



Implementación de un sistema de monitoreo de nivel de agua mediante un controlador lógico programable en la cisterna de almacenamiento de la empresa

FUENTES SAN FELIPE S.A.

Fernández Zurita, Charlie José y Tipantuña Ayala, Jeferson Matias

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación.

Trabajo de integración curricular, previo a la obtención del título de Tecnólogo en
Automatización e Instrumentación.

Ing. Pilatasig Panchi, Pablo Xavier

08 de febrero de 2023

Latacunga



Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación

Certificación

Certifico que el trabajo de integración curricular: **“Implementación de un sistema de monitoreo de nivel de agua mediante un controlador lógico programable en la cisterna de almacenamiento de la empresa FUENTES SAN FELIPE S.A”** fue realizado por los señores **Fernández Zurita, Charlie José y Tipantuña Ayala, Jeferson Matias**, el mismo que cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE; además, fue revisado y analizada en su totalidad por la herramienta de prevención y/o verificación de similitud de contenidos; razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que se lo sustente públicamente.

Latacunga, 08 de febrero de 2023.

Firma:

Ing. Pilatasig Panchi, Pablo Xavier

C. C.: 0502307564



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN

Responsabilidad de Autoría

Nosotros, **Fernández Zurita, Charlie José**, con cédula de ciudadanía N° 1726372111, y **Tipantuña Ayala, Jeferson Matias** con cédula de ciudadanía N° 0504428921, declaramos que el contenido, ideas y criterios del trabajo de integración curricular: "Implementación de un sistema de monitoreo de nivel de agua mediante un controlador lógico programable en la cisterna de almacenamiento, perteneciente a la empresa FUENTES SAN FELIPE S.A" es de nuestra autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 08 de febrero de 2023.

.....
Fernández Zurita, Charlie José

C.C.: 1726372111

.....
Tipantuña Ayala, Jeferson Matias

C.C.:0504428921



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN

Autorización de Publicación

Nosotros **Fernández Zurita, Charlie José**, con cédula de ciudadanía N° **1726372111**, y **Tipantuña Ayala, Jeferson Matias** con cédula de ciudadanía N°**0504428921** ,autorizamos a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar el trabajo de integración curricular: **“Implementación de un sistema de monitoreo de nivel de agua mediante un controlador lógico programable en la cisterna de almacenamiento, perteneciente a la empresa FUENTES SAN FELIPE S.A”** en el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra responsabilidad.

Latacunga, 08 de febrero de 2023.

Fernández Zurita, Charlie José

C.C.: 1726372111

Tipantuña Ayala, Jeferson Matias

C.C.: 0504428921

Dedicatoria

Primeramente, A Dios por las bendiciones
y por permitir haber logrado
concluir con este sueño anhelado.

A mi abuelita Consuelo que a pesar que
ya no este conmigo siempre ha sabido guiarme
para no ir por el mal camino y aun
cada día estoy seguro que me cuida
desde el cielo.

A mi madre Joaquina por siempre apoyarme
y darme ánimos para continuar,
por decirme tantas veces que sea constante,
que todo se puede lograr.

A mi padre Miguel, aunque tenemos diferencias
siempre me a ayudado a ser perseverante
y en los momentos duros ha demostrado
la importancia de los hijos

A mis hermanos por darme esa fuerza,
para no rendirme por los consejos,
de que siempre puedo más y siempre demostrarme
el cariño para continuar hacia adelante.

CHARLIE JOSÉ FERNÁNDEZ ZURITA

Primeramente, a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud, ser el manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor, a mi madre por haberme apoyado en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

Dedico este trabajo a mi hijo Dylan Tipantuña por quien he luchado quien me ha dado un amor incomparable, y seguiré luchando por días mejores.

A mis maestros de la universidad por su gran apoyo y motivación para la culminación de nuestros estudios profesionales, por su apoyo ofrecido en este trabajo, por haberme transmitidos los conocimientos obtenidos y haberme llevado pasó a paso en el aprendizaje.

JEFERSON MATIAS TIPANTUÑA AYALA

Agradecimiento

Agradezco a mi familia y amigos,
Por siempre darme consejos,
de que siempre todo tiene solución,
y que rendirse no es una opción.

A mis maestros por impartir sus conocimientos
y su experiencia para lograr así
un mejor aprendizaje de la carrera que elegí

Agradezco a la Universidad de la Fuerzas
Armadas Espe por permitirme formarme
en sus instalaciones y poder adquirir
los conocimientos necesarios
en sus laboratorios y aulas.

CHARLIE JOSÉ FERNÁNDEZ ZURITA

Primeramente, agradezco a Dios por ser nuestro creador, el motor de nuestras vidas, por no haber dejado que nos rindiéramos e iluminarnos para salir adelante, porque todo lo que hicimos fue para gloria y honra de él, ya que nos brinda la sabiduría, fuerza, paciencia, así como la iluminación necesaria para poder llevar a cabo la culminación de nuestro trabajo, por todas las bendiciones que obtuvimos de su parte.

Agradecer a cada una de nuestras familias de parte de ellos hemos recibido apoyo moral, económico y espiritual, los cuales han sacrificado mucho para vernos triunfar y ya que si no fuese de esa manera quizá no estuviéramos en el nivel que nos encontramos.

Finalmente agradezco a cada uno de los integrantes del grupo, que hicimos este trabajo investigativo y de campo ya que hemos estado en situaciones difíciles, donde hemos aprendido a tener espíritu de compañerismo ayudándonos unos a otros en varios momentos.

