



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

**“Medición de presión en la estación de caudal CCP-001
mediante un transmisor a la salida de la bomba para prácticas de
control de procesos”.**

Araujo Caillagua, Robinson Ariel

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología en Electrónica mención Instrumentación y Aviónica

**Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo en Electrónica
mención Instrumentación & Aviónica**

Ing. Calvopiña Osorio, Jenny Paola

Latacunga, 02 de junio del 2021



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &
AVIÓNICA

CERTIFICACIÓN

Certifico que la monografía, "**MEDICIÓN DE PRESIÓN EN LA ESTACIÓN DE CAUDAL CCP-001 MEDIANTE UN TRANSMISOR A LA SALIDA DE LA BOMBA PARA PRACTICAS DE CONTROL DE PROCESOS**" fue realizado por el señor **Araujo Caillagua, Robinson Ariel** el mismo que ha sido revisado en su totalidad, analizado por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 02 de junio del 2021



Ing. Calvopiña Osorio, Jenny Paola

C.C.: 0503390239

REPORTE DE VERIFICACIÓN



Document Information

Analyzed document	MONOGRAFÍA_ARAUJO_ROBINSON.pdf (D110657263)
Submitted	7/22/2021 6:08:00 AM
Submitted by	
Submitter email	raaraujo@espe.edu.ec
Similarity	6%
Analysis address	jpcalvopina1.espe@analysis.arkund.com

Sources included in the report

W	URL: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/9147/1/T-ESPEL-ENI-0332.pdf Fetched: 11/2/2019 8:06:40 AM		2
W	URL: https://www.ecured.cu/index.php?title=Presi%C3%B3n&oldid=3535969 Fetched: 7/22/2021 6:09:00 AM		1
W	URL: https://primametrology.com/transmisor-de-presion/ Fetched: 7/22/2021 6:09:00 AM		1
W	URL: https://electrinblog.wordpress.com/2016/04/26/post-4/ Fetched: 7/22/2021 6:09:00 AM		1
W	URL: https://automantenimiento.net/electricidad/partes-de-un-plc/ Fetched: 7/22/2021 6:09:00 AM		3
W	URL: https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8192/1/T-ESPEL-ENI-0318.pdf Fetched: 1/26/2021 9:38:47 AM		1
W	URL: http://docplayer.es/194706252-Universidad-politecnica-de-valencia.html Fetched: 5/9/2021 2:46:47 PM		1
W	URL: https://docplayer.es/85592507-Instituto-tecnologico-superior-aeronautico-carrera-de-electronica-mencion-instrumentacion-avionica.html Fetched: 1/27/2020 9:01:09 AM		2
W	URL: https://docplayer.es/19496660-Universidad-politecnica-salesiana-sede-quito.html Fetched: 3/14/2020 8:52:43 PM		2
W	URL: https://www.uv.es/rosado/courses/CINS/IntroWinCC.pdf Fetched: 7/22/2021 6:09:00 AM		2
SA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / ORTEGA QUISHPE DORIS MARLENE.docx Document ORTEGA QUISHPE DORIS MARLENE.docx (D50911925) Submitted by: dmortega6@espe.edu.ec Receiver: zaproano.espe@analysis.arkund.com		1
CA	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Tesis_Rodríguez_Danny.pdf Document Tesis_Rodríguez_Danny.pdf (D98027808)		1

Curiginal

	Submitted by: hortiz@espe.edu.ec Receiver: hortiz.espe@analysis.arkund.com	 1
	Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE / Suntasig Quinga Abel Alejandro - Tesis.docx Document Suntasig Quinga Abel Alejandro - Tesis.docx (D47836219) Submitted by: aasuntasig@espe.edu.ec Receiver: zaproano.espe@analysis.arkund.com	 1
	TESIS FINAL (1).docx Document TESIS FINAL (1).docx (D62583659)	 1



JENNY PAOLA
CALVOPINA
OSORIO

Ing. Calvopiña Osorio, Jenny Paola
C.C.: 0503390239



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &
AVIÓNICA

AUTORÍA DE RESPONSABILIDAD

Yo, **Araujo Caillagua, Robinson Ariel**, con cedula de ciudadanía N° 0503893794, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **"MEDICIÓN DE PRESIÓN EN LA ESTACIÓN DE CAUDAL CCP-001 MEDIANTE UN TRANSMISOR A LA SALIDA DE LA BOMBA PARA PRACTICAS DE CONTROL DE PROCESOS"**, es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos teóricos, científicos, técnicos, metodológicos y legales establecidos por la Universidad de Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 02 de junio del 2021

Araujo Caillagua, Robinson Ariel

C.C.: 0503893794



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA DE ELECTRÓNICA MENCIÓN INSTRUMENTACIÓN &
AVIÓNICA

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN

Yo, **Araujo Caillagua, Robinson Ariel**, con cedula de ciudadanía N° 0503893794, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **“MEDICIÓN DE PRESIÓN EN LA ESTACIÓN DE CAUDAL CCP-001 MEDIANTE UN TRANSMISOR A LA SALIDA DE LA BOMBA PARA PRACTICAS DE CONTROL DE PROCESOS”**, en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 02 de junio del 2021

Araujo Caillagua, Robinson Ariel

C.C.: 0503893794

DEDICATORIA

Dedico todo este trabajo técnico a mi Dios, a mis Padres, a mis Abuelitos y aquellas personas que confían en mí.

A mi madre, ya que sin su apoyo, confianza y recursos nada de esto lo hubiese logrado. Gracias por brindarme la oportunidad de superarme día tras día y así de esta manera poder lograrlo; haciendo de mí una persona responsable y de bien.

A todos los docentes de la Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" sección Unidad de Gestión de Tecnologías quienes supieron impartir sus conocimientos a lo largo de todos los semestres, con el único propósito de alcanzar mi sueño de graduarme y de ser un gran profesional.

Robinson Ariel Araujo Caillagua

AGRADECIMIENTO

En primer lugar, le doy gracias a Dios guiarme por el buen camino, protegiéndome y dándome fuerzas durante toda mi carrera universitaria.

A mi madre por apoyarme en todo momento con amor, por sus consejos, por sus valores, por su motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien.

A mi familia en general por todo el apoyo brindado durante mi formación como profesional, quisieron verme alcanzar grandes cosas y poder llegar mi único objetivo.

A mis queridos docentes de la Unidad de Gestión de Tecnologías por haberme brindado sus conocimientos con paciencia y dedicación, de la misma manera darles mil gracias a mi tutora de tesis Ing. Paola Calvopiña por su ayuda y paciencia como gran profesional durante su tutela, agradecerle por sus correcciones e intervenciones para realizar de la mejor manera este proyecto.

Robinson Ariel Araujo Caillagua

Tabla de contenidos

Carátula.....	1
Certificación	2
Reporte de verificación	3
Autoría de responsabilidad	5
Autorización de publicación.....	6
Dedicatoria.....	7
Agradecimiento.....	8
Tabla de contenidos	9
Índice de tablas.....	13
Índice de figuras	14
Índice de ecuación.....	17
Resumen	18
Abstrac.....	19
Planteamiento del problema.....	20
Tema.....	20
Antecedentes.....	20
Planteamiento de problema	22

Justificación.....	23
Objetivos.....	23
<i>Objetivo general</i>	23
<i>Objetivos específicos</i>	24
Alcance.....	24
Marco teórico	25
Presión.....	25
<i>Tipos de presión</i>	25
Presión absoluta.....	25
Presión atmosférica	25
Presión diferencial	26
Presión relativa (manométrica).....	26
<i>Unidades de medida</i>	26
<i>Principios de medición</i>	27
Tubo bourdon	27
Fuelle.....	28
Diafragma	29
Transmisor de presión	29
<i>Principio de funcionamiento de un transmisor de presión</i>	30
Sensores resistivos.....	31

Sensores piezoresistivos	31
Sensores capacitivos	32
Sensores piezoeléctricos	32
<i>Transmisor de presión (Trafag DPC-8380)</i>	<i>32</i>
Aplicaciones.....	33
Ventajas.....	33
Datos técnicos del transmisor de presión DPC-8380	34
Controlador lógico programable.....	36
<i>Funcionamiento de un controlador lógico programable</i>	<i>38</i>
<i>Partes de un controlador lógico programable</i>	<i>39</i>
<i>Componentes de un controlador lógico programable</i>	<i>41</i>
<i>Ventajas de un controlador lógico programable</i>	<i>45</i>
<i>Desventajas de un controlador lógico programable</i>	<i>46</i>
Controlador lógico programable S7-1200.....	47
<i>Datos técnicos PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Relay</i>	<i>49</i>
Lenguajes de programación.....	52
<i>KOP (Esquema de contactos)</i>	<i>52</i>
<i>SCL (Lista de instrucciones)</i>	<i>53</i>
<i>FUP (Diagrama de funciones).....</i>	<i>53</i>
Wincc.....	53

<i>Características</i>	54
Touch Panel KTP-700	54
<i>Características</i>	55
Desarrollo	56
Descripción del proceso	56
Programación en TIA PORTAL V15	58
Diseño del HMI (Interfaz Hombre-Máquina)	71
Simulación de la programación ladder y diseño del HMI.	77
Pruebas de funcionamiento.....	82
<i>Prueba de funcionamiento de presión mínima</i>	82
<i>Prueba de funcionamiento de presión media</i>	83
<i>Prueba de funcionamiento de presión máxima</i>	84
Diseño del HMI mediante la tonalidad de colores bajos y altos	85
Conclusiones y recomendaciones	87
Conclusiones.....	87
Recomendaciones	88
Bibliografía	89
Anexos	94

Índice de tablas

Tabla 1 Conversiones de Medidas de Presión	26
Tabla 2 Datos técnicos del transmisor de presión de marca Trafag (DPC-8380)	34
Tabla 3 Parámetros de la Salida Analógica del Transmisor de presión Trafag (DPC-8380)	35
Tabla 4 Parámetros de la Salida de Conmutación del Transmisor de presión Trafag (DPC-8380)	36
Tabla 5 Datos Técnicos del Controlador Lógico Programable S7-1200.....	49
Tabla 6 Datos técnicos de la Presión de la Bomba.....	68
Tabla 7 Conversión de medida de presión de m.c.a - bares.....	68
Tabla 8 Variables asignadas a los elementos del proceso.	75
Tabla 9 Resultados de los datos obtenidos de la lectura de presión.....	85

Índice de figuras

Figura 1	Manómetro tipo Tubo Bourdon.....	28
Figura 2	Manómetro tipo Fuelle.....	28
Figura 3	Manómetro de tipo Diafragma.....	29
Figura 4	Transmisor de Presión Relativo	30
Figura 5	Constitución interna y externa de un Transmisor de presión	31
Figura 6	Transmisor de Presión (TRAFAG DPC-8380).....	33
Figura 7	PLC Simatic S7 1200 con módulos de E/S.....	37
Figura 8	Estructura del Funcionamiento de un PLC	38
Figura 9	Partes de un Controlador Lógico Programable	39
Figura 10	Sistema de Control de Lazo Abierto	42
Figura 11	Sistema de Control de Lazo Cerrado.....	42
Figura 12	Unidad Central de Proceso (CPU) de un Controlador Lógico Programable .	43
Figura 13	Módulos de Entradas y Salidas de un Controlador Lógico Programable	44
Figura 14	Programación de un PLC empleando una PC.....	45
Figura 15	Controlador Lógico Programable Siemens S7-1200.....	47
Figura 16	PLC S7-1200 con módulos de comunicación y módulos de E/S	48
Figura 17	Entorno grafico de WINCC.....	54
Figura 18	SIMATIC Basic Panel Siemens KTP-700	54
Figura 19	Diagrama de Bloques.....	57

Figura 20	Diagrama de Tuberías del Proceso	57
Figura 21	Creación de nuevo proyecto en Tia Portal V15	58
Figura 22	Configuración del Controlador Lógico Programable.....	59
Figura 23	Selección de Controlador Lógico Programable	60
Figura 24	Configuración de la Interfaz Profinet, Subred y IP.....	61
Figura 25	Configuración del HMI	62
Figura 26	Conexión entre la Pantalla HMI y el PLC.....	63
Figura 27	Configuración IP y Subred HMI.....	64
Figura 28	Verificación de los IP´s del PLC y HMI	64
Figura 29	Creación de un Bloque de Datos para el tanque.....	65
Figura 30	Bloque de Datos para la Adquisición de la Señal.....	66
Figura 31	Variables del controlador lógico programable	66
Figura 32	Datos técnicos de la Bomba.....	67
Figura 33	Normalización y Escalamiento de la señal de entrada.....	69
Figura 34	Condición de Encendido y Apagado de la Bomba	70
Figura 35	Activación de las Válvulas.....	71
Figura 36	Datos personales en el HMI	72
Figura 37	Transición de imágenes en el HMI.....	73
Figura 38	Interfaz Humano-Máquina (HMI).....	74
Figura 39	Asignación de Variables a los elementos del HMI	75

Figura 40	Gráfica de la Lectura de Presión.....	77
Figura 41	Compilación de la programación ladder	78
Figura 42	Inicialización de simulación	78
Figura 43	Simulación en PLCSIM	79
Figura 44	Activación y desactivación de Observación.....	80
Figura 45	Creación de un nuevo proyecto en PLCSIM	81
Figura 46	Variación de la señal de entrada %IW64.....	81
Figura 47	Variación de Bits en la entrada de Datos.....	82
Figura 48	Primera prueba de funcionamiento (0 Bits)	83
Figura 49	Segunda prueba de funcionamiento (13824 Bits)	83
Figura 50	Tercera prueba de funcionamiento (27648 Bits)	84
Figura 51	Diseño del HMI mediante la Norma ISA 101	85

Índice de ecuación

Ecuación (1) Fórmula de la Presión	25
--	----

Resumen

El presente proyecto técnico tiene como finalidad la adquisición, lectura y monitoreo de la magnitud de presión a través de un transmisor de presión TRAFAG de serie DPC-8380, instalado a la salida de la bomba de la estación de caudal CCP-001 del laboratorio de Instrumentación Virtual. Se utilizó el PLC S7-1200, para la adquisición de datos de la señal de entrada (4-20ma), dicha señal es enviada a una de las entradas análogas de la autónoma. En el software TIA PORTAL V15 se realizó la programación Ladder, de acuerdo a los parámetros y condiciones del proceso, dicho proceso está diseñado para la lectura de la magnitud de presión que existe en las tuberías el mismo consta de un tanque principal, tanque de reserva y una bomba. La lectura de la presión dependerá mucho del fluido que circula por la tubería es decir que si existe mucho fluido su presión será máxima y si existe poco fluido la presión será mínima, una de las condiciones importantes en el proceso es la actuación de las válvulas: válvula manual y válvula automática: la manual dejará pasar el fluido de agua del tanque principal y la automática se encargará de la activación y se desactivación de la bomba conforme a los parámetros ingresados en el HMI Para que el funcionamiento de la estación sea cíclico, el monitoreo se desarrolla en un HMI el mismo que está diseñado en el software wincc e importado a la pantalla KTP-700 Basic la misma que permitirá visualizar la gráfica de la presión en relación al tiempo y su unidad de magnitud empleada es el bar.

Palabras claves:

- **TRANSMISOR DE PRESIÓN**
- **INSTRUMENTACIÓN VIRTUAL**
- **PRESIÓN DIFERENCIAL**
- **ENTRADA ANALÓGICA**

Abstrac

The purpose of this technical project is the acquisition, reading and monitoring of the pressure magnitude through a TRAFAG pressure transmitter series DPC-8380, installed at the outlet of the pump of the flow station CCP-001 of the Virtual Instrumentation laboratory. We use the PLC S7-1200, for data acquisition of the input signal (4-20mA), this signal is sent to one of the analog inputs of the stand-alone. In the TIA PORTAL V15 software the Ladder programming was made, according to the parameters and conditions of the process, this process is designed for the reading of the magnitude of pressure that exists in the pipes, it consists of a main tank, a reserve tank and a pump. The pressure reading will depend a lot on the fluid flowing through the pipe, that is to say, if there is a lot of fluid, the pressure will be maximum and if there is little fluid, the pressure will be minimum. One of the important conditions in the process is the performance of the valves: manual valve and automatic valve: The manual valve will let the water fluid pass from the main tank and the automatic valve will be in charge of the activation and deactivation of the pump according to the parameters entered in the HMI. For the operation of the station to be cyclical, the monitoring is developed in an HMI which is designed in the WinCC software and imported to the KTP-700 Basic screen which will allow us to visualize the graph of the pressure in relation to time and its unit of magnitude used is the bar.

