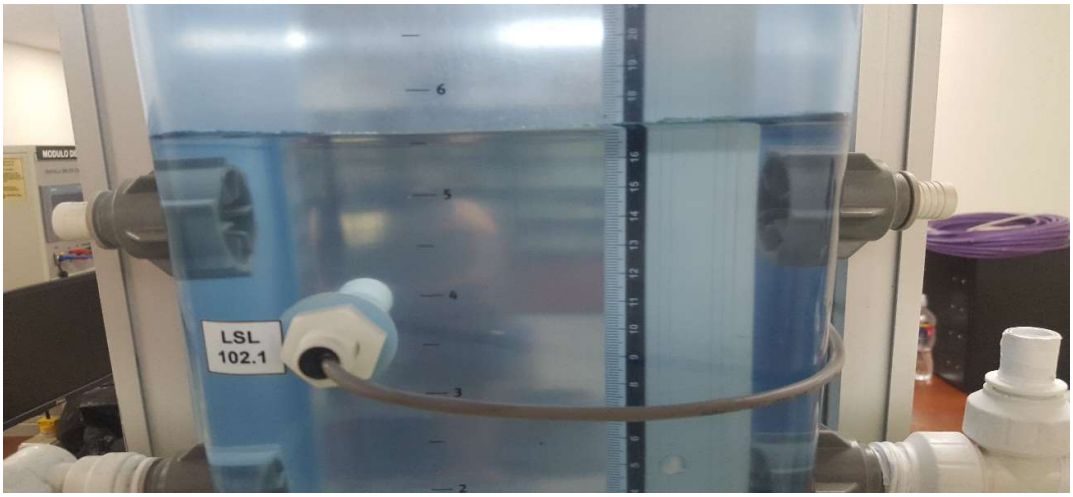
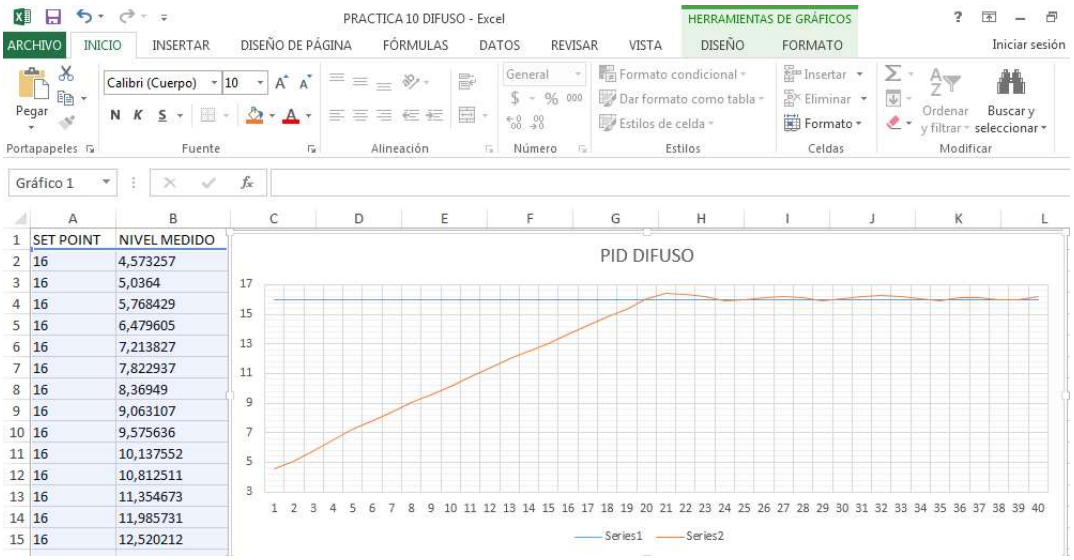


Figura19. Registro De Resultados PID Convencional.

Figura20. Registro De Resultados PID Difuso.

	A	B
1	SET POINT	NIVEL MEDIDO
2	17	2,741539
3	17	2,883118
4	17	3,248583
5	17	3,810499
6	17	4,359245
7	17	4,996891
8	17	5,541246
9	17	6,200842
10	17	6,828608
11	17	7,470642
12	17	8,013903
13	17	8,586794
14	17	9,145416

Figura21. PID Convencional grafica de datos.