Agradezco a la empresa quien nos supo dar la oportunidad de realizar este trabajo en esta prestigiosa empresa como es Fuentes San Felipe SA

JEFERSON MATIAS TIPANTUÑA AYALA

ÍNDICE DE CONTENIDO

Carátula	1
Reporte de verificación de contenidos.....	2
Certificación	3
Responsabilidad de Autoría.....	4
Autorización de Publicación	5
Dedicatoria	6
Agradecimiento.....	8
Índice de contenido	10
Índice de tablas.....	14
Índice de figuras	15
Resumen.....	17
Abstract	18
Capítulo I: Introducción.....	19
Tema	19
Antecedentes.....	19
Planteamiento del Problema.....	19
Justificación.....	20
Objetivos	20
<i>Objetivo general</i>	<i>20</i>

	11
Objetivos Específicos	21
Alcance.....	21
Capítulo II: Marco teórico	22
Industria de alimentos y bebidas	22
Sistemas Automatizados.	23
<i>Pirámide de Automatización.....</i>	24
Automatismo.....	26
<i>Variable controlada y variable manipulada en el control automático de los procesos</i>	26
<i>Tecnologías aplicadas en automatización</i>	27
<i>Lógica cableada</i>	27
<i>Lógica programada.....</i>	27
<i>Sistemas de control</i>	32
<i>Controlador autómeta programable (PLC)</i>	32
Elementos primarios de control	34
Sensor.....	35
<i>Tipos de sensores.....</i>	35
<i>Según el aporte de energía.....</i>	35
<i>Según la señal de salida.....</i>	35
<i>Según la variable física a medir</i>	36
Transductor.....	37

	12
Medición de flujo	37
<i>Los medidores de flujo por presión diferencial</i>	<i>38</i>
<i>Medidores de desplazamiento positivo</i>	<i>38</i>
<i>Medidores Vortex</i>	<i>38</i>
<i>Medidores Coriolis</i>	<i>38</i>
<i>Medidores electromagnéticos</i>	<i>38</i>
<i>Medidores de área variable</i>	<i>39</i>
<i>Medidores de turbina</i>	<i>39</i>
<i>Medidores ultrasónicos</i>	<i>39</i>
<i>Medición de nivel</i>	<i>39</i>
Instrumentación y actuadores.....	39
Elementos finales de control	40
Capítulo III: Desarrollo del tema.....	41
Situación anterior de la planta.....	42
<i>Detalles de la situación del conexionado anterior del tablero.....</i>	<i>44</i>
Características del proceso	50
Diseño del monitoreo de nivel.....	50
Selección del hardware	51
<i>Autómata programable</i>	<i>51</i>
<i>Sensor ultrasónico maxsonar</i>	<i>52</i>
<i>Touch panel KTP600.....</i>	<i>52</i>

	13
Selección del software	53
<i>Programación en TIA Portal V17.....</i>	<i>53</i>
<i>Desarrollo del programa principal para el monitoreo del nivel de agua en cisterna.</i>	<i>59</i>
<i>Diseño del HMI en TIA Portal v17.....</i>	<i>61</i>
Diseño del tablero.....	65
Conexión del S7-1200 y KTP600 Basic	66
Diagrama de conexión.	67
<i>Diagrama de alimentación del PLC.....</i>	<i>67</i>
<i>Diagrama de entradas.....</i>	<i>67</i>
Lavado de filtros de grava, arena y carbón.	68
Marquillado etiquetado en el tablero de control de almacenamiento y tratado de agua.....	70
Capítulo IV: Conclusiones y recomendaciones.....	72
Conclusiones	71
Recomendaciones	72
Bibliografía	73
Anexos.....	77

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 <i>Tecnologías aplicadas en automatización</i>	27
Tabla 2 <i>Características técnicas del PLC S7-1200 modelo 6ES7 214-1BE30-0XB0</i>	51
Tabla 3 <i>Características técnicas del sensor ultrasónico</i>	52
Tabla 4 <i>Características técnicas del Touch panel KTP600</i>	53

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 <i>Diagrama de flujo para el proceso industrial de las aguas de bebida envasadas</i>	23
Figura 2 <i>Pirámide de Automatización</i>	24
Figura 3 <i>Elementos básicos del diagrama de escalera</i>	29
Figura 4 <i>Redes FBD</i>	30
Figura 5 <i>Secuencia de pasos en un módulo SFC</i>	31
Figura 6 <i>Arquitectura interna de un PLC</i>	33
Figura 7 <i>Diseño en solidworks de la cisterna de la empresa fuentes San Felipe SA</i>	41
Figura 8 <i>Llenado de cisterna y sistema mecánico de cierre de paso del líquido</i>	42
Figura 9 <i>Tubería desde el medidor de agua hacia la cisterna</i>	42
Figura 10 <i>Válvula tipo flotador</i>	43
Figura 11 <i>Monitoreo de nivel del agua de la cisterna a escala estudiantil</i>	43
Figura 12 <i>Programación del control de caldero ingresada en el relé logo programable</i>	44
Figura 13 <i>Parámetros para la activación de la bomba de llenado de tanques</i>	45
Figura 14 <i>Parámetros para la activación de la bomba de llenado de botellones y mixer</i>	46
Figura 15 <i>Proceso de lavado de tanque de carbón</i>	46
Figura 16 <i>Proceso de lavado de tanque de grava y arena</i>	47
Figura 17 <i>Tablero de control de almacenamiento de agua situación anterior</i>	48
Figura 18 <i>Diagrama de potencia</i>	49
Figura 19 <i>Tablero instalado en el cuarto de almacenamiento y tratado de agua</i>	50
Figura 20 <i>Vista frontal del S7-1200</i>	51
Figura 21 <i>Vista frontal de la KTP600 Basic</i>	53
Figura 22 <i>Creación de un nuevo proyecto y designación del nombre en TIA Portal V17</i>	54
Figura 23 <i>Agregar dispositivo PLC en TIA Portal V17</i>	55
Figura 24 <i>Agregar un dispositivo HMI en TIA Portal V17</i>	55