Key words:

- **PRESSURE TRANSMITTER**
- **INSTRUMENTATION**
- **DIFFERENTIAL PRESSURE**
- **ANALOG INPUT**

CAPÍTULO I

1. Planteamiento del Problema

1.1 Tema

“MEDICIÓN DE PRESIÓN EN LA ESTACIÓN DE CAUDAL CCP-001 MEDIANTE UN TRANSMISOR A LA SALIDA DE LA BOMBA PARA PRACTICAS DE CONTROL DE PROCESOS”.

1.2 Antecedentes

En años pasados para medir la presión se lo realizaba utilizando tubos de un metro llenos de mercurio también conocidos como barómetros, con el pasar del tiempo estos fueron evolucionando hasta tener los famosos transmisores de presión ya que estos son más completos y por supuesto son los más utilizados en el campo de la Industria de la Automatización, de tal modo que estos proporcionan una lectura más verdadera y eficaz en cada proceso que se realice. A continuación, detallados algunos proyectos técnicos que tienen similitud a la adquisición y lectura de la medida de presión.

La Unidad de Gestión de Tecnologías perteneciente a la Universidad de la Fuerzas Armadas “ESPE”, tiene como misión formar profesionales, íntegros e innovadores, aportando así, al desarrollo de nuestra Patria. La carrera de Electrónica Mención Instrumentación & Aviónica, posee el laboratorio de Instrumentación Virtual, sin embargo, el avance tecnológico crece de forma rápida y se van desarrollando dispositivos, lo que hace necesario ir a la par de la misma.

La modernización de equipos de medición, monitoreo y control son muy esenciales en la Automatización, es por esta razón que el señor Juan Fabricio Villalobos Toro de la Escuela Superior Politécnica de Litoral, en el año 2003. En su proyecto titulación “Diseño y Puesta en marcha de una plataforma de control para el proceso de limpieza de la planta de cocimiento de la compañía de Cervezas Nacionales C.A.”. decide actualizar la plataforma de control de proceso de limpieza en el sitio de las pailas y tolvas del área de conocimiento e integrarla a una red existente de controladores industriales Modbus plus, para el proceso de la elaboración de la cerveza, como también la selección e implementación de una nueva línea de sensores para la medición de presión de líquidos, y de nivel, para líquidos y sólidos. (Villalobos Toro, 2003)

En la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” extensión Latacunga, Guano Bermeo Andrés Rodrigo y Jijón Vaca Francisco Javier, en su proyecto de grado titulado “Diseño y Construcción de un banco de pruebas para bombas centrífugas, utilizando PLC-Variador-Bomba, para la obtención del punto de operación de la interacción Bomba-Sistema, en el laboratorio de Redes Industriales y Control De Procesos de la Universidad de las Fuerzas Armadas-ESPE extensión Latacunga.” Donde relatan el diseño para el análisis de la curva característica de la bomba y la curva del comportamiento del sistema, con las mismas que se obtendrá el punto de operación de la interacción bomba-sistema, para ello utilizaron el PLC quien se encarga de tomar los datos de las variables de presión y caudal que son enviadas como señal estándar de 4mA a 20mA con la ayuda de los transmisores industriales, una vez procesada la información envía todos los datos a una red Ethernet y a través de un OPC poder enlazar el PLC con la computadora y poder visualizar las curvas de la misma. (Guano Bermeo & Jijón Vaca, 2015)

Poco a poco se ha ido desarrollando y mejorando nuevas tendencias en la automatización de procesos, estas tecnologías y protocolos de comunicación, permiten al estudiante poner en práctica lo aprendido en las diferentes materias como: Electrónica, Maquinas Eléctricas, Control de Procesos, Automatización, Instrumentación, etc. De toda la tecnología existente en el campo de la automatización va a utilizar un protocolo de comunicación llamado PROFINET, la misma que es capaz de conectar un PLC y una pantalla KTP 700 de esta forma implementar nuevas estaciones de trabajo al Laboratorio de Instrumentación Virtual, ganando mucha confianza y sobre todo destrezas para el manejo de equipos y máquinas que serán de mucha ayuda para ser unos profesionales con conocimientos en el monitoreo de variables físicas.

1.3 Planteamiento de Problema

En el laboratorio de Instrumentación Virtual de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE” existen estaciones, módulos, dispositivos y equipos que son utilizados actualmente en la industria de la Automatización, ya que es de mucha importancia para el desarrollo y la formación de los estudiantes de la carrera de Electrónica mención Instrumentación y Aviónica en el ámbito laboral. Sin embargo, se pretende mejorar esta tecnología de estudio mediante la adquisición de dispositivos innovadores que son esenciales en el campo de Automatización Industrial, es por ello que se realiza la adquisición de datos y la medición de presión mediante un transmisor en la estación de caudal existente en el laboratorio.

De esta forma preparar profesionales capaces de adquirir e instalar equipos, dispositivos industriales de la Automatización, es necesario que conozcan las nuevas

tecnologías que se desarrollan a diario, con el objetivo de mejorar su aprendizaje y desenvolverse de mejor manera dentro del campo laboral.

1.4 Justificación

En la Actualidad, la tecnología permite a los equipos e instrumentos ser más robustos y con mejores prestaciones en el campo de la Automatización. Mediante este proyecto técnico se pretende facilitar el aprendizaje del desarrollo de control y monitoreo de una de las variables físicas principales que intervienen en un proceso, asegurando así la calidad, la seguridad y la formación académica.

Los estudiantes de la carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación fortalecerán sus conocimientos realizando prácticas, mediciones y sintonía de controladores en la estación implementada, lo que permite alcanzar un nivel de aprendizaje alto, con la consecuente formación de profesionales íntegros quienes estarán en la capacidad de aportar al desarrollo del país.

La necesidad de disponer de una estación multivariable, facilita la apertura a modificaciones físicas, así como la incorporación de nuevos componentes a la estación existente en el laboratorio. El aporte de este proyecto es potenciar el laboratorio ya que se cuenta con los equipos y materiales necesarios, y sobre todo el conocimiento como también al libre acceso a la información para el desarrollo del proyecto.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo General

- Medir la presión en la estación de caudal CCP-001 mediante un transmisor a la salida de la bomba para prácticas de control de procesos.

1.5.2 Objetivos Específicos

- Desarrollar un programa en el lenguaje Ladder para la adquisición de datos de la variable de presión de la estación de caudal CCP-001 mediante un transmisor instalado a la salida de la bomba para prácticas de control de procesos.
- Diseñar un HMI basado en las normas ISA 101 para el monitoreo de la presión en la estación de caudal CCP-001.
- Verificar el correcto funcionamiento del transmisor de presión mediante pruebas para la estación de caudal.

1.6 Alcance

El presente proyecto se realizará en el laboratorio de Instrumentación Virtual de la Unidad de Gestión de Tecnologías de la Universidad de las Fuerzas Armadas “ESPE”.

En el desarrollo del proyecto técnico se realizará la medición de presión en la estación de caudal mediante un transmisor instalado a la salida de la bomba para prácticas de control de procesos, la misma que permitirá la adquisición de datos de presión de la estación de caudal CCP-001 mediante un controlador lógico programable también conocido como PLC, la programación se realizará en el software TIA PORTAL versión 15, el mismo que permitirá adquirir los datos de presión en base a un transmisor de salida (4mA a 20 mA), y poder visualizar un HMI en la pantalla KTP 700 existente en la estación de caudal del laboratorio de Instrumentación Virtual.

CAPÍTULO II

2. Marco Teórico

2.1 Presión

Magnitud física escalar que mide el efecto de capacidad o deformación de penetración de una fuerza. Esta se define como la fuerza ejercida por unidad de superficie (EcuRed c. , 2019). Se la representa por la siguiente ecuación (1).

$$P = \frac{F}{S} \quad (1)$$

Donde **P** es la fuerza de presión, **F** es la fuerza normal, es decir perpendicular a la superficie y **S** es el área donde se aplica la fuerza.

2.1.1 Tipos de Presión

2.1.1.1 Presión Absoluta

Se conoce como presión absoluta a la presión real que se ejerce sobre un punto dado, dicha presión se mide en relación con un vacío perfecto. Este valor indica la presión total a la que está sometido el cuerpo, tomando en cuenta el total de las presiones que actúan allí. (Connor, 2019).

2.1.1.2 Presión Atmosférica

Se conoce como presión atmosférica al peso que ejerce el aire en la atmósfera de la Tierra, dicha de otra forma es la presión ejercida en un punto dado por la columna de aire desde el suelo en ese punto hasta la parte superior de la atmósfera. Cuando la altitud sea mayor, la presión será menor. (NETATMO, s.f.).

2.1.1.3 Presión Diferencial

Se refiere al valor que existe entre dos presiones, el control de la presión diferencial en un sistema o proceso es la clave para que dicho sistema funcione. Para medir la presión diferencial se utiliza equipos de lectura entre dos puntos, estos pueden ser manómetros de presión o transmisores de presión (MundoCompresor, s.f.).

2.1.1.4 Presión Relativa (manométrica)

Se le conoce como la diferencia entre presión absoluta y presión atmosférica, se aplica en aquellos casos que la presión es superior a la presión atmosférica (WIKA, Tipos de presión, 2020).

2.1.2 Unidades de Medida

La unidad de medida principal en el Sistema Internacional es el Pascal, sin embargo, la presión también se puede medir en otras unidades como las que se detallan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 1

Conversiones de Medidas de Presión

	PSI	Atmósfera	Kg/cm²	cm c.a.	mm Hg	Bar	Pas
PSI	1	0,0680	0,0703	70,31	51,72	0,0689	7,142
Atmósfera	14,7	1	1,033	1033	760	1,0131	1,01 10 ⁵
Kg/cm²	14,22	0,9678	1	1000	735,6	0,98	98,100
cm c.a.	0,0142	0,00096	0,0010	1	0,7355	0,0009	100

mm Hg	0,0193	0,0013	0,0013	0,0013	1	0,00133	133
Bar	14,5	0,987	1,02	1024	750	1	10 ⁵
Pas	1,4 10 ⁻⁴	0,987 10 ⁻⁵	0,102 10 ⁻⁴	0,01	0,0075	10 ⁻⁵	1

Nota: En la tabla anterior se muestra las conversiones de las unidades de medida de presión. Tomado de: (Sapiensman, s.f.)

2.1.3 Principios de Medición

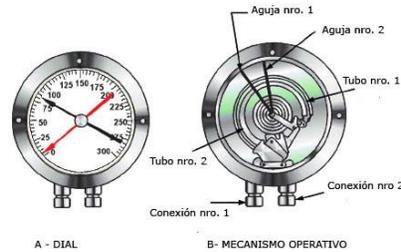
Existen muchos tipos de principios de medición, pero a continuación se detalla los más principales y los que tienen mucha relación al principio de funcionamiento del transmisor de presión Trafag DPC-8380.

2.1.3.1 Tubo Bourdon

- Tiene una forma curvada.
- Óptimos para la medición de la presión relativa desde 0.6 hasta 7000 bar.
- Tecnología mecánica no necesitan ningún tipo de energía auxiliar.
- Las curvaturas se tienden a enderezar cuando se aplica una presión.
- Requiere uso de transmisión.

Figura 1

Manómetro tipo Tubo Bourdon



Nota: La figura muestra un manómetro de tipo tubo bourdon y sus partes. Tomado de:

(WikiTecno, s.f.)

2.1.3.2 Fuelle

- Es de forma cilíndrica hueco corrugado de forma de un acordeón.
- Utiliza el principio de elasticidad de los metales de tipo acordeón.
- El incremento de presión hace que el fuelle aumente de tamaño.
- Tiene movimiento lineal.
- No requiere uso de transmisión.

Figura 2

Manómetro tipo Fuelle



Nota: La figura muestra un manómetro de tipo fuelle internamente y externamente.

Tomado de: (Mecafenix, 2020)

2.1.3.3 Diafragma

- Son discos flexibles.
- Llevan pliegues concéntricos para aumentar su capacidad de deformación.
- Se usa cuando no hay mucho espacio disponible.
- Tiene límites de presión.
- Su movimiento no es lineal.

Figura 3

Manómetro de tipo Diafragma



Nota: En la figura se muestra un manómetro de tipo diafragma. Tomado de:(Mecafenix, 2020)

2.2 Transmisor de Presión

En los procesos y controles industriales de la actualidad, los avances tecnológicos de controladores y componentes electrónicos han avanzado mucho de tal forma que facilita las operaciones, este avance posibilita hoy que transmisores de presión, como también las de otras variables, se puedan obtener mediciones más precisas en tiempo real, un transmisor de presión (Figura N°4), es un sensor que convierte la presión en una señal

eléctrica. Esta señal eléctrica puede ser una tensión o corriente, digital, e incluso una compuesta (Metrology, s.f.).

Figura 4

Transmisor de Presión Relativo



Nota: La figura muestra un Transmisor de Presión Relativo de marca Siemens. Tomado de: (Industry, 2021)

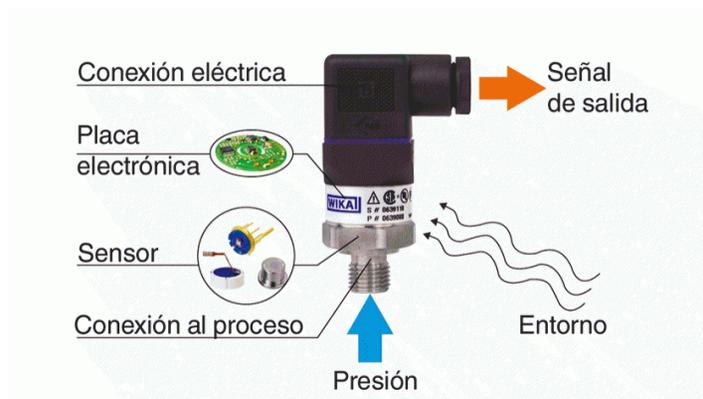
2.2.1 Principio de funcionamiento de un Transmisor de Presión

Según (WIKA, Principios de funcionamiento de un sensor de presión, 2017) Afirma que para la medida de presión se utiliza transmisores los mismos que requieren de un

sensor que mide el valor de la presión y lo convierte en una señal eléctrica como se observa en la Figura N°5. Esta señal indica el valor de presión recibida.

Figura 5

Constitución interna y externa de un Transmisor de presión



Nota: La figura muestra la constitución interna y externa de un transmisor de presión. Tomado de:(WIKA, Principios de funcionamiento de un sensor de presión, 2021)

La señal eléctrica obtenida indica el valor de presión recibida. Existen cuatro tipos de sensores utilizados en la medición de presión:

2.2.1.1 Sensores Resistivos

Según (Compresor, 2020) estos sensores se basan en la medida de la variación de la resistencia inducida por la deformación en función de la presión. Para ello se utiliza una membrana que se puede deformar de manera controlada en función de la presión, cuyo valor es medido usando un puente Wheatstone.

2.2.1.2 Sensores Piezoresistivos

Según (Compresor, 2020) es similar al de los sensores resistivos. La diferencia es en la utilización de semiconductores como conductores en vez de metal y la deformación provoca una variación de la resistencia específica.

2.2.1.3 Sensores Capacitivos

Según (Compresor, 2020) está basado en la medición de la capacidad de un condensador que varía en función de la aproximación a la superficie activa. La deformación de la membrana, reduce la distancia entre las dos placas, aumentando la capacidad y manteniendo igual la superficie y la constante dieléctrica.

2.2.1.4 Sensores Piezoeléctricos

Según (Compresor, 2020) se basa en un efecto físico de cristales no conductivos como el cuarzo. Cuando se comprime el cuarzo se produce una polarización eléctrica en superficies opuestas. El voltaje de la carga es proporcional a la fuerza empleada por la presión y la polaridad depende de la dirección. La tensión eléctrica generada por la carga de la superficie puede captarse y amplificarse.

2.2.2 Transmisor de Presión (TRAFAG DPC-8380)

El transmisor DPC-8380, es la combinación ideal de presostato y transmisor con visualización del valor de presión (Figura N°6). La parametrización se realiza en el aparato o, ahorrando tiempo, con una aplicación para Android vía NFC. Las posibilidades de ajuste en combinación con el amplio conjunto de ejecuciones hacen del DPC-8380 un aparato muy versátil para aplicaciones industriales.

Figura 6

Transmisor de Presión (TRAFAG DPC-8380)



Nota: En la Figura se muestra un transmisor de presión de marca trafag. Tomado de:
(CPI, s.f.)

2.2.2.1 Aplicaciones

- Construcción de maquinaria.
- Sistema de Climatización y Ventilación. (HVAC).
- Equipos de refrigeración.
- Tratamiento de agua.
- Tecnología de procesos.