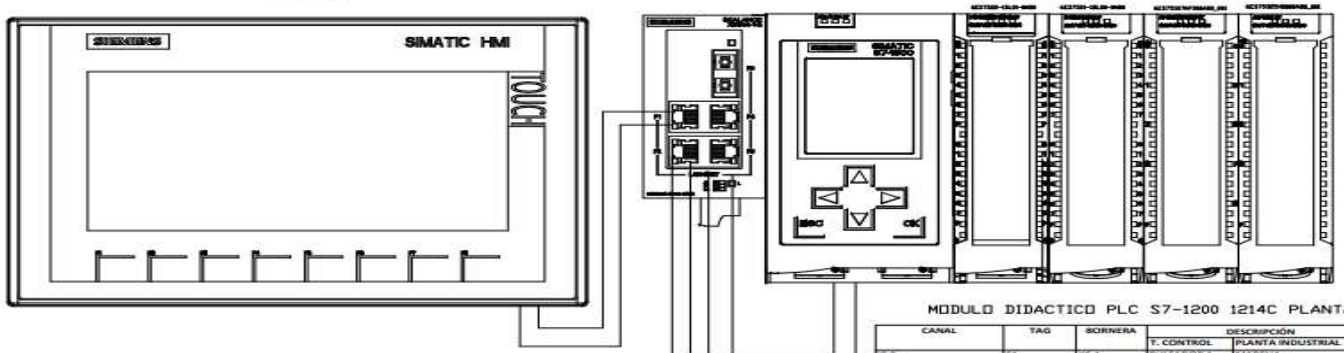


	A	B
1	SET POINT	NIVEL MEDIDO
2	16	4,573257
3	16	5,0364
4	16	5,768429
5	16	6,479605
6	16	7,213827
7	16	7,822937
8	16	8,36949
9	16	9,063107
10	16	9,575636
11	16	10,137552
12	16	10,812511
13	16	11,354673
14	16	11,985731
15	16	12,520212

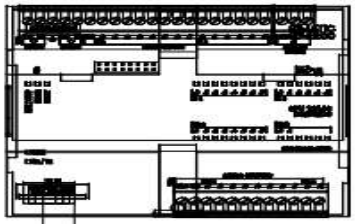
Figura21. PID Difuso grafica de datos.

MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP

PRACTICA # 6,7,8,9,10.



MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA



MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA

CANAL	TAG	BORNERA	DESCRIPCIÓN	
			T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S1	X6.1	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S2	X6.2	PULSADOR 2	PARO
I0.2	S3	X6.3	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA
I0.3	S4	X6.4	PULSADOR 4	SELECTOR (MANUAL)
I0.4	S5	X6.5	PULSADOR 5	SELECTOR (AUTOMÁTICO)
I0.5	S6	X6.6	PULSADOR 6	JOG VÁLVULA
I0.6	S7	X6.7	SWITCH 1	JOG VARIADOR
I0.7	S8	X6.8	SWITCH 2	SENSOR TIPO BOYA (LL TK102)
I1.0	S9	X6.9	SWITCH 3	CONFIRMACIÓN VÁLVULA ABIERTA
I1.1	S10	X6.10	SWITCH 4	CONFIRMACIÓN VÁLVULA CERRADA
I1.2	S11	X6.11	SWITCH 5	SENSOR CAPACITIVO (HL TK101)
I1.3	S12	X6.12	SWITCH 6	SENSOR CAPACITIVO (LL TK101)
Q0.0	H1	X7.1	LED 1	ACCIONAMIENTO VÁLVULA
Q0.1	H2	X7.2	LED 2	VARIADOR MODO ON/OFF
Q0.2	H3	X7.3	LED 3	VARIADOR MODO ANALÓGICO
Q0.3	H4	X7.4	LED 4	LUZ PILOTO (H4)
Q0.4	H5	X7.5	LED 5	LUZ PILOTO (H5)
Q0.5	H6	X7.6	LED 6	LUZ PILOTO (H6)
Q0.6	H7	X7.7	LED 7	LUZ PILOTO (H7)
Q0.7	H8	X7.8	LED 8	LUZ PILOTO (H8)
AI0	AI1	X8.1	POT. 1	SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO
AI1	AI2	X8.2	POT. 2	RESERVA
AO+	AI1	X9.1	VOLTÍMETRO	VARIADOR
1M	0VDC	X5.1	0VDC	0VDC

MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3PN/DP

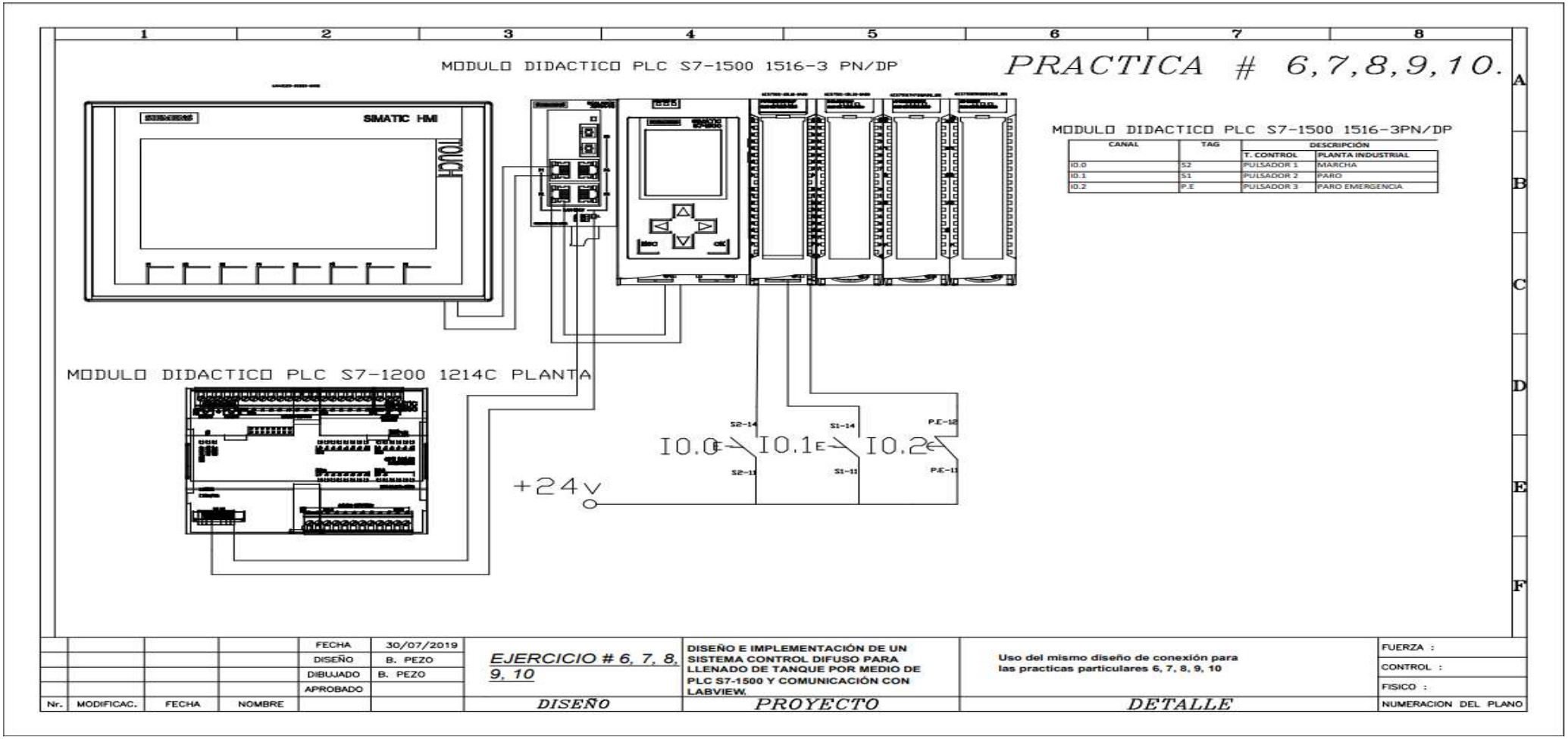
CANAL	TAG	DESCRIPCIÓN	
		T. CONTROL	PLANTA INDUSTRIAL
I0.0	S2	PULSADOR 1	MARCHA
I0.1	S1	PULSADOR 2	PARO
I0.2	P.E	PULSADOR 3	PARO EMERGENCIA