	16
Figura 25 <i>Conexión profinet entre HMI Y PLC.....</i>	56
Figura 26 <i>Asignación de la IP al PLC S7-1200.....</i>	57
Figura 27 <i>Asignación de la IP al KTP600 Basic.....</i>	57
Figura 28 <i>Asignación de los tags a las entradas del S7-1200</i>	58
Figura 29 <i>Asignación de los tags a las salidas del S7-1200</i>	58
Figura 30 <i>Asignación de los tags para el control mediante KTP600 Basic</i>	59
Figura 31 <i>Programación en el primer segmento arranque de la medición de nivel.....</i>	60
Figura 32 <i>Programación en el segundo segmento</i>	60
Figura 33 <i>Opciones para el diseño de la KTP600 Basic.....</i>	61
Figura 34 <i>Diseño del templates con el logo de la universidad</i>	61
Figura 35 <i>Diseño de la pantalla principal del HMI.....</i>	62
Figura 36 <i>Programación de la pantalla de monitoreo de nivel de agua en la cisterna.....</i>	63
Figura 37 <i>Selección del evento para el botón monitoreo del nivel de la cisterna</i>	64
Figura 38 <i>Selección del evento para la cisterna</i>	64
Figura 39 <i>Diseño del tablero de control de monitoreo</i>	65
Figura 40 <i>Conexión profinet con cable de red.....</i>	66
Figura 41 <i>Alimentación del plc a 110V.....</i>	67
Figura 42 <i>Conexión de las entradas del S7-1200.....</i>	68
Figura 43 <i>Filtros de grava arena y carbón.....</i>	69
Figura 44 <i>Conexión de las salidas del logo a las electroválvulas que controlan el lavado de los filtros.....</i>	69
Figura 45 <i>Diseño del tablero de control del almacenamiento y tratado de agua</i>	70

Resumen

El presente trabajo de integración curricular consiste en la implementación de un sistema de monitoreo de nivel de agua mediante un controlador lógico programable en la cisterna de almacenamiento, perteneciente a la empresa FUENTES SAN FELIPE S.A, la medición de nivel consiste en medir la altura a la que se encuentra la superficie vacío de líquido desde un punto de referencia para esto debemos conocer cada uno de métodos tecnológicos de medición, debido a que esta cisterna necesita ser monitoreada y así poder obtener un buen funcionamiento y rendimiento de agua al almacenarse, es un muy importante mejorar este sistema de monitoreo y visualizarlo en un HMI, emitido por un sensor ultrasónico, el problema empieza al llenarse por lo que sobrepasa los niveles máximos y empieza a desbordarse o a veces llega al mínimo y queda la planta sin agua por lo que es muy importante implementar este sistema de monitoreo por eso es muy importante implementar sensores que detectan el nivel de agua los que transmiten una señal a un controlador lógico programable y éste proceso será visualizado en un sistema HMI directamente en el área de control de la empresa, para evitar el desbordamiento de agua se colocará alarmas para que el operario se traslade a cerrar la válvula para así poder evitar cualquier tipo de accidentes o incidentes en esta empresa ya que hay personas que trabajan a diario cerca de esta cisterna y velar la seguridad de cada uno de los trabajadores.

Palabras clave: Controlador Lógico Programable (PLC) Monitoreo De Nivel De Agua, HMI, Sensor Ultrasónico

Abstract

The present work of curricular integration consists of the implementation of a water level monitoring system through a programmable logic controller in the storage cistern, belonging to the company FUENTES SAN FELIPE S.A, the level measurement consists of measuring the height at the that the surface is empty of liquid from a reference point for this we must know each of the technological methods of measurement, because this cistern needs to be monitored and thus be able to obtain a good operation and yield of water when stored, it is a very It is important to improve this monitoring system and visualize it on an HMI, emitted by an ultrasonic sensor, the problem begins when it is filled, so it exceeds the maximum levels and begins to overflow or sometimes it reaches the minimum and the plant is left without water, which is why it is very It is important to implement this monitoring system, so it is very important to implement sensors that detect the water level which A signal is transmitted to a programmable logic controller and this process will be visualized in an HMI system directly in the company's control area. To avoid water overflow, alarms will be placed so that the operator moves to close the valve in order to avoid any kind of accidents or incidents in this company since there are people who work near this cistern on a daily basis and ensure the safety of each one of the workers.

Keywords: Programmable Logic Controller (PLC) Water Level Monitoring, HMI, Ultrasonic Sensor

Capítulo I

Introducción

Tema

Implementación de un sistema de monitoreo de nivel de agua mediante un controlador lógico programable en la cisterna de almacenamiento de la empresa FUENTES SAN FELIPE S.A.

Antecedentes

Lopez Camacho (2022) realizó la tesis titulada “Sistemas de monitoreo de consumo y niveles de agua en cisternas de ITTG”, el cual consiste en el diseño e implementación de un prototipo de medidor de nivel a través de un sensor ultrasónico, el cual censará los niveles de agua y enviará la señal a la interfaz de MyOpenLab y visualizar el nivel en cada momento en un dispositivo móvil.

En el segundo trabajo revisado, los autores Granja Heredia y Casco Brito (2010), realizaron el “Diseño e Implementación de un Sistema de Control y Monitoreo Automático de Agua en una Cisternas Utilizando Radiofrecuencias “, donde le permite controlar y monitorea el abastecimiento de agua en la cisterna con un rendimiento aceptable y óptimo.