2.2.2.2 Ventajas

- Parametrizable también con una aplicación para Android vía NFC.
- La pantalla y la conexión eléctrica se pueden orientar de forma independiente 335°/343°.
- Salida analógica seleccionable mA o V
- Registrador de datos integrado.
- Rango de medición ajustable.

2.2.2.3 Datos Técnicos del Transmisor de Presión DPC-8380

Tabla 2

Datos técnicos del Transmisor de presión de marca

Trafag (DPC-8380)

Datos técnicos	
• Principio de medición	Capa gruesa de cerámica
• Rango de medición	0 ... 0.2 a 0 ... 100 bar 0 ... 2.5 a 0 ... 1500 psi ajustable
• Señal de salida	4 ... 20 mA: 24 (15 ... 30) VDC 0 ... 5 VDC: 24 (15 ... 30) VDC 1 ... 6 VDC: 24 (15 ... 30) VDC 0 ...10 VDC: 24 (15 ... 30) VDC
• Temperatura del medio	-25°C ... +85°C
• Temperatura ambiente	-25°C ... +85°C
• Salida de conmutación	2 transistores PNP
• Unidad de presión de la pantalla	bar, psi, MPa, kPa, mCA, mmCA, %, escala de usuario
• Precisión @ 25°C tip	± 0.5 % FS tip.
• NLH @ 25°C (BSL) tip.	± 0.2 % FS tip.
• Tipo de protección ¹⁾	IP67
• Peso	~189 g

¹⁾ Ver conexión eléctrica

Nota: Esta tabla muestra los datos técnicos del transmisor de presión. Tomado de:
(Trafag, 2020)

Tabla 3

Parámetros de la Salida Analógica del Transmisor de presión

Trafag (DPC-8380)

Salida Analógica			
• Señal de salida Conmutable	4 ... 20 mA o voltaje		
• Precisión	TEB @ -25 ... +85°C	[% FS tip.]	± 2.0
	Precisión @ +25°C	[% FS tip.]	± 0.5
	NLH @ +25°C (BSL)	[% FS tip.]	± 0.2
	CT punto cero y span	[% FS/K tip.]	± 0.03
	Estabilidad duradera 1 año	[% FS tip.]	± 0.3
• Limitación de corriente de la señal de salida	4 ... 20 mA: 25 mA (sobrecarga) 0 ... 10 VDC: < 40 mA (cortocircuito)		
• Amortiguación (tiempo de subida)	0.01 ... 3.00 s / 10 ... 90 % Presión nominal		
• Establecer el punto cero; ¹⁾ Corrección de offset de la salida analógica y pantalla	± 0.2 % FS		
• Rango de medición de ajuste del punto cero (P_nP) ¹⁾	0 ... 50 % FS ²⁾		
• Rango de medición del ajuste del punto final (P_EP)	50 ... 100 % FS ²⁾		
• Ajuste del punto cero de la salida analógica (o_nP) ¹⁾	Salida de tensión: 0 ... 2 VDC Salida de corriente: 3.9 ... o_EP - 8 mA		
• Ajuste del punto final de la salida analógica (o_EP) ¹⁾	Salida de tensión: o_nP + 4 ... 10.5 VDC Salida de corriente: o_nP + 8 ... 20.1 mA		

¹⁾ Disponible con paquete de funciones opcional, ver "Accesorios"²⁾ P_EP – P_nP ≥ 50 % FS

Nota: Esta tabla muestra los parámetros de la salida analógica del transmisor de presión. Tomado de: (Trafag, 2020)

Tabla 4

Parámetros de la Salida de Conmutación del Transmisor de presión Trafag
(DPC-8380)

Salida de Conmutación			
• Precisión	Precisión @ +25°C	[% FS tip.]	± 0.5
	TEB @ -25 ... +85°C		± 2.0
	Estabilidad duradera 1 año	[% FS tip.]	≤ ± 0.3
		[% FS tip.]	
• Rango de ajuste de los puntos de conmutación	0 ... 100 % FS		
• Histéresis de conmutación	≥ 1 % FS Punto de conmutación > punto de reset		
• Resistencia de conmutación	≤ 3 Ω		
• Función de salida	Histéresis, Ventana; Contacto de cierre (NO), contacto de apertura (NC)		
• Corriente de conmutación	≤ 0.5 A por salida de conmutación		
• Limitación de corriente	≤ 2 A por salida de conmutación		
• Frecuencia de conmutación	max. 200 Hz		
• Tiempo de retardo	0 ... 99.99 s		

Nota: Esta tabla muestra los parámetros de la salida de conmutación del transmisor de presión. Tomado de: (Trafag, 2020)

2.3 Controlador Lógico Programable

Un PLC o también llamado controlador lógico programable o igualmente en la industria es conocido como autómatas programables industriales (API), el cual permite ser

programado para controlar los datos de máquinas industriales, procesos, plantas y manufacturas de cualquier índole, a través de botoneras, sensores, temporizadores u otros dispositivos que entreguen una señal analógica o digital, como se observa en la (Figura N°7), un controlador lógico programable de marca SIEMENS integrado con módulos de entradas y salidas analógicas digitales entre otros módulos que permite automatizar procesos industriales (Frank, 2018).

Para que el controlador lógico programable sea capaz de controlar y monitorear cualquier tipo de variable es necesario programar una serie de instrucciones, con esto se refiere a los diferentes tipos de lenguajes de programación, todo esto variara según la marca y modelo del dispositivo a utilizar.

Figura 7

PLC Simatic S7 1200 con módulos de E/S



Nota: La figura muestra un Controlador Lógico Programable de marca Siemens con sus entradas y salidas. Tomado de: (SIEMENS, SIMATIC S7-1200, s.f.)

La secuencia básica de operación del PLC es:

- Lectura de señales analógicas y digitales desde la interfaz de entradas.
- Ejecución de las instrucciones previamente programadas para obtención de las señales de control y monitoreo.

- Escritura de señales en la interfaz de salidas para acciones de los actuadores, bombas, motores, etc.

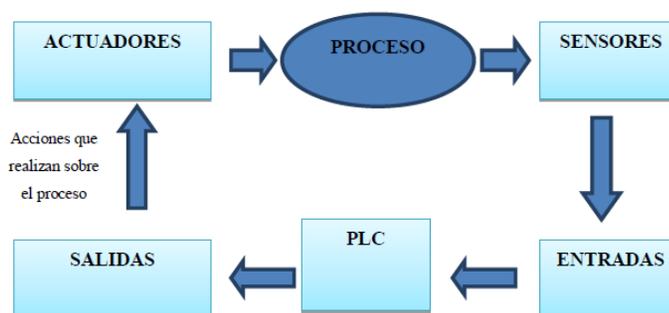
2.3.1 Funcionamiento de un Controlador Logico Programable

Para que un PLC funcione, es necesario que se realice una programación en un software específico para cada autómatas según su modelo y marca, para esto se necesita un conocer las especificaciones del controlador y del lenguaje de programación que se va a utilizar para realizar la aplicación. (SRC, 2019)

La función de un controlador es detectar los diferentes tipos de señales ya sean analógicas o digitales de un proceso y enviar las acciones necesarias de acuerdo con la programación realizada. El funcionamiento es de tipo cíclico y secuencial, es decir, que las instrucciones van ejecutándose una tras de otra, y se van repitiendo sucesivamente mientras esta esté energizada como se observa en la Figura N° 8.

Figura 8

Estructura del Funcionamiento de un PLC



Nota: En la figura se muestra el funcionamiento de un controlador lógico programable.

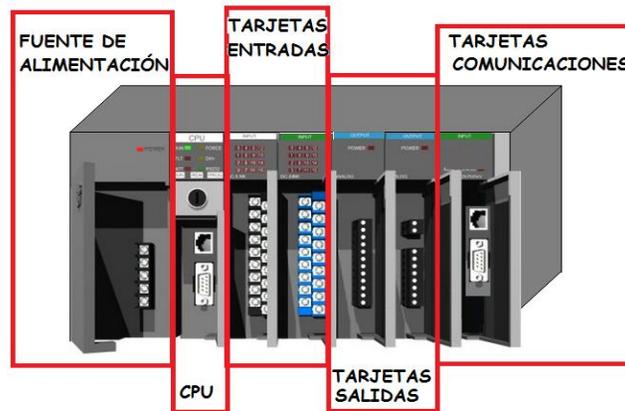
Tomado de: (ELECTRIN, 2016)

2.3.2 Partes de un Controlador Lógico Programable

Este dispositivo también utilizado como un ordenador, según (Electromecanic, 2020) está compuesto de diferentes partes, las mismas que pueden estar integradas internamente o externamente por módulos como indica la Figura N°9.

Figura 9

Partes de un Controlador Lógico Programable



Nota: En la figura se muestra las partes de un controlador lógico programable. Tomado de: (EEYMUC, 2021).

1. **Fuente de Alimentación:** proporciona corriente continua al controlador. La tensión es normalmente 110-220 V AC de entrada y 24 V DC de salida.
2. **CPU:** Unidad Central de Proceso controla toda la secuencia de ejecución del programa, realiza las operaciones aritméticas y operaciones lógicas además coordina la comunicación entre los diferentes componentes conectados entre sí.

3. Memoria: se encarga de guardar la información con la que funciona el PLC o las instrucciones realizadas en un software. Esta información es la de sistema (firmware) y la de usuario.

- **Memoria Interna.** - Almacena los datos del proceso como son el estado de las variables que maneja el controlador, imágenes de E/S, contadores, relés internos, señales de estado, datos alfanuméricos, temporizadores, constantes, información para las comunicaciones.
- **Memoria de Programa:** Almacena los datos de control, entre estos se tiene el programa escrito por el usuario para su aplicación, las instrucciones de usuario, la configuración del PLC, el número de E/S, el modo de funcionamiento.

4. Módulos de Entrada: Reciben las señales eléctricas de los equipos de la instalación, transmisores, transductores, sensores, entre otros dispositivos que está controlando el proceso.

5. Módulos de Salida: Envían las señales eléctricas a los equipos de la instalación que está controlando de acuerdo a la configuración que el programador realiza previamente.

6. Puertos de Comunicación: Es el medio que utiliza para comunicarse el PLC con la Interfaz (HMI), unidades de programación, periféricos, otros PLC's, PC's. Algunos módulos de comunicación pueden ser:

- Módulo de comunicación Punto a Punto (RS232).
- Módulos de comunicación Multipunto (RS422, RS485).
- Módulos de red Propietarias (Modbus, DeviceNet).

- Módulos de red Comerciales basados en normas internacionales (Ethernet) (Geocities, 2008).

2.3.3 Componentes de un Controlador Lógico Programable

Las etapas que integran un controlador lógico programables son de mucha importancia ya que de esta manera pueden transmitir y recibir información importante, las mismas que son inherentes e imprescindibles.

1. **Etapas de Acondicionamiento de Señales.** - Esta etapa *“Integra la serie de sensores que convierten una variable física a una variable eléctrica interpretándose como información del sistema de control”* (KUPDF, 2012).
2. **Etapas de Control.** - Esta etapa *“Tiene toda la información para poder llevar a cabo una secuencia de pasos, es decir que es el elemento de gobierno”* (KUPDF, 2012).
3. **Etapas de Potencia.** - Esta etapa *“Sirve para efectuar un trabajo que siempre se manifiesta por medio de la transformación de un tipo de energía a otro tipo”* (KUPDF, 2012).

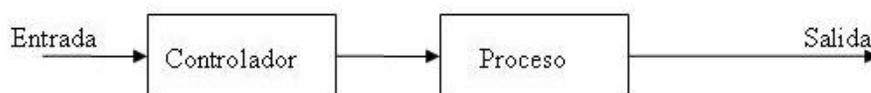
La unión de estas tres etapas da como resultado un sistema de control automático completo, pero se requiere de interfases entre las conexiones de cada una de las etapas para que el flujo de información circule de forma segura y eficaz. Los sistemas de control pueden ser de dos configuraciones:

- **Sistema de Control de Lazo Abierto.** - Cuando el sistema o proceso tiene implementado sus algoritmos correspondientes en función de las señales de entrada, esta genera una respuesta considerando el margen de error

que puede representar la señal de salida en la Figura N° 10, se detalla un sistema de control de lazo abierto.

Figura 10

Sistema de Control de Lazo Abierto

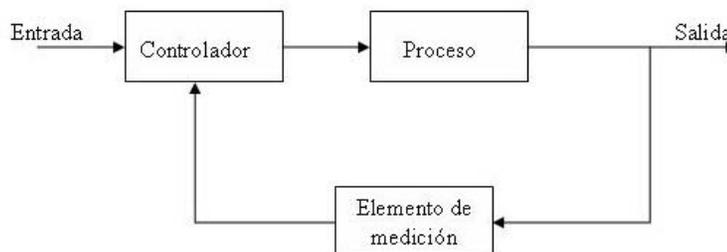


Nota: En la figura se muestra el sistema de control de lazo abierto. Tomado de: (EcuRed, 2021)

- **Sistema de Control de Lazo Cerrado.** - Cuando se tiene un sistema de control que responde a las señales de entrada, y a una proporción de la señal de salida, para de esta manera corregir el posible error que se pudiera inducir. En este sistema de control la retroalimentación es un parámetro muy importante, ya que la variable física que se está controlando se mantendrá siempre dentro de los rangos establecidos en la Figura N°11, se detalla un sistema de control de lazo cerrado o también conocido como sistema de control de retroalimentación.

Figura 11

Sistema de Control de Lazo Cerrado



Nota: En la figura se muestra el sistema de control de lazo cerrado. Tomado de: (EcuRed, 2021)

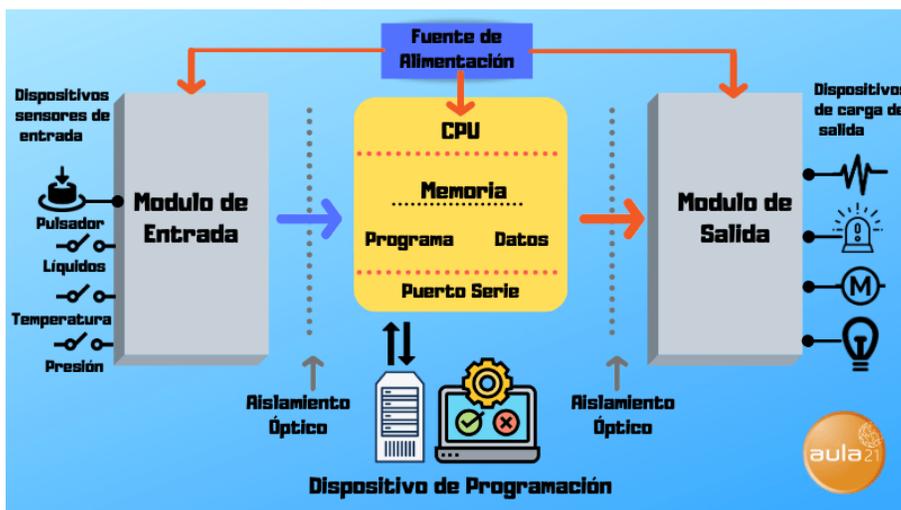
Para empezar a utilizar los términos propios de un controlador, se identifica que las etapas se encuentran englobadas en las componentes a continuación se detallan tres:

- **Unidad central de proceso.**
- **Módulos de entrada y salida de datos.**
- **Dispositivo de programación.**

La unidad central de proceso es considerada como la más importante en un controlador (Figura N°12), ya que dentro de ella se encuentra un microcontrolador que lee y ejecuta el programa del usuario que a su vez se localiza en una memoria (tipo EEPROM), además de realizar la gestión de ordenar y organizar la comunicación entre las distintas partes que conforman al PLC (SRL, 2012).

Figura 12

Unidad Central de Proceso (CPU) de un Controlador Lógico Programable



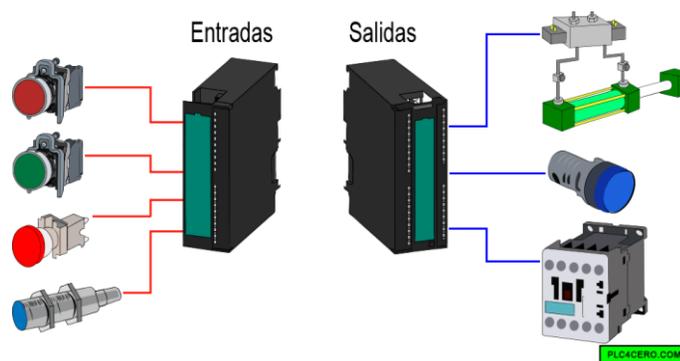
Nota: En la figura se muestra un CPU de un controlador lógico programable con todos sus componentes. Tomado de: (AULA21, 2021)

Los módulos de entradas y salidas son los encargados de la intercomunicación entre los dispositivos industriales conectados al autómata y todos los circuitos electrónicos de baja potencia que comprenden la unidad central de proceso del PLC, que es donde se almacena y se ejecuta el programa de control.