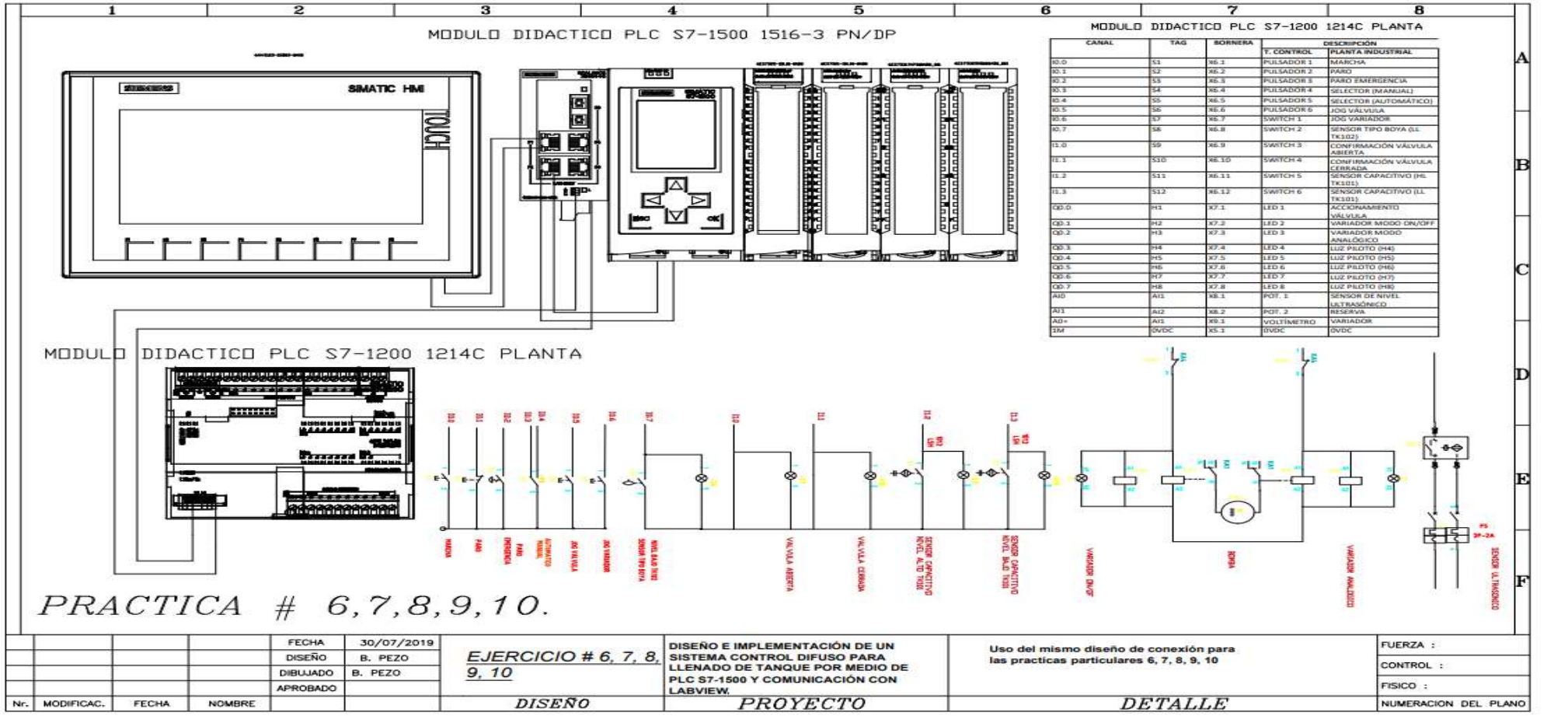
				FECHA	30/07/2019	EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10	DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.
				DISEÑO	J. ZABALA		
				DIBUJADO	J. ZABALA		
				APROBADO			
Nr.	MODIFICAC.	FECHA	NOMBRE			DISEÑO	PROYECTO

Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10

DETALLE

FUERZA :
CONTROL :
FISICO :
NUMERACION DEL PLANO


MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP
PRACTICA # 6,7,8,9,10.
SIMATIC HMI
TOUCH
MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3PN/DP
CANAL
TAG
DESCRIPCIÓN
T. CONTROL
PLANTA INDUSTRIAL
I0.0 S2 PULSADOR 1 MARCHA
I0.1 S1 PULSADOR 2 PARO
I0.2 P.E PULSADOR 3 PARO EMERGENCIA
MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA
I0.0
I0.1
I0.2
+24V
FECHA 30/07/2019
DISEÑO B. PEZO
DIBUJADO B. PEZO
APROBADO
EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.
Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10
FUERZA :
CONTROL :
FISICO :
Nr. MODIFICAC. FECHA NOMBRE
DISEÑO
PROYECTO
DETALLE
NUMERACION DEL PLANO


MODULO DIDACTICO PLC S7-1500 1516-3 PN/DP
SIMATIC HMI
TOUCH
MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA
MODULO DIDACTICO PLC S7-1200 1214C PLANTA
CANAL | TAG | BORNERA | DESCRIPCIÓN | T. CONTROL | PLANTA INDUSTRIAL
I0.0 | S1 | X6.1 | PULSADOR 1 | MARCHA
I0.1 | S2 | X6.2 | PULSADOR 2 | PARO
I0.2 | S3 | X6.3 | PULSADOR 3 | PARO EMERGENCIA
I0.3 | S4 | X6.4 | PULSADOR 4 | SELECTOR (MANUAL)
I0.4 | S5 | X6.5 | PULSADOR 5 | SELECTOR (AUTOMATICO)
I0.5 | S6 | X6.6 | PULSADOR 6 | JOG VÁLVULA
I0.6 | S7 | X6.7 | SWITCH 1 | JOG VARIADOR
I0.7 | S8 | X6.8 | SWITCH 2 | SENSOR TIPO BOYA (LL TK102)
I1.0 | S9 | X6.9 | SWITCH 3 | CONFIRMACIÓN VÁLVULA ABIERTA
I1.1 | S10 | X6.10 | SWITCH 4 | CONFIRMACIÓN VÁLVULA CERRADA
I1.2 | S11 | X6.11 | SWITCH 5 | SENSOR CAPACITIVO (HL TK101)
I1.3 | S12 | X6.12 | SWITCH 6 | SENSOR CAPACITIVO (LL TK101)
Q0.0 | H1 | X7.1 | LED 1 | ACCIONAMIENTO VÁLVULA
Q0.1 | H2 | X7.2 | LED 2 | VARIADOR MODO ON/OFF
Q0.2 | H3 | X7.3 | LED 3 | VARIADOR MODO ANALÓGICO
Q0.3 | H4 | X7.4 | LED 4 | LUZ PILOTO (H4)
Q0.4 | H5 | X7.5 | LED 5 | LUZ PILOTO (H5)
Q0.5 | H6 | X7.6 | LED 6 | LUZ PILOTO (H6)
Q0.6 | H7 | X7.7 | LED 7 | LUZ PILOTO (H7)
Q0.7 | H8 | X7.8 | LED 8 | LUZ PILOTO (H8)
AI0 | AI1 | X8.1 | POT. 1 | SENSOR DE NIVEL ULTRASÓNICO
AI1 | AI2 | X8.2 | POT. 2 | RESERVA
A0+ | AI1 | X9.1 | VOLTÍMETRO | VARIADOR
1M | 0VDC | X5.1 | 0VDC | 0VDC
MARCHA
PARO
PARO EMERGENCIA
AUTOMATICO MANUAL
JOG VALVULA
JOG VARIADOR
BOYA TK102
VALVULA ABIERTA
VALVULA CERRADA
SENSOR CAPACITIVO NIVEL ALTO TK101
SENSOR CAPACITIVO NIVEL BAJO TK101
VARIADOR ON/OFF
BOMBA
VARIADOR ANALOGICO
SENSOR ULTRASONICO
PRACTICA # 6,7,8,9,10.
FECHA 30/07/2019
DISEÑO B. PEZO
DIBUJADO B. PEZO
APROBADO
Nr. MODIFICAC. FECHA NOMBRE
EJERCICIO # 6, 7, 8, 9, 10
DISEÑO
DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTROL DIFUSO PARA LLENADO DE TANQUE POR MEDIO DE PLC S7-1500 Y COMUNICACIÓN CON LABVIEW.
PROYECTO
Uso del mismo diseño de conexión para las practicas particulares 6, 7, 8, 9, 10
DETALLE
FUERZA :
CONTROL :
FISICO :
NUMERACION DEL PLANO