Planteamiento del Problema

En la Empresa Fuentes San Felipe S.A ubicada en la ciudad de Latacunga en la provincia de Cotopaxi, existe una cisterna de 3.15m de altura en el “cuarto de tratado de agua”, que almacena agua utilizada como materia prima de sus productos estos son, agua con gas y sin gas, además, también el agua es utilizada para lavar los botellones. La cisterna posee un detector tipo flotador, instalado años atrás, en la parte superior para detectar nivel máximo. Cuando la cisterna se llena, el flotador envía una señal para cortar el flujo de ingreso de agua.

De hecho, el funcionamiento del detector no es fiable ya que, en ocasiones funciona y otras deja de funcionar lo que ha provocado que el agua se desborde causando pérdidas económicas además podría generar accidentes al personal que labora en dicho lugar.

Para evitar dichos problemas se necesita un sistema de monitoreo de agua en tiempo real, compuesto por un transmisor de nivel conectado a un PLC (controlador lógico programable) y mediante comunicación Ethernet, el controlador enviará la información al HMI para visualizar el nivel de agua de la cisterna.

Justificación

Los sistemas automatizados han ido mejorando de acuerdo con las necesidades de las empresas los cuales permiten mejorar, construir o adaptar un sistema lo cual genera un impacto beneficioso para el usuario que desea implementar estos sistemas en las empresas.

Es así que, la implementación de un sistema de monitoreo permitirá supervisar el nivel de agua de la cisterna de captación del líquido para evitar derrames y por tanto evitar desperdicios debido a que, el operador conocerá en cada momento el nivel dentro del tanque.

Al tener un sistema de monitoreo del nivel del agua permitirá conocer la cantidad de agua que se almacena en la cisterna y así evitar que se desperdicie por desbordamiento, lo cual podría generar un impacto positivo en su economía por ahorro en las planillas del servicio ya que ellos compran el líquido a la empresa de agua potable.

Objetivos

Objetivo general

Implementar un sistema de monitoreo de nivel de agua mediante un controlador lógico programable en la cisterna de almacenamiento de la empresa Fuentes San Felipe S.A.

Objetivos Específicos

- Analizar el proceso de llenado de la cisterna de agua en Fuentes San Felipe S.A.
- Investigar las características técnicas y económicas de los instrumentos, el controlador lógico programable y del HMI para el monitoreo del nivel de agua.
- Diseñar e implementar un sistema de monitoreo de nivel de agua en la cisterna de almacenamiento.

Alcance

El presente trabajo que se va a realizar en la empresa Fuentes San Felipe S.A consiste en la implementación de un sistema de monitoreo instalado en una computadora ubicada en las oficinas del departamento de mantenimiento y producción. El nivel será medido por un transmisor de nivel instalado en la parte superior del tanque. Además, se instalará una señal luminosa para advertir que el nivel está alcanzado el máximo.

Capítulo II

Marco teórico

Industria de alimentos y bebidas

Las industrias alimenticias son varias actividades que intervienen en la elaboración de productos alimenticios, desde la adquisición de materia prima de origen vegetal o animal, hasta la transformación esta materia prima en un producto final para la distribución y consumo humano o animal (Avila Rita, 2012).

Al hablar de industrias alimenticias, se habla de un sin número de materia primas, proveedores, productos, sobre todo distintos procesos a lo largo de producción volviendo complejo definir o generalizar inconvenientes o cuellos de botella que se suscitan en su proceso productivo puesto que cada empresa tiene sus particularidades detrás de este producto final (Sanchez Maria, 2003).

Las industrias alimenticias se ven enroladas en una serie de pasos u operaciones (procesos productivos) para lograr no solo la satisfacción del cliente en sus gustos y preferencias sino también al verla que dicho producto esté libre de riesgo o contaminación para su consumo (España Sara, 2018).

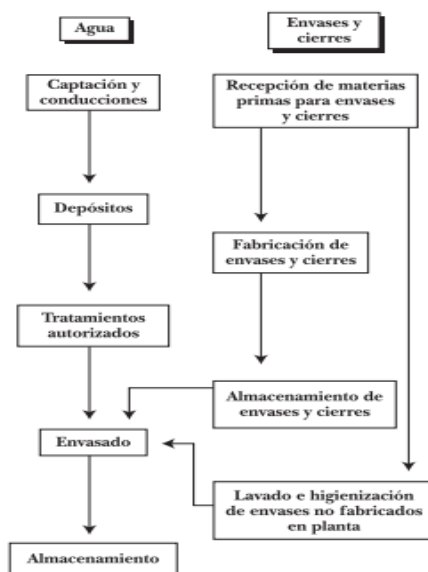
En el Ecuador existen varias empresas que producen bebidas de agua con gas y sin gas, en algunas ciudades del país como la Guitig, Tesalia, Manantial, San Felipe, entre los más conocidas (Lopez Carlos, 2011).

El proceso de envasado comienza con el almacenamiento de agua en la cisterna desde donde se bombea hacia las líneas de producción, ahí sufre un tratamiento de purificación y desinfección. El proceso de purificación consiste en hacer pasar el agua a través de microfiltros en donde se retienen impurezas que pudieren encontrarse. Luego pasa al proceso de desinfección para lo cual, el agua pasa a través de dispositivos de luz ultravioleta y

ozonización. Esta agua es embotellada directamente o bien se utiliza en la preparación de bebidas con o sin gas (Gallardo Elisa, 2013).

Figura 1

Diagrama de flujo para el proceso industrial de las aguas de bebida envasadas.