Los módulos de entrada y salida como se observa en la Figura N°13, tienen la misión de proteger y aislar la etapa de control, que está conformada principalmente por el microcontrolador, también hacen las veces de dispositivos de interfase, que entre sus tareas principales están las de adecuar los niveles eléctricos tanto de los sensores como de los actuadores o elementos de potencia. (SRL, 2012)

Figura 13

Módulos de Entradas y Salidas de un Controlador Lógico Programable



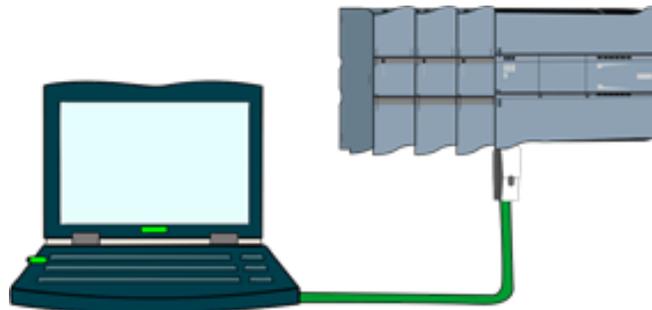
Nota: En la figura se muestra un diagrama de los módulos de entradas y salidas de un controlador lógico programable. Tomado de: (PLC4CERO, 2017).

Algunos de los controladores necesitan de una fuente de alimentación externa la misma que dependerá de la marca del controlador. Sin embargo, existen modelos que ya tienen de forma compacta su fuente de alimentación. El dispositivo de programación utilizado para alimentar o cargar el programa en la memoria del PLC debe

ser un computador con el software necesario, el mismo que realiza el programa de usuario y se encarga de observar parámetros internos del autómata desfasado actualmente, en la Figura N°14, se puede observar la conexión entre una PC y un controlador el mismo que tiene incluida la fuente de alimentación (MARTÍNEZ, 2002)

Figura 14

Programación de un PLC empleando una PC



Nota: En la figura se muestra la conexión de una PC con un PLC utilizando cable de datos. Tomado de: (PLC4CERO, 2017).

2.3.4 Ventajas de un Controlador Lógico Programable

La integración de un controlador es la conexión a internet, debido a esta conexión, se puede realizar el monitoreo constante de las máquinas, procesos, y entre otras cosas más, se lo puede realizar desde cualquier PC, tanto dentro de la industria o fuera de ella para ello trae innumerables ventajas. A continuación, las más resaltantes:

- **Flexibilidad:** Según (PLC4CERO, 2017) *“Un solo PLC puede ejecutar de una forma fácil las tareas de control en diferentes máquinas o procesos”*.

- **Espacio eficiente:** Según (PLC4CERO, 2017) *“El controlador realiza las funciones de contadores, temporizadores, relés de control, etc., reduciendo así el espacio de aplicación”.*
- **Reduce la habitual lógica de relé cableada.**
- **Identificación y solución de problemas:** Según (PLC4CERO, 2017) *“La detección y solución de problemas en un sistema basado con PLC, resulta ser una tarea muy fácil y rápida utilizando los recursos proporcionados por el software que facilitan la identificación de eventos y sucesos de operación”.*
- **Reducción de costos:** Según (PLC4CERO, 2017) *“Gracias a los controladores se pueden realizar modificaciones en los sistemas sin necesidad de cambiar el sistema de cableado, ahorrando tiempo y reduciendo los costos adicionales de los diferentes proyectos”.*

2.3.5 Desventajas de un Controlador Lógico Programable

- **Personal Calificado:** Según (PLC4CERO, 2017) *“La utilización de estos dispositivos, requiere contar con técnicos calificados que puedan velar por el buen funcionamiento, atendiendo las necesidades puntuales que requiere el uso de este controlador”.*
- **Costos:** Según (PLC4CERO, 2017) *“La implementación inicial como proyecto, requiere una inversión considerable, dicha inversión tendrá muchos beneficios los mismos que cubrirán los costos de implementación”.*

2.4 Controlador Lógico Programable S7-1200

El controlador lógico S7-1200 (Figura N°15), ofrece la flexibilidad y potencia necesaria para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias al diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es capaz de controlar una gran variedad de aplicaciones (SIEMENS, Manual SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200, 2014).

Figura 15

Controlador Lógico Programable Siemens S7-1200



Nota: En la figura se muestra un controlador lógico programable de la Serie S7- 1200 de marca SIEMENS. Tomado de: (SIEMENS, Manual SIMATIC S7 Controlador programable S7-1200, 2014)

La CPU tiene un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador como indica la Figura N°16. Una vez cargado el programa en la CPU, esta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los

dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes. La CPU incorpora un puerto PROFINET para la comunicación en una red PROFINET. Hay disponibles módulos adicionales para la comunicación en redes PROFIBUS, GPRS, RS485 o RS232.

Figura 16

PLC S7-1200 con Módulos de Comunicación y Módulos de E/S



Nota: En la figura se muestra un PLC de la serie S7-1200 con módulos de comunicación y módulos de entradas y salidas. Tomado de: (SIEMENS, Hoja de datos PLC S7-1200, 2015)

2.4.1 Datos técnicos PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Relay

Tabla 5

Datos Técnicos del Controlador Lógico Programable S7-1200

Datos Técnicos	
Información general	
• Designación del tipo de producto	CPU 1214C AC/DC/Relay
• Versión de firmware	V4.1
Ingeniería con:	
• Paquete de programación	STEP 7 V13 SP1 o superior
Tensión de Alimentación	
Valor Nominal (AC)	
• 120V AC	SI
• 230 V AC	SI
Rango admisible, límite inferior (AC)	85 V
Rango admisible, límite superior (AC)	265 V
Frecuencia de Red	
• Rango admisible, límite inferior	47 Hz
• Rango admisible, límite superior	63 Hz
Intensidad de entrada	
• Consumo (valor nominal)	100 mA con 120 V AC; 50 mA con 240 V AC
• Consumo, máx.	300 mA con 120 V AC; 150 mA con 240 V AC
• Intensidad de cierre, máx.	20 A; con 264 V
Alimentación de Sensores	
Alimentación de sensores 24 V	

Datos Técnicos	
• 24 V	20,4 a 28,8 V
Memoria	
Tipo de memoria	RAM
Memoria de Trabajo	
• integrada	125 kbyte
• ampliada	No
Memoria de Carga	
• integrada	4 Mbyte
• enchufable (SIMATIC Memory Card), máx	con SIMATIC Memory Card
Áreas de datos y su remanencia	
• Área de datos remanentes total (incl. temporizadores, contadores, marcas), máx.	10 kbyte
Marcas	
• Número, máx.	8 kbyte; Tamaño del área de marcas
Área de direcciones	
Imagen del proceso	
• Entradas, configurables	1 kbyte
• Salidas, configurables	1 kbyte
Hora	
Reloj	
• Reloj por hardware (tiempo real)	Si
• Duración del respaldo	480 h; típicamente
• Desviación diaria, máx.	+/- 60 s/mes a 25 °C
Entradas Digitales	
N.º de entradas digitales	14; integrado
• De ellas, entradas usable para funciones	6; HSC (High Sp)

Datos Técnicos	
• Canales integrados (DI)	14
• de tipo M/P	Si
Número de entradas atacables simultáneamente	
Todas las posiciones de montaje	
• — hasta 40 °C, máx.	14
Tensión de entrada	
• Valor nominal (DC)	24 V
• para señal "0"	5 V DC, con 1 mA
• para señal "1"	15 V DC at 2.5 mA
Salidas digitales	
• Número de salidas	10; Relé
• Canales integrados (DO)	10
Entradas analógicas	
• Nº de entradas analógicas	2
• Canales integrados (AI)	2; 0 a 10 V
Rangos de entrada	
Tensión	Si
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones	
• 0 a +10 V Si	Si
• Resistencia de entrada (0 a 10 V)	≥100 kilohmios
Salidas Analógicas	
• Nº de salidas analógicas	2
• Canales integrados (AO)	2; 0 a 20 mA
Rangos de salida, intensidad	
• 0 a 20 mA	Si

Datos Técnicos	
Formación de valores analógicos	
Tiempo de integración y conversión/resolución por canal	
• Resolución con rango de rebase (bits incl. signo), máx.	10 bit
• Tiempo de integración parametrizable	Si
• Tiempo de conversión (por canal)	625 µs
Protocolos	
• Soporta protocolo para PROFINET IO	Si
• PROFIBUS	Si; Se requiere CM 1243-5
• AS-Interface	Si
Protocolos (Ethernet)	
• TCP/IP	Si
Otros Protocolos	
• MODBUS	Si
Pesos	
Peso, aprox.	550 g

Nota: Esta tabla muestra los Datos técnicos del PLC S7-1200 CPU 1214 AC/DC/Relay. Tomado de: (SIEMENS, Hoja de datos PLC S7-1200, 2015)

2.5 Lenguajes de Programación

Los lenguajes de programación KOP, SCL y FUP para S7-1200 son parte del software estándar que lleva dentro.

2.5.1 KOP (Esquema de Contactos)

“Es un lenguaje de programación gráfico. La sintaxis de las instrucciones es similar a la de un esquema de circuitos” (Automatas, 2015).

2.5.2 SCL (Lista de Instrucciones)

“Es un lenguaje de programación textual orientado a la máquina, las instrucciones equivalen en gran medida a los pasos con los que la CPU ejecuta el programa” (Automatas, 2015).

2.5.3 FUP (Diagrama de Funciones)

“Es un lenguaje de programación gráfico que utiliza los cuadros del álgebra booleana para representar la lógica” (Automatas, 2015).

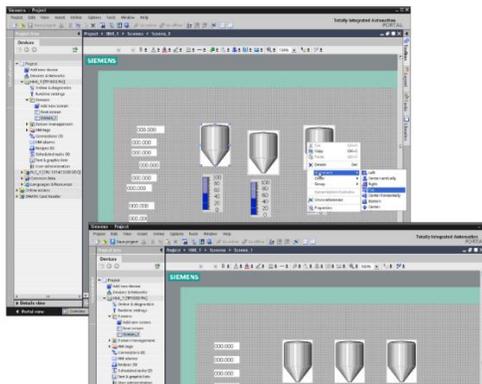
2.6 WINCC

El paquete de software WinCC es un entorno de desarrollo de Siemens en el marco de los SCADAS.

Es un sistema de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) e interfaz hombre-máquina (HMI) de Siemens . Los sistemas SCADA se utilizan para monitorear y controlar los procesos físicos de la industria y la infraestructura a una gran escala y a largas distancias (Electrónica., 2018). SIMATIC WinCC se puede utilizar en combinación con controladores Siemens de diferentes series uno de ellos es el PLC S7-1200.

Figura 17

Entorno gráfico de WINCC



Nota: En la figura se muestra el entorno gráfico de WINCC. Tomado de: (Electrónica., 2018)

2.6.1 Características

- Arquitectura de desarrollo abierta (programación en C).
- Soporte de tecnologías Active X.
- Comunicación con otras aplicaciones vía OPC
- Comunicación sencilla mediante drivers (código que implementa el protocolo de comunicaciones con un determinado equipo inteligente) implementados.
- Programación online: no es necesaria detener la runtime del desarrollo para poder actualizar las modificaciones en la misma.

2.7 Touch Panel KTP-700

La pantalla táctil KTP700 Basic (Figura N° 18) es un panel táctil cuya medida es de 7" consta de 8 botones de función táctiles adicional pueden programarse y actualmente pertenece a la nueva serie de iniciación HMI de Siemens para aplicaciones sencillas

(FESTO, s.f.).

Figura 18

SIMATIC Basic Panel Siemens KTP-700



Nota: En la figura se observa una pantalla KTP-700 de marca SIEMENS. Tomado de:

(FESTO, s.f.).

2.7.1 Características

- Funcionalidad táctil y de teclas
- Interfaz de conexión con diferentes PLC
- Archivado por memoria USB
- Programación desde WinCC Basic V13 (TIA Portal)

CAPÍTULO III

3. Desarrollo

3.1 Descripción del Proceso

El objetivo de este proyecto técnico es diseñar un HMI (Interfaz Máquina Humano) para la lectura, control y monitoreo de una estación de presión utilizando TIA PORTAL V15 y WinCC los mismos que son programas de Automatización Industrial. El control y monitoreo del proceso se lo realiza a través del HMI realizado en WinCC y toda la programación Ladder que está realizada en el software Tia Portal V15.

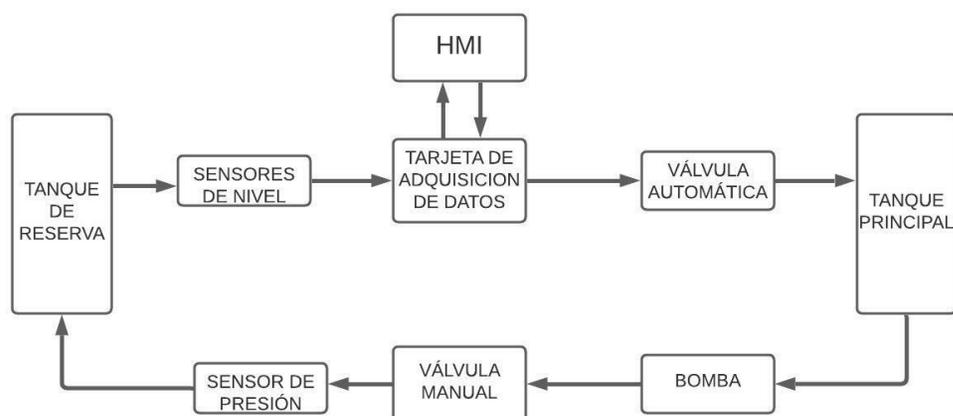
El proceso que se realizó es la lectura de la magnitud de presión, este proceso consta de un tanque principal, y uno de reserva, una bomba, también posee dos válvulas un manual y una automática: la manual dejará pasar el agua del tanque principal y la automática se activará conforme a los parámetros ingresados mediante el HMI como condiciones para el tanque de reserva. El transmisor estará ubicado a la salida de la bomba esta será la encargada de medir la presión. El líquido llegará al tanque de reserva, aquí actuará las condiciones del encendido y apagado de la bomba: Si el valor mínimo es menor o igual al ingresado en el HMI la bomba se activará y se cerrará la válvula automática mientras que si el valor máximo es mayor o igual al ingresado en el HMI la bomba se apagará y se abrirá la válvula automática. El proceso es cíclico, esto quiere decir que se puede repetir una y otra vez también se puede variar la señal de entrada en el PLCSIM.

La magnitud de salida en este caso es la que muestra el transmisor de presión será observada en una gráfica esta estará en relación al tiempo y su unidad de medida es los bares.

A continuación, se observa el diagrama de bloques y tuberías utilizado para realizar la adquisición, lectura, control y monitoreo de la magnitud de presión.