Nota. En el siguiente diagrama se observa cómo es el proceso desde la captación hasta el almacenamiento del proceso de producción de bebidas envasadas tomado de (Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA), 1999).

Sistemas Automatizados.

Estos son sistemas que pueden controlar maquinaria o procesos industriales y también pueden reemplazar a los operadores. El grado de automatización de los procesos está determinado principalmente por factores económicos y tecnológicos, por lo que podemos encontrar una gama muy amplia y variada, dependiendo de los objetivos que se alcancen, lo que significa que abarca varios elementos de los equipos industriales, incluyendo sensores, campo detectores, sistemas de monitoreo y control, sistemas de comunicación y adquisición de

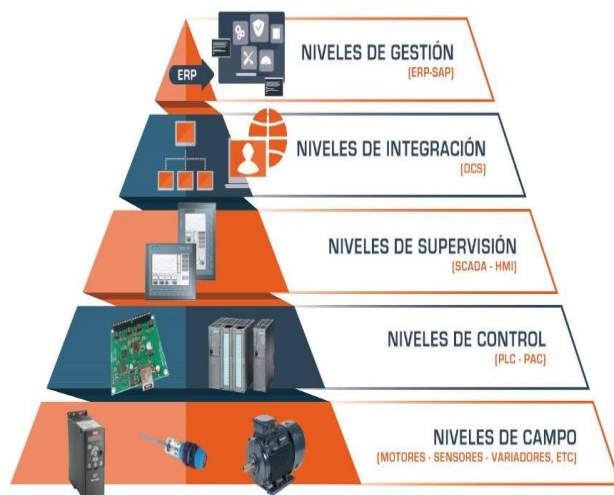
datos, así como aplicaciones en tiempo real para monitorear y controlar operaciones en plantas o procesos de manufactura (Guitierrez Marllelis y Iturralde Sadi, 2017).

Pirámide de Automatización

La Pirámide de Automatización es un ejemplo teórico visual que explica los 5 niveles que implica el proceso de automatización, para que se integren todas las tecnologías relacionadas. Se lee de abajo hacia arriba, teniendo en cuenta todas las conexiones entre diferentes tecnologías. Así surgió el estándar ISA95, también conocido como pirámide de automatización. ISA (International Society of Automation) considera necesario estructurar la arquitectura de la planta agrupando diferentes componentes en diferentes niveles, interactuando entre sí y pasando a niveles superiores utilizando datos para la mejora de procesos (MES) o principalmente para la gestión empresarial. (ERP). El modelo ISA-95 es algo tal cómo se muestra en la Figura 2 (López Lourdes, 2015).

Figura 2

Pirámide de Automatización.



Nota. Tomado de (Ruedas Escobar, 2008).

- ***Nivel de campo***

Como nos indica su nombre son aquellos equipos que son instalados en campo como son los actuadores, sensores y otros dispositivos que son esenciales para la producción y monitoreo (Angulo Andrea y Valqui Carolina, 2013).

- ***Nivel de control***

Este nivel tiene por objeto controlar procesos secuenciales por medio de ordenadores especializados como el caso de los Controladores Lógicos Programables (PLC), que reciben señales de entrada y salida de los interruptores, actuadores y sensores, los que son los encargados de cumplir con la secuencia programada, en tiempos establecidos. Para la comunicación entre el nivel de control y de supervisión podemos usar el protocolo de comunicación como a través de la pasarela comúnmente para la comunicación. (Recabarren Arturo, 2017).

- ***Nivel de supervisión***

Es aquí donde por medio de la HMI, se representa gráficamente los niveles de campo y control, es así que se crea una interfaz intuitiva entre la máquina y el hombre, donde facilita la interacción y supervisión del proceso en tiempo real. Aquí es donde tenemos la fase de comunicación que es conocida por OPC (Ole for Process Control) para que los softwares se comuniquen entre ellos (Field Linette,2009).

- ***Nivel de planeación***

Para este nivel es comúnmente utilizado un sistema de gestión informático MES o también conocido como un sistema de ejecución de fabricación, es utilizado para el monitoreo de todo el proceso de producción de la planta y así poder visualizar los errores y poder corregir al instante, esto da paso a la gerencia de la empresa dado así

un panorama completo de las operaciones productivas, logísticas y de los procesos en general (Ramírez Pedro, 2019).

- ***Nivel de gestión***

La cabeza de la pirámide se encuentra la alta gerencia donde las empresas o las industrias tienen el control de las operaciones de su proceso correspondiente, así que utilizan tecnologías o sistemas como es el ERP (Enterprise Resource Planning), que permite a las grandes compañías el monitoreo de los procesos de manufactura, ventas, compras, y aspectos importantes para la organización de una empresa (Mejía Miguel y Acevedo Jaime, 2017).

Automatismo

Puede definirse como un sistema automatizado (sin intervención del operario), enfocados en cumplir las acciones adecuadas para cumplir con su función específica como se ha diseñado, como objetivo principal en las empresas es poder optimizar el tiempo, gastos y garantizando la calidad del producto (Morcelle del Valle Pablo, 2014).

Variable controlada y variable manipulada en el control automático de los procesos

La variable controlada, como nos indica es la cantidad o condición de la variable la cual podemos medir y controlar el proceso en ejecución, mientras que la variable manipulada es la cantidad o condición que puede ser alterado o modificado el valor de la variable controlada, es decir, la condición de que entra al proceso de forma de materia o energía (Szkłanny Sergio, 2017).

Tecnologías aplicadas en automatización

Para automatizar procesos industriales se distinguen dos diagramas: uno de control y otro de potencia, cuando hablamos del control del proceso, éste puede realizarse utilizando la lógica cableada o la lógica programada (Cruz Jesus, 2014).

Tabla 1.

Tecnologías aplicadas en automatización.

A. LOGICA CABLEADA	B. LOGICA PROGRAMADA
a) Electromagnética <ol style="list-style-type: none"> 1. Relés y contactores 2. Electro neumático 3. Electro hidráulica 4. Relés temporizadores 	a) Electrónica Programada <ol style="list-style-type: none"> 1. Autómatas Programables 2. Relés lógicos programables 3. Ordenadores industriales 4. Microcontroladores

Lógica cableada

La lógica cableada es de las más conocidas, comúnmente es conocida como la tradicional en la conexión de los dispositivos de protección como son el guardamotor, interruptores diferenciales, interruptores termomagnéticos, a lo que se se considera protecciones de ahí tenemos los transductores, eléctricos y electromecánicos como son los relés, contactores, manómetros y otros elementos de ser necesario para el proceso, que están conectados de por medio de conductores eléctricos (Castro Adrian, 2008).

Lógica programada

Es la forma que actualmente se realiza la conexión de los dispositivos que incluyen los controladores logicos programable (PLC), a diferencia de la lógica cableada este reemplaza los elementos de sistema de control, como son los contactores auxiliares de relés electromecánicos, contadores de potencia, relés, temporizadores, etc., con la ayuda de PLC,

en la programación se pueden realizar modificaciones sin necesidad de alterar el cableado (Castro Adrián, 2008).

El estándar internacional IEC-61131 Controladores Programables define las especificaciones de los sistemas basados en Controladores Lógicos Programables (PLC) tanto en hardware como en software para el desarrollo de algoritmos por los usuarios y responsables de procesos industriales (International Electrotechnical Commission, 2003).

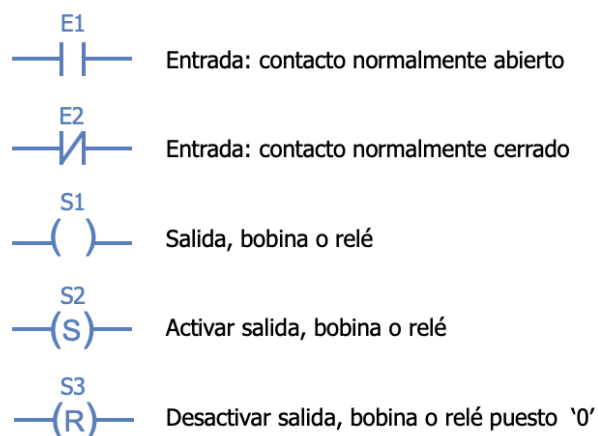
En el apartado IEC-61131-3 se propone la sintaxis y semántica de cinco lenguajes de programación: Diagrama Escalera, Lista de Instrucciones, Diagrama de Bloques de Funciones, Texto Estructurado y Diagrama de Funciones Secuenciales (International Electrotechnical Commission, 2003).

- ***Diagrama de escalera (Ladder)***

En base a la norma IEC-61131-8 (2003) ladder es un lenguaje de programación donde el principio de funcionamiento es de un circuito constituido por una bobina y contactos que pueden ser normalmente abiertos (NO) y normalmente cerrados (NC). Como lógica tenemos a los contactos, del lado izquierdo y las bobinas de lado derecho. Gráficamente el algoritmo de lenguaje Ladder se limita por dos líneas verticales que simulan el voltaje del sistema, tenemos por el lado izquierdo que simula la corriente en CD o AC, mientras que en la línea derecha simula el neutro (Brunete, Pablo, & Herrero, Introducción a la Automatización Industrial, 2020).

Figura 3

Elementos básicos del diagrama de escalera.



Nota. Tomado de (Siemens, Introducción a la Automatización Industrial, 2020)

- ***Lista de Instrucciones (STL)***

Esta lista de instrucciones o comandos (STL- Statement List), también es un compilador de SIEMENS, es el conjunto de términos que concierne a la memoria y son ejecutados de instrucciones que es traducido por el código de máquina, así como un modo de direccionamiento. Fue creado de acuerdo con los requisitos de idioma de la lista de guías IEC 61131-3 (o el equivalente alemán DIN EN-61131-3), con algunas ligeras diferencias a nivel conceptual (Brunete, Pablo, & Herrero, Introducción a la Automatización Industrial, 2020).

Las instrucciones básicas van a ser:

U: AND

UN: AND negada

O: OR

ON: OR negada

X: XOR

XN: XOR negada

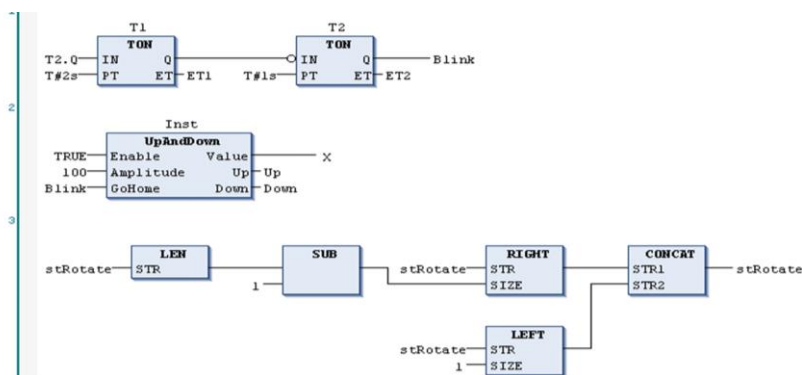
=: asignación

- **Diagrama de Bloques de Funciones (FBD)**

Este tipo de programación es mediante diagrama de bloques de funciones es un lenguaje de programación orientado gráficamente en diferentes aplicaciones. Funciona con una lista de redes que contiene una estructura gráfica de cuadros y líneas de conexión que representa una expresión lógica o aritmética, la llamada de un bloque de funciones. (Schneider Electric, 2019).