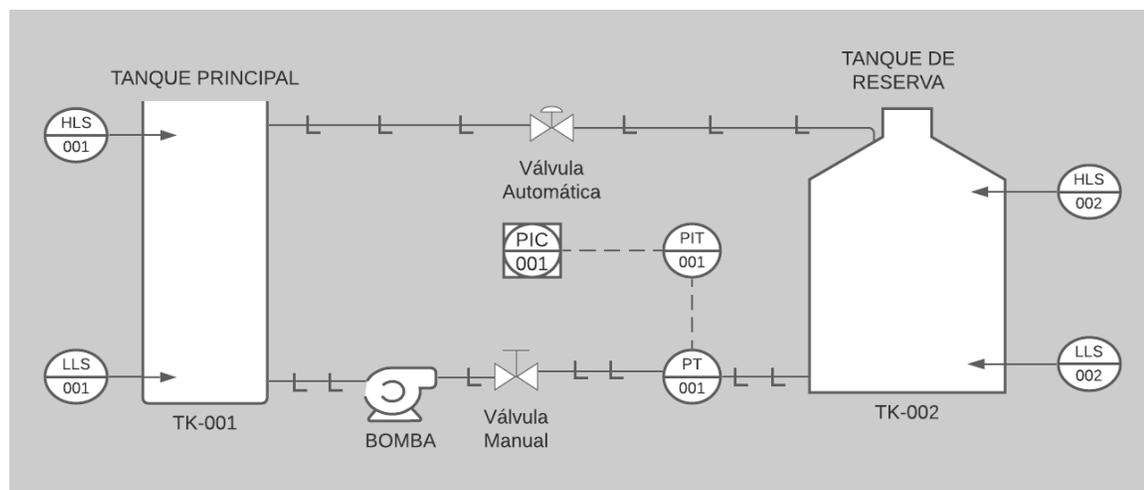
Figura 19

Diagrama de Bloques



Nota: En la figura anterior se observa el diagrama de bloques de la adquisición de la señal de presión. Tomado de: (Diseño Propio de Autor)

Figura 20 Diagrama de Tuberías del Proceso



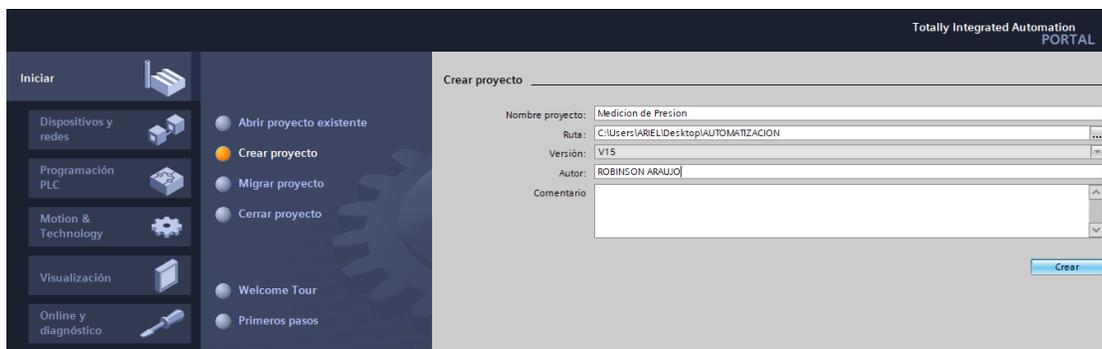
Nota: En la figura anterior se observa el diagrama de tuberías del proceso para la adquisición de la señal de presión. Tomado de: (Diseño Propio de Autor)

3.2 Programación en TIA PORTAL V15

1. Para desarrollar la programación en el software Tia Portal V15, abrir el programa y dar clic en crear proyecto, editar el nombre del proyecto y clic en crear.

Figura 21

Creación de nuevo proyecto en Tia Portal V15

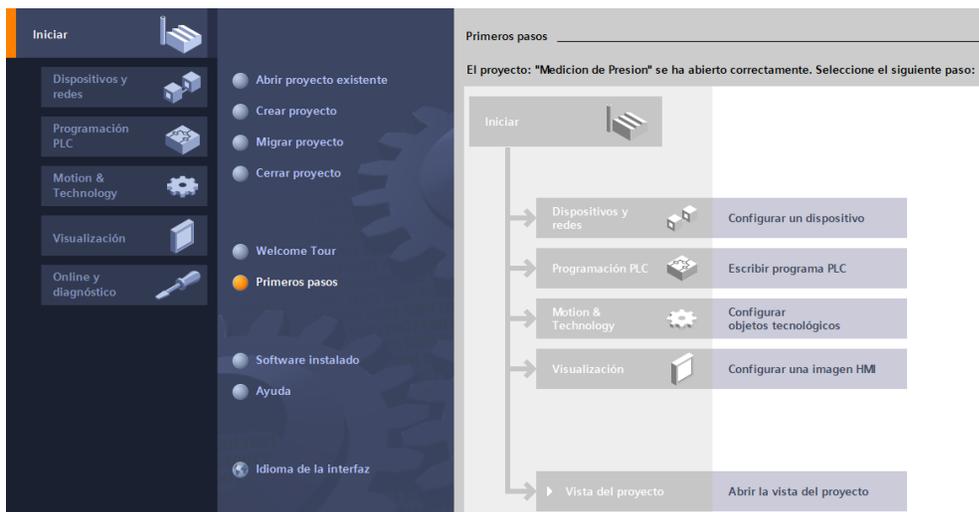


Nota: En la figura se observa la pantalla de la creación de un Nuevo proyecto. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

2. Se abre una ventana donde se puede configurar el dispositivo a utilizar, dar clic en configurar un dispositivo.

Figura 22

Configuración del Controlador Lógico Programable



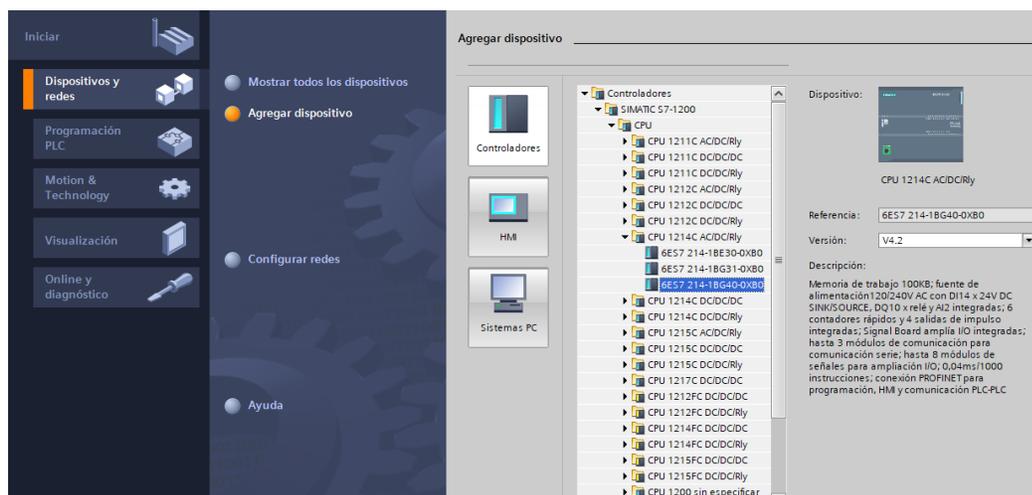
Nota: En la figura se observa la configuración del controlador lógico programable.

Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

3. Dar clic en agregar dispositivo, en controladores elegir el controlador lógico a utilizar en este caso seleccionar el SIMATIC S7-1200, en CPU buscar CPU 1214C AC/DC/Rly, dar clic en la referencia 6ES7 214-1BG40-0XB0 y verificar que la versión sea mayor a 4.0, esto lo realiza en base al controlador que está en la estación de Caudal.

Figura 23

Selección de Controlador Lógico Programable

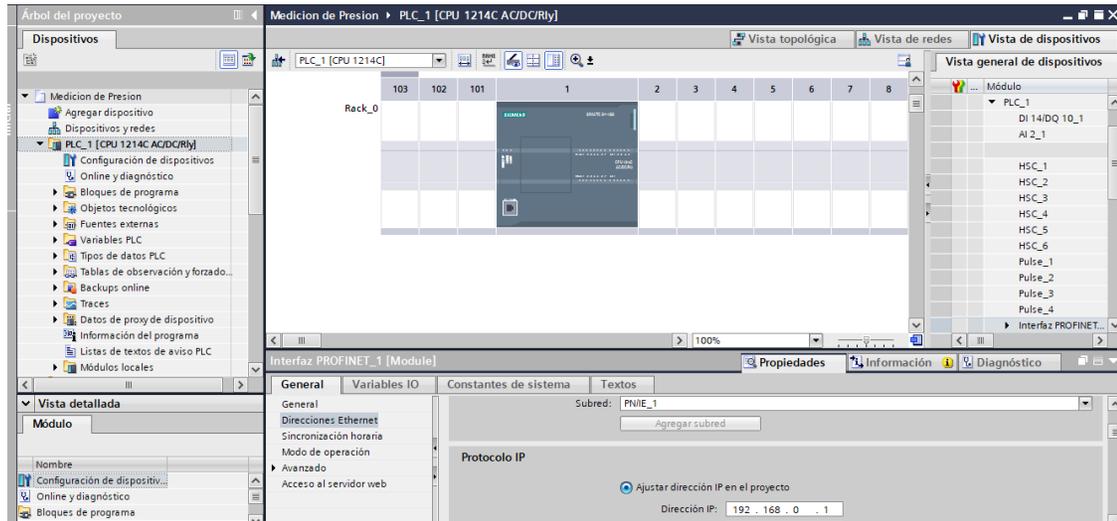


Nota: En la figura se observa la selección del PLC con sus parámetros. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

4. Dar clic en Configuración de Dispositivos, allí va aparecer una venta de Interfaz Profinet, dar clic en la opción de puerto Ethernet del autómat a programar, se abre una sub pestaña en donde indica las propiedades, en la opción de direcciones Ethernet dar clic y agregar una sub red PN/IE_1, y en el protocolo IP cambiar la dirección IP a 192.168.0.1 ya que esta dirección va servir más después para la conexión del controlador con la Pantalla KTP-700.

Figura 24

Configuración de la Interfaz Profinet, Subred y IP

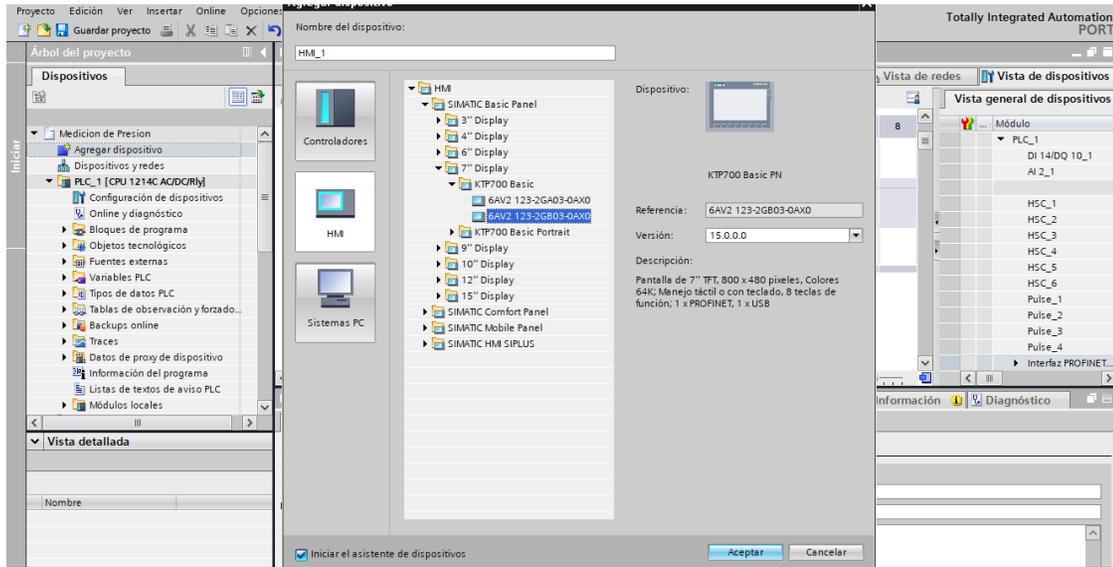


Nota: En la figura se observa la configuración de parámetros del PLC. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

5. Luego, escoger la opción de Agregar dispositivo, seleccionar la opción de **HMI** y en la opción de **SIMATIC Basic Panel** optar por **7" Display**, seleccionar la opción de **KTP-700 Basic** y la referencia de la pantalla en este caso es la **6AV2 123-2GB03-0AX0** ya que tiene una salida PROFINET.

Figura 25

Configuración del HMI

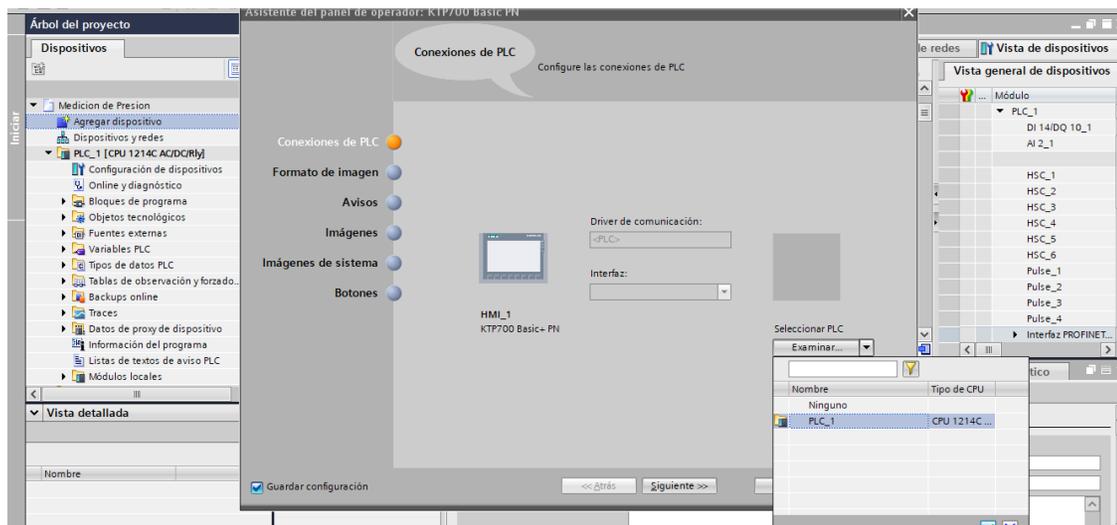


Nota: En la figura se observa la configuración del HMI con sus parámetros. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

6. Después se despliega una ventana con el nombre de **Asistente del panel de Operador**, en esta ventana configurar todos los parámetros de la pantalla KTP-700 y la conexión del PLC con la Pantalla.

Figura 26

Conexión entre la Pantalla HMI y el PLC

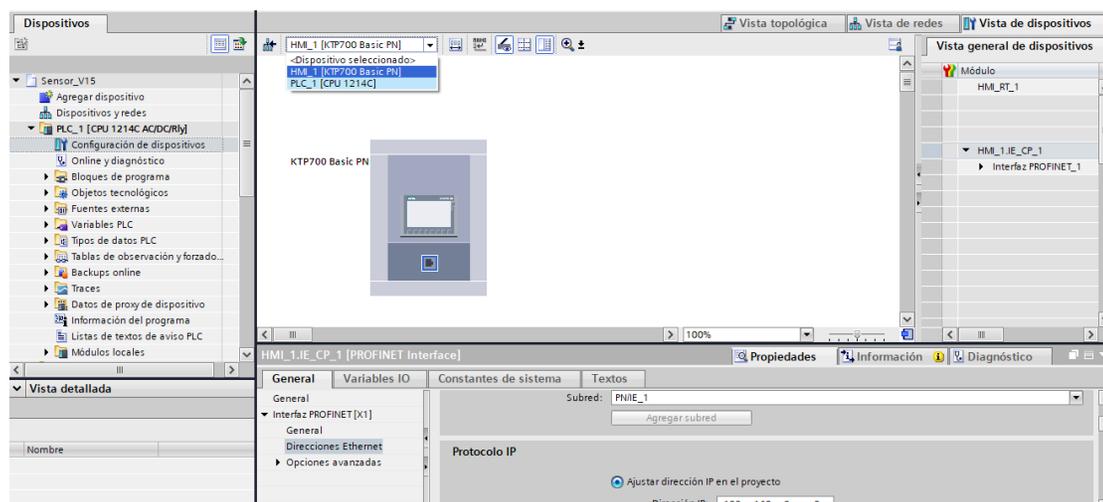


Nota: En la figura se observa la conexión entre el PLC y el HMI. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

- Al igual que se configura el controlador, también se configura la Pantalla KTP-700, dar clic en la opción de **Configuración de Dispositivos**, seleccionar **HMI_1**, dar clic en el **puerto Ethernet**, se abre una sub pestaña en la aparte de abajo en donde indica las propiedades, en la opción de **direcciones Ethernet** dar clic y **agregar una sub red PN/IE_1**, en el **protocolo IP** cambiar la dirección IP a 192.168.0.2 y de esta forma no existe problemas al rato de la conexión entre controlador y pantalla.

Figura 27

Configuración IP y Subred HMI

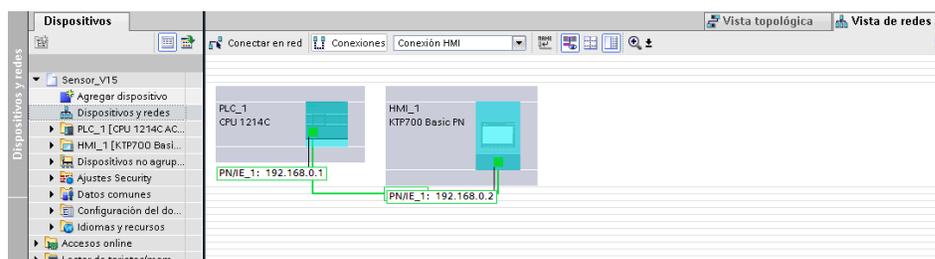


Nota: En esta figura se observa la configuración IP y la Subred del HMI. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

8. Verificar que el controlador lógico programable este en conexión con la pantalla KTP-700, es decir que tengan la conexión Profinet, esto se puede verificar en la opción de Dispositivos y redes. También se puede verificar las direcciones IP de los dispositivos.

Figura 28

Verificación de los IP's del PLC y HMI

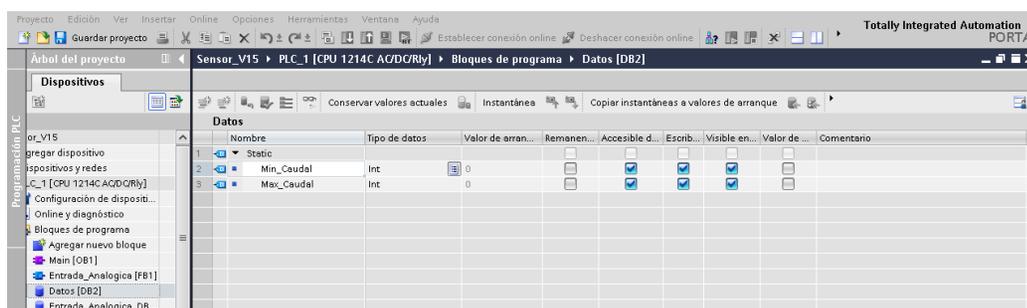


Nota: En la figura se observa los IP's del PLC y HMI. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

9. Seleccionar la opción de **Bloques de Programa** y escoger **Agregar nuevo Bloque** y crear un **Bloque datos** el mismo que sirve para ingresar el valor mínimo y máximo del tanque, el tipo de datos es de tipo entero (**int**). Estos datos se los puede definir como dos variables para luego utilizar en el diseño del HMI que va en la pantalla KTP-700.

Figura 29

Creación de un Bloque de Datos para el tanque

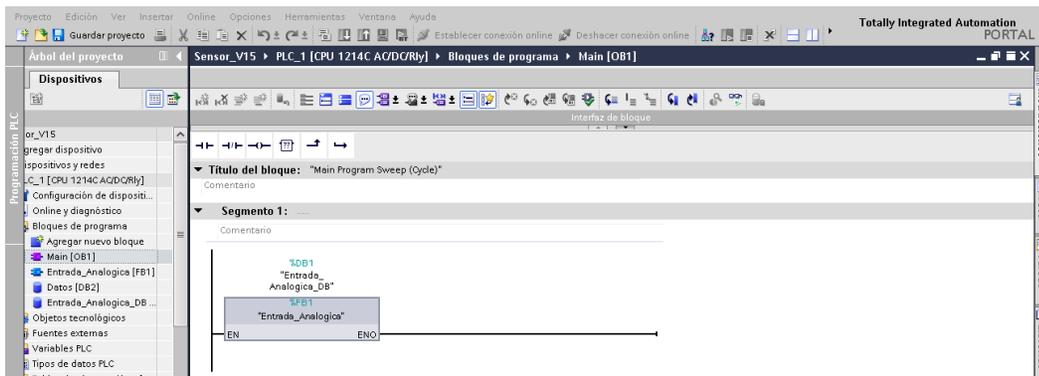


Nota: En la figura anterior se observa la creación de un bloque de datos para el ingreso de un dato mínimo y máximo del tanque. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

10. Crear un Bloque de Datos en **Main** para poder llamar a un Bloque de Función, el mismo que tendrá toda la programación para que pueda tomar los datos de la presión de la salida de la bomba.

Figura 30

Bloque de Datos para la Adquisición de la Señal



Nota: En la figura se observa la creación de un bloque de datos para la adquisición de la señal. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

11. En la opción Variables del PLC, crear cada una de las variables a utilizar en la programación ladder es decir salidas y entradas del proceso de la lectura de presión. En la siguiente figura se detalla las variables utilizadas, los tipos de variables que se utilizó son de tipo Booleana (Bool), Entera (Int), Real (Real).

Figura 31

Variables del controlador lógico programable

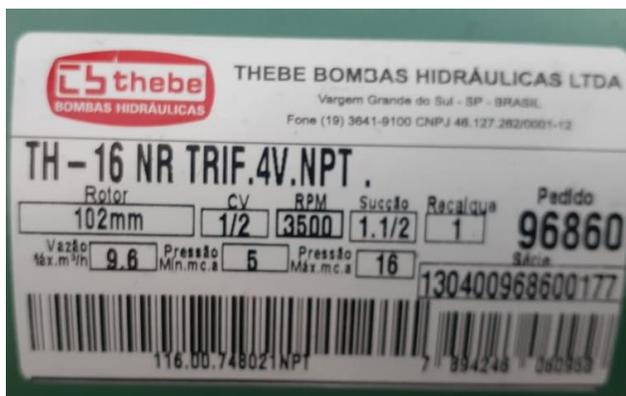
Nombre	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
Val_1	Bool	%M0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
STOP	Bool	%M0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Val_On_1	Bool	%Q0.0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Val_2	Bool	%M0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Val_On_2	Bool	%Q0.1		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Sensor	Int	%IW64		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
PV	Real	%MD4		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
PRESION	Real	%MD6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Condicion Bomba	Bool	%M0.3		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Bomba	Bool	%Q0.2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
CAUDAL	Real	%MD8		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
<Agrega...				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Nota: En la figura se muestra las variables que se utilizó para la adquisición y lectura de la señal. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

12. Verificar los datos técnicos de la Bomba succionadora, ver a cuanto presión mínima y máxima trabaja. seguidamente realizar la conversión de unidades de medida de presión del tal modo que se utiliza la unidad de medida de Bares ya que es la más utilizada en el campo de la Automatización.

Figura 32

Datos técnicos de la Bomba



Nota: En la figura se muestra los datos técnicos de la Bomba. Tomado de:
(Laboratorio de Instrumentación Virtual)

13. Seguidamente realizar la conversión de unidades de medida de presión del tal modo que se maneja la unidad de medida de bares, ya que es la que más se utiliza en el campo de la Automatización.

Tabla 6

Datos técnicos de la Presión de la Bomba

Datos técnicos de la Presión de la Bomba	
Presión mínima	5 m.c.a
Presión máxima	16 m.c.a

Nota: Esta tabla muestra los Datos técnicos de la presión de la bomba. Tomado de:
(Laboratorio de Instrumentación Virtual)

Tabla 7

Conversión de medida de presión de m.c.a - bares

Conversión de medida de presión de m.c.a - bares	
Metros columna agua (m.c.a)	Bares
5 m.c.a	0.490319 bar
16 m.c.a	1.5690208 bar

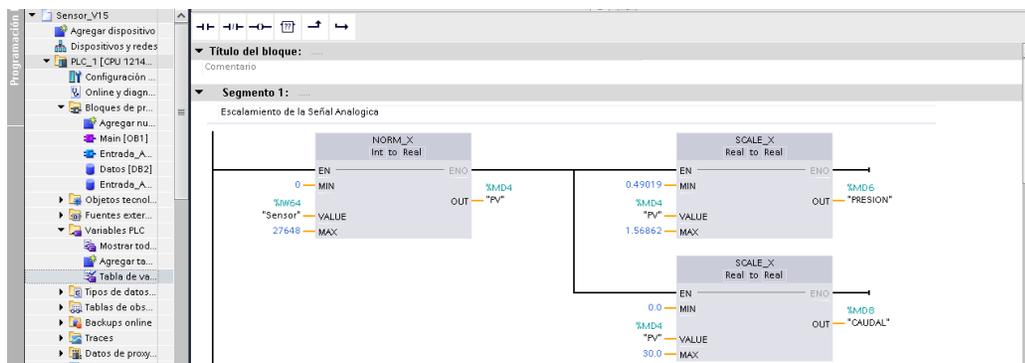
Nota: Esta tabla muestra la conversión de unidades de presión. Tomado de:
(Calculadoras.uno, 2021)

14. Seleccionar el bloque de datos de Entrada Analógica y proceder al escalamiento de la señal de entrada en este caso de la **%IW64**. En el primer segmento utilizar dos bloques, un bloque de **NORM_X** y el otro bloque de **SCALE_X**, dichos bloques permite escalar la señal de entrada; configurar cada uno de los parámetros. En el bloque **NORM_X** configurar el **MIN** en 0 y el **MAX** en 27648

estos son los bits de entrada, va depender mucho del controlador lógico que se utilice y en el **VALUE** ingresar la variable de la entrada analógica en este caso es la **%IW64**. Para el primer bloque **SCALE_X** la configuración va ser diferente en **MIN** va ser 0.49019, el **MAX** va ser 1.56862 estos valores son tomados de la relación antes mencionada. Para el segundo bloque de **SCALE_X** el **MIN** va ser 0, y el **MAX** va ser 30 ya que estos corresponden a los galones/minuto que genera la bomba, el **VALUE** de los dos bloques va ser la **OUT** del bloque de **NORM_X** ya que es la dirección de memoria **%MD4**, Para observar las salidas de presión y caudal escaladas con las memorias: **%MD6** es de presión y **%MD8** es de caudal.

Figura 33

Normalización y Escalamiento de la señal de entrada



Nota: En la figura se observa la Normalización y Escalamiento de la señal de entrada.

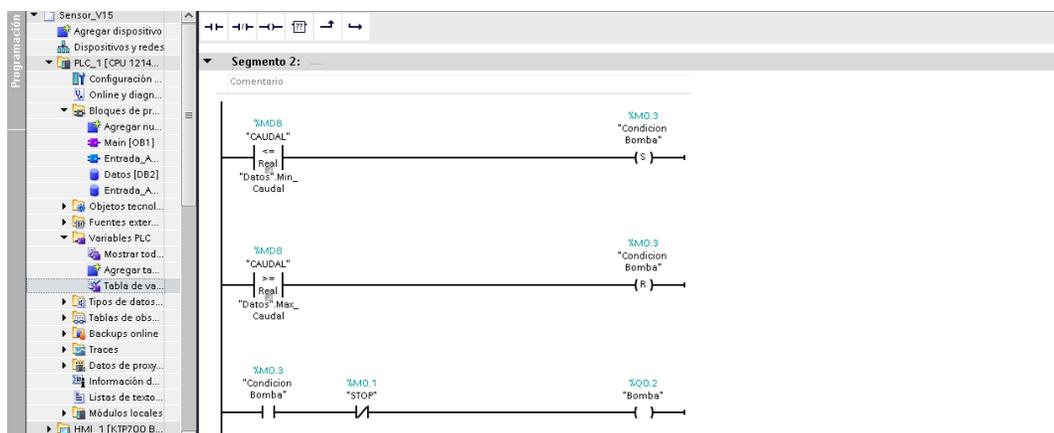
Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

15. En el segmento 2 ingresar la condición del encendido de la bomba, cuando el valor ingresado en el bloque datos sea menor o igual se va activar la marca **%M0.3** (SET), si el valor ingresado en el bloque datos sea mayor o igual este

desactivara la marca **%M0.3** (RESET), utilizar una marca para el encendido de la bomba y también un contacto normalmente cerrado **%M0.1** para el paro de la bomba.

Figura 34

Condición de Encendido y Apagado de la Bomba



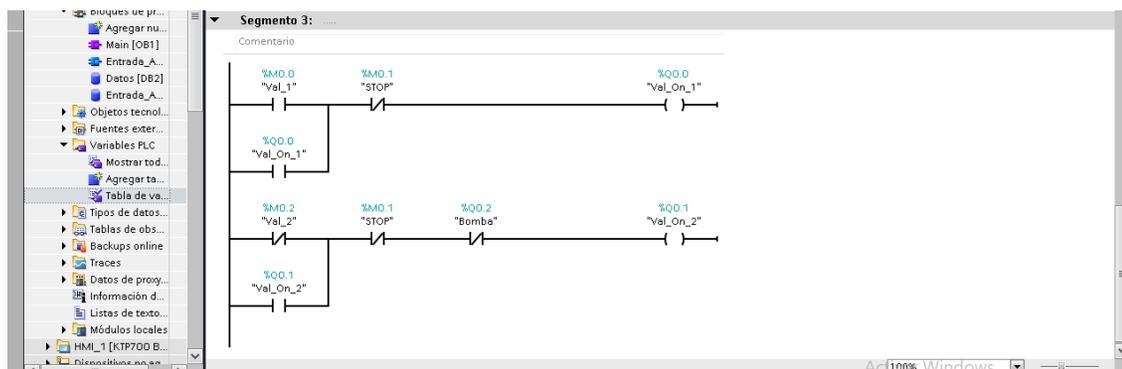
Nota: En la figura se observa la condición del encendido y apagado de la bomba.

Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

16. En el segmento 3 consiste en la activación de las válvulas, la marca **%M0.0** activa la salida **%Q0.0** la misma que está memorizada con su contacto normalmente abierto de la **%Q0.0** y la marca **%M0.2** activa la salida **%Q0.1** al igual estará memorizada con su contacto normalmente abierto de **%Q0.1** pero con la condición que tendrá un contacto normalmente cerrado de **%Q0.2** de la bomba esto es para que la válvula 2 se cierre al rato de que el tanque este vacío. La activación de la válvula 1 será manual y de la válvula 2 será automática, las dos poseen un contacto normalmente cerrado el cual permite que las válvulas comiencen en su estado normal que son apagadas.

Figura 35

Activación de las Válvulas



Nota: En la figura se observa la activación y desactivación de las válvulas utilizadas.

Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

3.3 Diseño del HMI (Interfaz Hombre-Maquina)

1. Para el diseño del HMI, escoger a la opción de **HMI_1 KTP-700** y seleccionar la opción **imágenes** y crear una nueva imagen con el nombre de carátula allí se aparecerá una plantilla, al lado derecho se observa una opción de **Herramientas**, donde se muestra varias opciones una de ellas es la de **objetos básicos** estos permiten ingresar los datos personales.

Figura 36

Datos personales en el HMI

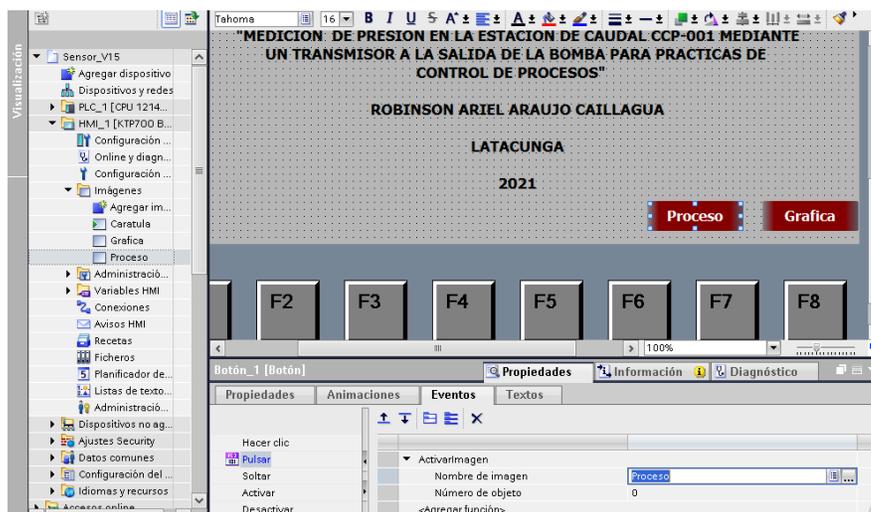


Nota: En la figura se muestra la carátula principal del HMI. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

2. El HMI que se realizó consta de 3 imágenes: carátula, proceso y gráfica. Las mismas que utiliza botones para pasar de una imagen a otra, para realizar esta transición se utiliza 2 botones: proceso y gráfica. En la imagen de caratula a los dos botones se le asigna un evento de **Pulsar** y seleccionar **Activar imagen** e ingresar la imagen a cuál va redireccionada el botón al rato de pulsar en este caso sería la imagen de **proceso**, lo mismo se realiza al botón de gráfica.