Figura 4

Redes FBD.



Nota. Tomado de (Schneider Electric, 2019).

- **Texto Estructurado**

Este texto estructurado también es un lenguaje de programación de alta gama o alto nivel, es muy parecido al PASCAL o el lenguaje tipo C. En sus líneas de programación consta de expresiones e instrucciones que permiten las funciones determinadas. En puede usar varias instrucciones para programar bucles, lo que permite desarrollar algoritmos complejos (Schneider Electric, 2019).

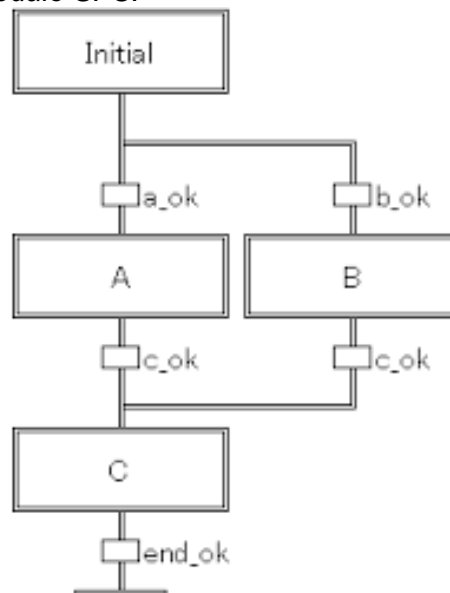
```
IF value < 7 THEN  
  WHILE value < 8 DO  
    value:=value+1;  
  END_WHILE;  
END_IF;
```

- **Diagrama de Funciones Secuenciales SFC**

Es el lenguaje más adecuado para la formulación y la programación de secuencias de la máquina. Se puede utilizar para definir los pasos, y sus respectivas condiciones de transición, así como ramificaciones alternativas y paralelas (Schneider Electric, 2019).

Figura 5

Secuencia de pasos en un módulo SFC.



Nota. Tomado de (Schneider Electric, 2019).

Sistemas de control

Un sistema de control es un conjunto de dispositivos capaces de administrar, ordenar, dirigir además de regular el comportamiento de otro sistema, con el fin de reducir las probabilidades de fallas y obtener los resultados deseados (Ogata Katsuhiko, 1997).

- ***Lazo abierto y lazo cerrado***

Un sistema en lazo abierto es aquél que la salida censada del proceso no es comparada con la señal de referencia, un sistema en lazo cerrado toma la salida del proceso y la compara con la señal de referencia para conocer en todo momento la evolución de la variable, por lo tanto, la diferencia entre un sistema de lazo abierto y lazo cerrado radica en el monitoreo constante de la variable que se desea controlar, el lazo abierto nunca sabe cómo la variable se comporta, mientras que el lazo cerrado conoce en todo momento la evolución de la variable (Caiza Luis, 2015).

Controlador autómatas programable (PLC)

El termino controlador lógico programable lo define el comité eléctrico internacional (IEC61131) parte 1 como:

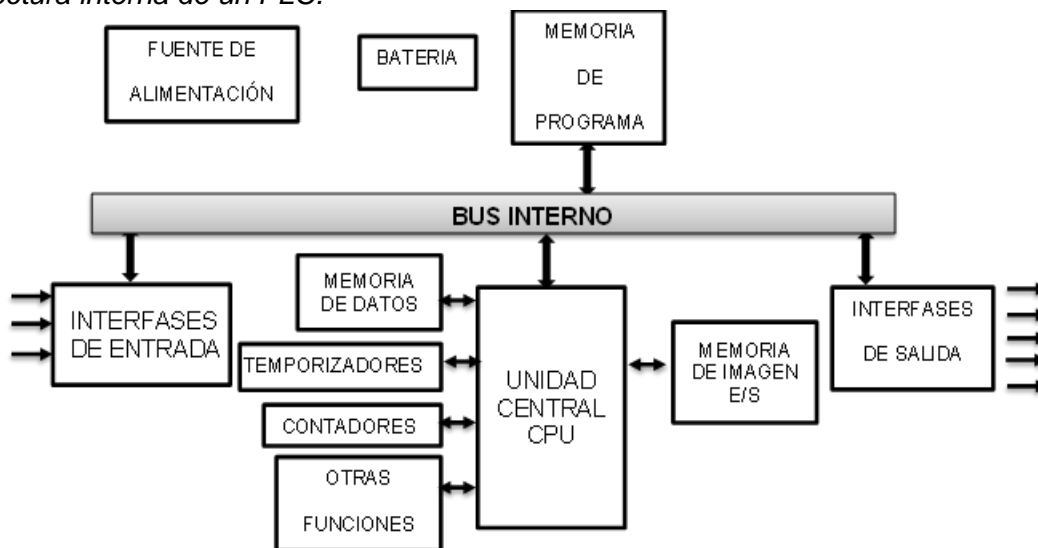
Un sistema electrónico de funcionamiento digital para ser empleado en el entorno industrial, que utiliza una memoria programable para el almacenamiento interno de instrucciones orientadas al usuario (Commission, 2003).

Realizan funciones específicas como enlaces lógicos, secuenciación, temporización, recuento y cálculo para controlar a través de entradas y salidas analógicas o digitales diferentes tipos de maquinarias o procesos (Commission, 2003).

Partes internas del autómatas programable.

Figura 6

Arquitectura interna de un PLC.



Nota. Tomado de (Arquitectura PLC, 2012).