Figura 37

Transición de imágenes en el HMI

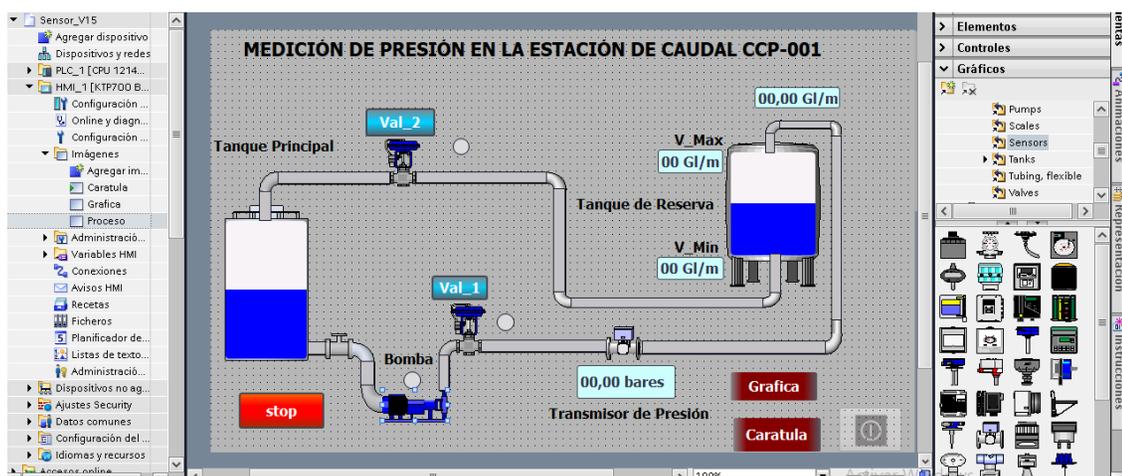


Nota: En la figura se observa los dos botones los cuales permiten redireccionar la pantalla. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

3. En la imagen de proceso se procede a realizar la conexión de tanques, tuberías, bomba, válvulas y el transmisor. Todos estos elementos se los selecciona de la opción de **Herramientas** allí se encuentra un ítem llamado **Gráficos** el cual tendrá muchos elementos para poder realizar nuestro HMI. En la figura que se muestra abajo se puede ver cómo quedo nuestro HMI del mismo modo se tiene dos botones en la parte inferior los cuales permite realizar una transición de una imagen a otra.

Figura 38

Interfaz Humano-Máquina (HMI)

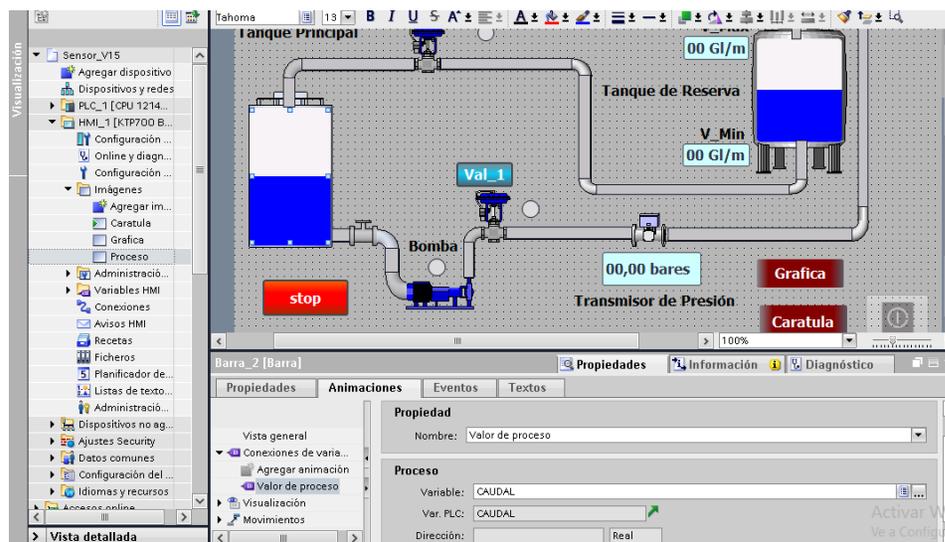


Nota: En la figura se observa el HMI con todos los elementos necesarios para la lectura de la presión. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

4. Para que los elementos como las válvulas, tanques, transmisor y tuberías tengan una animación, se asigna las variables anteriormente mencionadas, por ejemplo, en el tanque se asigna la variable de caudal la cual permite observar el llenado y vaciado del tanque, en las válvulas se observa una luz indicadora la misma que indica si está abierta o cerrada la válvula, en el transmisor se muestra la lectura de la magnitud y en las tuberías se observa el fluido del agua. También se muestra los indicadores donde se visualiza la presión y el caudal del fluido por la tubería. En la tabla que se muestra en la parte de abajo se observa detalladamente las variables que se utilizó en el diseño del HMI.

Figura 39

Asignación de Variables a los elementos del HMI



Nota: En la figura se observa la asignación de variables a cada uno de los elementos del HMI. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

Tabla 8

Variables asignadas a los elementos del proceso.

ELEMENTO	VARIABLE	TAG	TIPO DE DATOS
TANQUE PRINCIPAL	CAUDAL	%MD8	Real
TANQUE DE RESERVA	CAUDAL	%MD8	Real
INDICADOR DE CAUDAL	CAUDAL	%MD8	Real
Bomba	Bomba	%Q0.2	Bool
Datos_Max_Caudal	Datos.Max_Caudal	---	Int

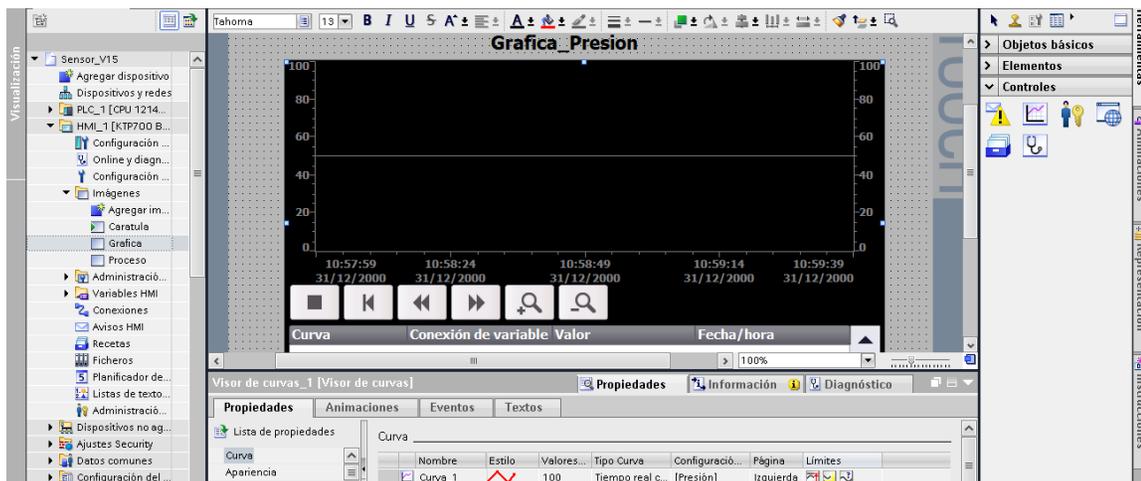
ELEMENTO	VARIABLE	TAG	TIPO DE DATOS
Datos_Min_Caudal	Datos.Min_Caudal	---	Int
Transmisor de Presión	Presión	%MD6	Real
STOP	Stop	%M0.1	Bool
Válvula 1	Val_1	%Q0.0	Bool
Válvula 2	Val_2	%Q0.1	Bool
Entrada Analógica	Entrada_Analogica	%DB1	Real

Nota: Esta tabla muestra las variables asignadas a cada uno de los elementos utilizados en el HMI. Tomado de: (Diseño Propio de Autor)

5. En la imagen de graficase observa la visualización de la señal de salida de presión esta es visualizada en una gráfica en relación al tiempo. La grafica se la obtiene de la opción de **Herramientas** en **Graficas** con el nombre de visor de curvas allí se configura los parámetros a observar. De esta forma se visualiza la presión como varía en relación al tiempo.

Figura 40

Gráfica de la Lectura de Presión



Nota: En la figura se observa la gráfica de la señal de presión en relación al tiempo.

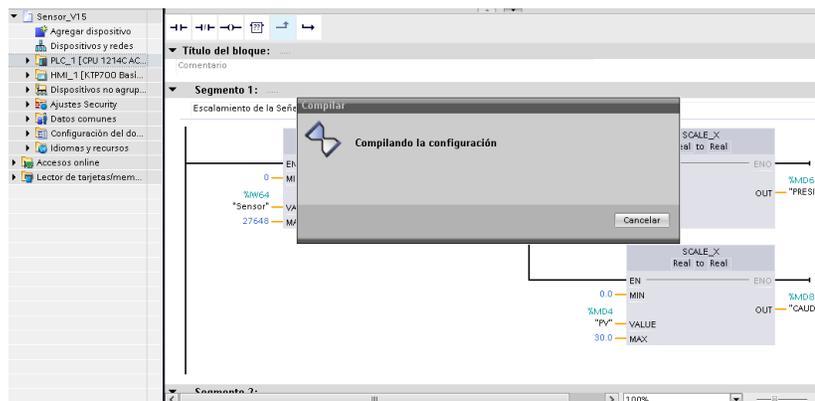
Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

3.4 Simulación de la Programación ladder y Diseño del HMI.

1. Para iniciar la simulación primeramente se debe compilar cada uno de los bloques de datos, ya que si se realiza cualquier cambio este no se guarda hasta que se compile, más que todo ayuda a verificar si existe algún error en la programación ladder.

Figura 41

Compilación de la programación ladder



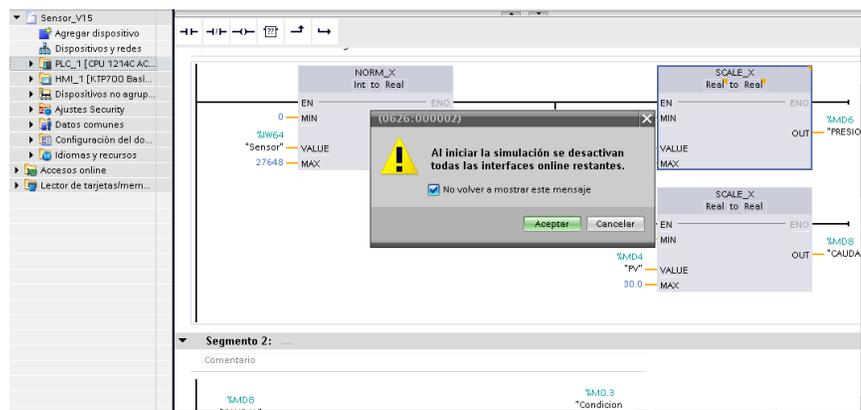
Nota: En la figura se observa la compilación y verificación de la programación ladder.

Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

2. Para proceder a la simulación, escoger la opción **Iniciar Simulación**, ahí se despliega una ventana pequeña donde advierte que todas las interfaces de simulación online serán desactivadas.

Figura 42

Inicialización de simulación



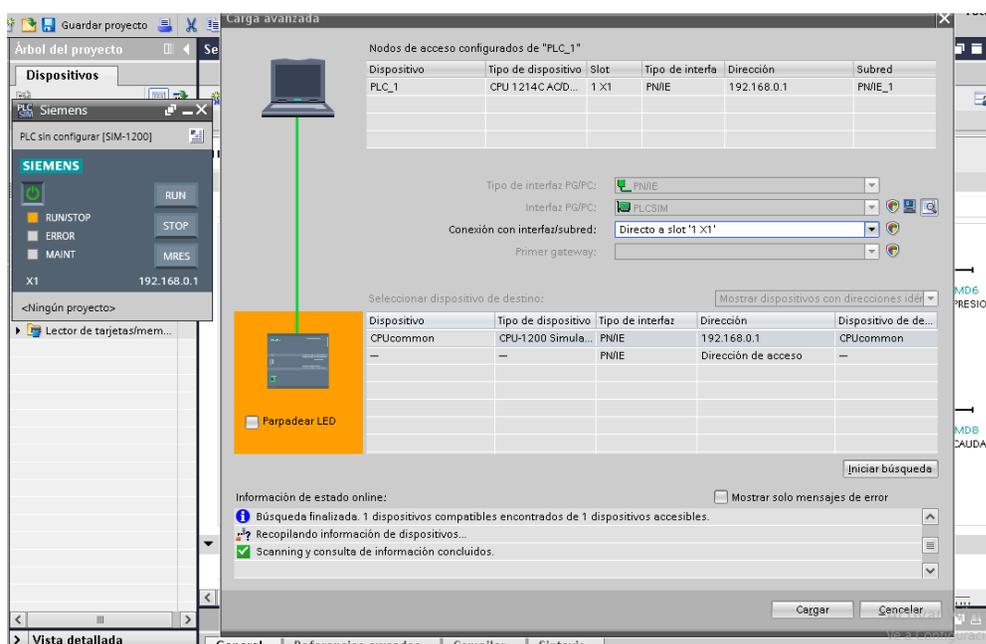
Nota: En la figura se observa la pantalla de advertencia para iniciar la simulación.

Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

- Para cargar el programa en **PLCSIM** se escoge la opción de **cargar en dispositivo** luego se abre una ventana en la cual se elige **PN/IE** como el tipo de interfaz PG/PC y en la interfaz PG/PC se selecciona **PLCSIM**. Se presiona en iniciar búsqueda y esperar que encuentre los dispositivos disponibles. Cuando finalice el escaneo se selecciona el dispositivo y se da clic en cargar.

Figura 43

Simulación en PLCSIM



Nota: En la figura se observa el proceso de subida de la programación ladder al

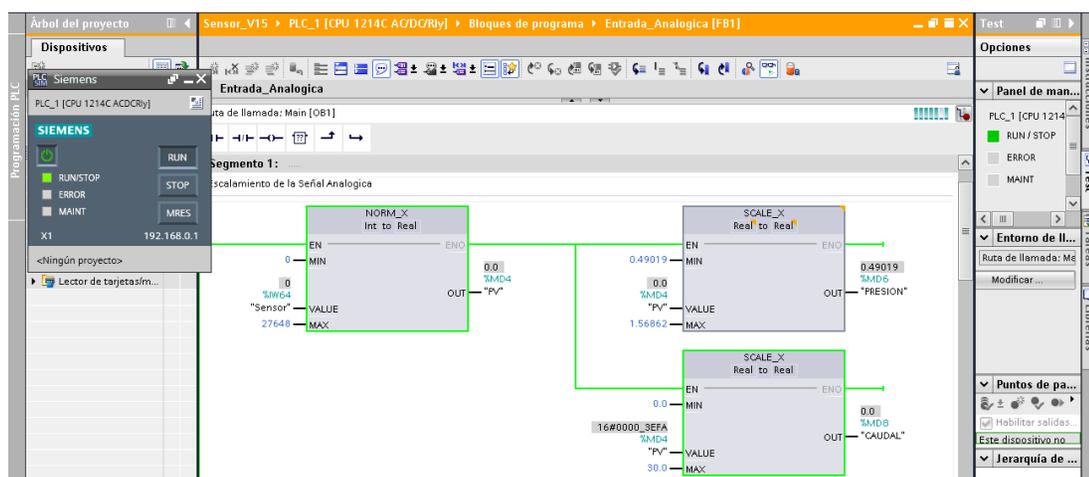
PLCSIM. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

- Para poder verificar si el PLC está en línea, seleccionar la opción de **activar/desactivar observación** (gafas), allí se puede observar que las líneas

se ponen de color verde, de esta manera se visualiza si existen bits en la entrada **%IW64**.

Figura 44

Activación y desactivación de Observación

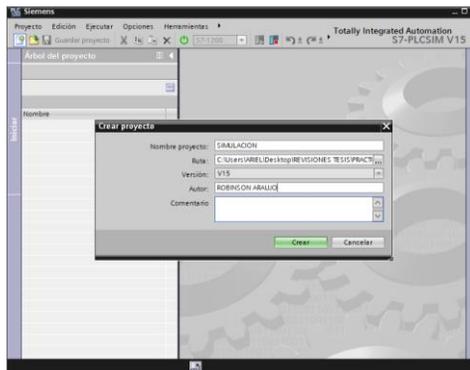


Nota: En la figura se observa si la programación está en línea con el PLCSIM. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

5. Para comenzar con la simulación del HMI, compilar la imagen raíz en este caso va ser la de la caratula, luego seleccionar **Iniciar simulación** y se despliega una pequeña ventana donde se escoge la opción de crear un **Nuevo proyecto** el mismo que será utilizado para poder ingresar los bits de entrada de la **%IW64**.

Figura 45

Creación de un nuevo proyecto en PLCSIM

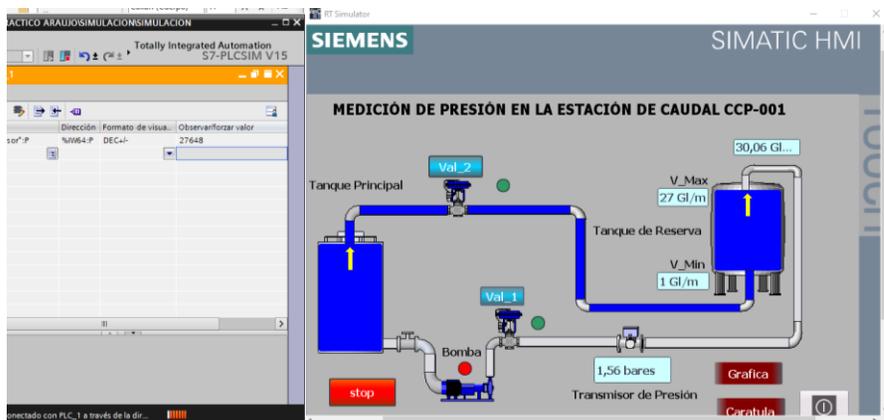


Nota: En la figura se observa la creación de un nuevo proyecto en PLCSIM. Tomado de: (Software TIA PORTA V15.)

6. Seleccionar la opción **Tabla SIM_1** y escoger la variable de **sensor** ya que esta va ser la manipulada para poder ver los valores de variación de la presión. Esta variable puede ser manipulada desde los 0 bits que equivale a 0.49 bares hasta los 27648 bits que equivale a 1.56 bares.

Figura 46

Variación de la señal de entrada %IW64

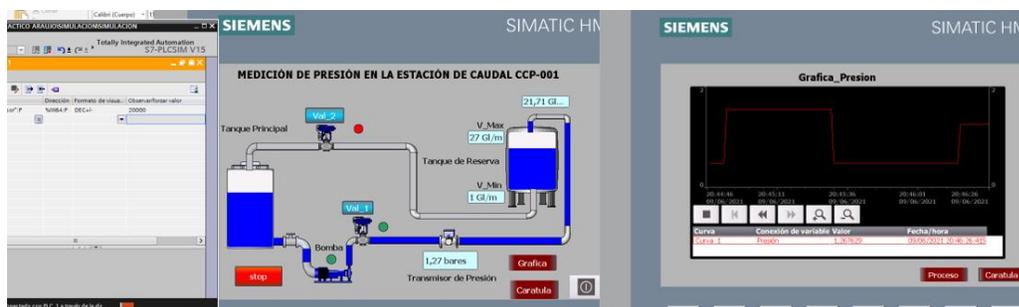


Nota: En la figura se observa la variación de bits que se produce en la entrada de datos %IW64. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

7. Por último, se muestra la gráfica en el HMI de la variación de presión en relación al tiempo esto va depender mucho de los bits de entrada que tenga la %IW64 y también de las condiciones que se programen en el lenguaje ladder.

Figura 47

Variación de Bits en la entrada de Datos



Nota: En la figura se observa la variación de los datos de entrada y también la variación de la señal de salida en la gráfica. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

3.5 Pruebas de Funcionamiento

3.5.1 Prueba de funcionamiento de Presión Mínima

Para realizar las pruebas respectivas de la adquisición, control y monitores de la magnitud de presión se procede de la siguiente forma:

Variar el rango de bits de la entrada analógica en este caso el rango corresponde de 0 bits a 27648 bits. Para la primera prueba de funcionamiento, se ingresa el valor de 0 bits, donde se obtiene una lectura de 0.49 bares que corresponde

a la presión mínima que trabaja la bomba, también se visualiza la gráfica respectiva de la señal de salida en relación al tiempo.

Figura 48

Primera prueba de funcionamiento (0 Bits)



Nota: En la figura se observa la primera prueba de funcionamiento variando la entrada analógica %IW66. Tomado de: (Software TIA PORTA V15.)

3.5.2 Prueba de funcionamiento de Presión Media

Para la segunda prueba de funcionamiento, se ingresa el valor de 13824 bits, donde se obtiene una lectura de 1.03 bares que corresponde al 50% de trabajo de la bomba, de esta forma también se puede observar cuantos galones circula por la tubería y su gráfica respectiva de la señal de salida en relación al tiempo.

Figura 49

Segunda prueba de funcionamiento (13824 Bits)



Nota: En la figura se observa la segunda prueba de funcionamiento variando la entrada analógica %IW66. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

3.5.3 Prueba de funcionamiento de Presión Máxima

Para la tercera prueba de funcionamiento, se ingresa el valor de 27648 bits, donde se obtiene una lectura de 1.56 bares que corresponde a la presión máxima que soporta la bomba, cuando se obtenga el valor máximo de presión la válvula automática se activa y la bomba se apaga. La señal de salida en relación al tiempo se observa en la gráfica respectiva. El valor de galones que circula por la tubería se observa en el indicador del HMI.

Figura 50

Tercera prueba de funcionamiento (27648 Bits)



Nota: En la figura se observa la tercera prueba de funcionamiento variando la entrada analógica %IW66. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

A continuación, se detalla la siguiente tabla en donde se indica los resultados obtenidos en las pruebas de funcionamiento de la adquisición, lectura y monitoreo de la magnitud de presión.

Tabla 9

Resultados de los datos obtenidos de la lectura de presión

BITS DE ENTRADA	ESTADO DE BOMBA	ESTADO DE LA VÁLVULA	LECTURA DE LA PRESIÓN
0	ENCENDIDA	APAGADA	0.49 Bares
13824	ENCENDIDA	APAGADA	1.03 Bares
27648	APAGADA	ENCENDIDA	1.56 Bares

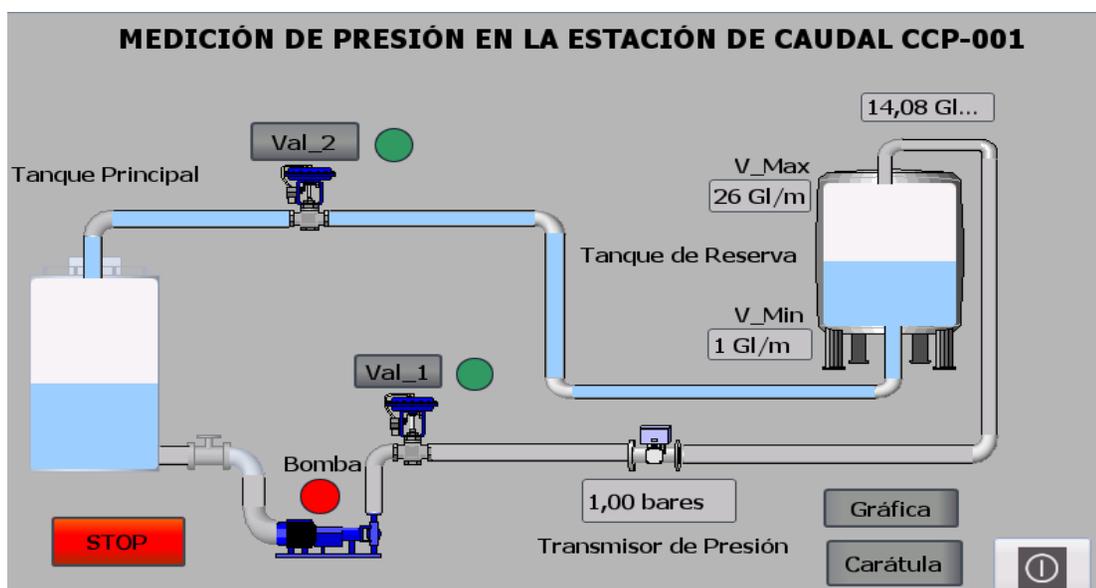
Nota: Esta tabla muestra los Resultados obtenidos de la variación de los bits de entrada. Tomado de: (Diseño Propio de Autor)

3.6 Diseño del HMI mediante la tonalidad de colores bajos y altos

Mediante la Norma ISA 101 se realiza el diseño del HMI tomando en cuenta el uso adecuado de colores para todos los elementos del proceso.

Figura 51

Diseño del HMI mediante la Norma ISA 101



Nota: En la figura se observa la modificación de colores basándose en la norma ISA 101. Tomado de: (Software TIA PORTA V15)

CAPÍTULO IV

4. Conclusiones y Recomendaciones

4.1 Conclusiones.

- Se realizó un programa para el control y monitoreo en la estación de caudal CCP-001 del laboratorio de instrumentación virtual, mediante el software Tia Portal V15 utilizando un PLC S7-1200, el programa fue desarrollado en lenguaje ladder en el cual se utilizó bloques de datos, bloques de funciones, para poder obtener los valores de la magnitud de presión, estos datos son en tiempo real así de esta forma el funcionamiento es continuo en la estación.
- Se desarrolló un HMI mediante el software WInCC basándose en la norma ISA 101, por lo que las imágenes que representan al proceso en la interfaz son intuitivas para el operador, además se mantiene una tonalidad de colores bajos en los elementos que operan bajo los parámetros nominales del proceso, una tonalidad de colores altos para las alertas y de esta forma detonar toda la información del HMI.
- Concluida toda la programación se realizó las respectivas pruebas de funcionamiento, mediante el ingreso de los valores de la entrada análoga %IW66 correspondiente a un rango entre 0 y 27648 bits, también se concluye que al ingresar los valores del rango establecido se puede observar la lectura y visualización de la presión en el HMI, del mismo modo se pudo verificar que el tiempo de respuesta de la variable es rápida.

4.2 Recomendaciones

- Al momento de seleccionar el modelo del controlador lógico programable en el software TIA PORTAL V15, seleccionar una versión mayor o igual a la 4.0 para que la simulación funcione correctamente en el PLCSIM.
- Realizar de manera correcta la programación en TIA PORTAL V15 teniendo en cuenta los parámetros del proceso a realizar ya que el HMI funciona como control y monitoreo del proceso también.
- Las direcciones de entradas y salidas que se van a utilizar en la programación deben estar bien definidas por las variables ya que estas serán asignadas al HMI (Interfaz Humano-Maquina) para así no tener ningún inconveniente en la lectura de la presión.
- Para comprobar la correcta comunicación del PLC con el HMI, la interfaz Profinet debe estar de color verde y con sus IP's, ya que el color verde es la que la distingue de las otras interfaces.

Bibliografía

Automatas. (11 de Enero de 2015). *Introducción a la programación del PLC S7-300*

Siemens. Recuperado el 18 de Noviembre de 2020, de <https://www.infopl.net>

Calculadoras.uno. (2021). *Calculadoras.uno*. Recuperado el 12 de Abril de 2021, de

Calculadoras.uno: <https://www.calculadoras.uno/presion/mca-a-bar----mca--bar>

Cisneros, A. (11 de Noviembre de 2012). *DIARIVM*. Recuperado el 28 de julio de 2020,

de Universidad de Salamanca:

https://diarium.usal.es/andres_cisneros/author/andres_cisneros/

Compresor, M. (3 de Abril de 2020). *¿Qué son los Transmisores de Presión y Cómo*

funcionan? Recuperado el 06 de Junio de 2020, de

<https://www.mundocompresor.com>

CPI. (s.f.). *DPC 8380 – Transmisor de presión con display – Trafag*. Recuperado el 02

de Julio de 2020, de DPC 8380 – Transmisor de presión con display – Trafag:

<https://www.cpi.com>.

EcuRed. (14 de Abril de 2021). *Sistema de control de procesos*. Recuperado el 24 de

Mayo de 2021, Obtenido de Sistema de control de procesos:

https://www.ecured.cu/Sistema_de_control_de_procesos

EcuRed, c. (31 de Agosto de 2019). *Presión*. (EcuRed, Editor) Recuperado el 24 de

Mayo de 2021, de Presión:

<https://www.ecured.cu/index.php?title=Presi%C3%B3n&oldid=3535969>

- EEYMUC. (2021). *Controlador Lógico Programable*. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de Controlador Lógico Programable: <https://www.eeymuc.co/7-estructura-interna-controlador-logico-programable/>
- ELECTRIN. (26 de Abril de 2016). *Funcionamiento de un PLC*. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de Funcionamiento de un PLC: <https://electrinblog.wordpress.com/2016/04/26/post-4/>
- Electromecanic. (2020). *Automantenimiento.Net*. Recuperado el 16 de Agosto de 2020, de <https://automantenimiento.net/electricidad/partes-de-un-plc/>
- Electrónica., D. I. (2018). *Entornos SCADA. Introducción a WinCC*. Valencia. Recuperado el 19 de Agosto de 2020, de <https://www.uv.es/rosado/courses/CINS/IntroWinCC.pdf>
- FESTO. (s.f.). *Touch Panel KTP700 EduTrainer®*. Recuperado el 20 de Agosto de 2020, de Touch Panel KTP700 EduTrainer®: <https://www.festo-didactic.com>
- Frank. (16 de Enero de 2018). *MECAFENIX*. Recuperado el 15 de Agosto de 2020, de MECAFENIX: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/>
- GARCÍA, M. V. (2015). *Diseño e Implementación de un Sistema para Automatización de dos Hornos para Tratamiento Térmico Pertenecientes al Laboratorio de Metalografía, Desgaste y Falla del Departamento de Materiales de la Facultad de Ingeniería Mecánica de la Escuela Politécnica*. Quito.
- Geocities. (2008). *Módulos Comunicaciones y Red en Controladores Lógicos Programables*. Recuperado el 02 de Septiembre de 2020, de http://www.geocities.com/ingenieria_control/control3.htm

Guano Bermeo, A. R., & Jijón Vaca, F. J. (2015). *“Diseño y Construcción de un Banco de Pruebas para Bombas Centrífugas, utilizando PLC-Variador-Bomba, para la Obtención del Punto de Operación de la Interacción Bomba-Sistema, en el Laboratorio de Redes Industriales y Control De Procesos de la Universidad. Latacunga.*

Industry, D. (2021). *Siemens Process Instrumentation*. Recuperado el 15 de Mayo de 2021, de Siemens Process Instrumentation:

<https://www.directindustry.es/prod/siemens-process-instrumentation>

KUPDF. (2012). *PLC: Controladores Logicos Programables*. Argentina: Quark.

Recuperado el 12 de Febrero de 2021, de <https://kupdf.net>

MARTÍNEZ, P. A. (2002). *Programacion de PLC'S*. Mexico: Universidad Autonoma De Nuevo Leon. Recuperado el 12 de Diciembre de 2020

Mecafenix, I. (2020). *La Enciclopedia de la Ingeniería*. Recuperado el 06 de Junio de 2020, de La enciclopedia de la ingeniería:

<https://www.ingmecafenix.com/otros/manometro/>

Metrology, P. P. (s.f.). *Transmisor de Presión*. Recuperado el 10 de Junio de 2020, de

<https://primametrology.com/transmisor-de-presion/>

MundoCompresor. (s.f.). *Portal Insdutrial*. Recuperado el 08 de Junio de 2020 Obtenido de Portal Insdutrial: <https://www.mundocompresor.com>

NETATMO. (s.f.). *Presión Atmosférica*. Recuperado el 15 de Mayo de 2021, de Presión atmosférica: <https://www.netatmo.com>

- PLC4CERO. (2017). *La Web de referencia sobre PLC*. Recuperado el 15 de Junio de 2020, de <https://plc4zero.com/>
- Sapiensman. (s.f.). *Medidad de presión*. Recuperado el 10 de Diciembre de 2020, de Medidad de Presión: <http://www.sapiensman.com/tecnoficio/docs1/d7.php>
- SIEMENS. (2014). *Manual SIMATIC S7 Controlador Programable S7-1200*. Recuperado el 06 de Junio de 2020, de <https://media.automation24.com>
- SIEMENS. (2015). *Hoja de Datos PLC S7-1200*. Recuperado el 06 de Junio de 2020, Obtenido de <https://relepro.com/>
- SIEMENS. (s.f.). *SIMATIC S7-1200*. Recuperado el 06 de Junio de 2020, de SIMATIC S7-1200: <https://new.siemens.com>
- SRC. (2019). *¿Qué es un plc? ¿cómo funciona? ¿para qué sirve?* Recuperado el 05 de Junio de 2020, de <https://srcsl.com/que-es-un-plc/>
- SRL, E. Q. (2012). *PLC & Autómatas Programables*. MÉXICO: Editorial Quark SRL. Recuperado el 05 de Junio de 2020
- Trafag. (2020). *Hoja de Datos H72320I*. Switzerland: Bubikon. Recuperado el 02 de Julio de 2020, de <https://www.trafag.com>
- Villalobos Toro, J. F. (2003). *"Diseño y Puesta en Marcha de una Plataforma de Control para el Proceso de Limpieza de la Planta de Cocimiento de la Compañía de Cervezas Nacionales C.A."*. Guayaquil.
- WIKA. (15 de Febrero de 2017). *Principios de funcionamiento de un sensor de presión*. Recuperado el 10 de Julio de 2020, de <https://www.bloginstrumentacion.com>

WIKA. (2020). *Tipos de presión*. Recuperado el 10 de Julio de 2020, de Tipos de presión: https://www.wika.es/landingpage_differential_pressure_es_es.WIKA

Anexos