- **Unidad central de proceso (CPU).**

El procesador es el «cerebro» del autómatas programable es unidad central de procesos o de procesamiento, se encarga de procesar datos que recibe continuamente. Efectúa decisiones lógicas y coordina diversas tareas ejecutando cálculos aritméticos y lógicos, entre otras funciones (Industrias gsl, 2021).

- **Memorias.**

Es el lugar o sitio donde se almacenan las instrucciones y los datos. La memoria de la PLC o procesador lógico programable, guarda los programas de los usuarios, toda la información de entrada y salida, datos de los temporizadores y toda una gran cantidad de constantes de control de los programas (Balcells Josep, 1997).

- **Módulos de entradas**

Facilita la conexión a diversos actuadores y señales para aplicaciones específicas, estas entradas están interconectadas a varios interruptores o pulsadores

que serán accionados automáticamente por la máquina o por el operario (Industrias gsl, 2021).

- **Módulos de salidas**

Controla las salidas de señales que pueden ser digitales. Los PLC activan una salida al instalar un voltaje al elemento empleado en el circuito. Las salidas, así como las entradas, manifiestan dos clases de valores de tensión eléctrica; ausente (inactiva) y presente (activa) (Industrias gsl, 2021).

- **Fuente de alimentación.**

Provee o produce toda la energía necesaria a la CPU y demás tarjetas tal como se haya configurado el PLC. La fuente de alimentación actúa como un controlador (Monsalve Julian, 2018).

- ***Una unidad de programación un dispositivo de programación, una computadora o un software.***

Se programa utilizando a un técnico especializado, con un software específico que pueda instalarse en un ordenador, cargar la información y cambiar la lógica del interior del dispositivo PLC (Aguilera Patricia, 2002).

Elementos primarios de control

Se considera como elemento primario de control a aquellos dispositivos que existen de manera individual e independiente del lazo, es decir aquellos elementos que están en contacto directo con la materia prima y se encargan de captar la variable a medir y producen cambios en las propiedades físicas que luego pueden transformarse en una señal (Acedo Jose, 2003).

Sensor

Es un dispositivo para detectar una condición de cambio, se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material (detección discreta). También puede ser un valor capaz de medirse, como un cambio de distancia, tamaño o color (detección analógica).

Los sensores realizan la comunicación entre el mundo físico y los sistemas de medición y/o control, tanto eléctricos como electrónicos, utilizados extensamente en todo tipo de procesos industriales y no industriales para propósitos de monitoreo, medición, control y procesamiento (Salas Paulina, 2018).

Tipos de sensores

La cantidad de sensores disponibles para realizar las mediciones de las distintas magnitudes físicas es muy elevada por lo cual se debe clasificarlos los cuales se expondrán aquí (Martinazzo Antonio, 2016).

Según el aporte de energía.

- **Moduladores o activos.**

Generan señales representativas de las magnitudes a medir en forma autónoma, sin requerir de fuentes externas de alimentación (Ortega, 2014).

- **Generadores o pasivos.**

Son aquellos que generan señales representativas de las magnitudes a medir por intermedio de una fuente auxiliar (Pallás Areny, 2003).

Según la señal de salida.

Según Albert Eduard la señal de salida es aquella en la que el valor de tensión o voltaje puede variar en cualquier instante de tiempo, es decir, para cada instante de tiempo existe un valor independiente del resto a estos se les conoce como transmisores (Alberti Eduardo, 2003).

- **Digitales.**

La señal de salida varía en forma de saltos o pasos discretos. Los sensores digitales no requieren conversión A/D, la transmisión de salida es más fácil de adquirir. A estos dispositivos se les conoce como detectores porque entrega dos estados: uno lógico y cero lógicos (Castro Rojas, 2008).

Según la variable física a medir

Las variables físicas son nivel, presión, temperatura, flujo.

En este sentido, cuando hablamos de mediciones es necesario conocer la definición de los siguientes términos.

Exactitud

Se refiere a cuán cerca del valor real se encuentra el valor medido también es el conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud, cuanto menor es la dispersión mayor la precisión, una medida común de la variabilidad es la desviación estándar de las mediciones y la precisión se puede estimar como una función de ella (Corrales Luis, 2007).

Precisión

Se refiere a la dispersión del conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud, cuanto menor es la dispersión mayor la precisión es el conjunto de valores obtenidos de mediciones repetidas de una magnitud, una medida común de la variabilidad es la desviación estándar de las mediciones y la precisión se puede estimar como una función de ella, es importante resaltar que la automatización de diferentes pruebas o técnicas puede producir un aumento de la precisión (Bautista José, 2003).

La precisión se dice que es la tolerancia de medida o de transmisión del instrumento y define los límites de los errores cometidos cuando el instrumento se emplea en condiciones normales de servicio (Corrales Luis, 2007).

Repetibilidad

Diferencia entre varias medidas realizadas en las mismas condiciones de material y de medio ambiente por el mismo operador en un periodo de tiempo corto. Las medidas se efectúan por desplazamiento de la punta y regreso a la posición inicial de manera homogénea. Valor expresado generalmente en micras (Szkłanny Sergio, 2017).

Resolución

Resolución, se refiere al número de bits empleados para representar en un medio discreto una imagen, sonido o magnitud, esta cantidad nos indica con cuanto detalle se puede apreciar la imagen o sonido (Flores Alberto, 2009).

Transductor

Convierte un tipo de energía en otro se puede aplicar a cualquier dispositivo conversor de energía; pero en particular, el transductor identifica a aquellos inversores que manejan señales con información (Flores Alberto, 2009).

Medición de flujo

Los medidores de flujo son instrumentos que monitorean, miden o registran la tasa de flujo, el volumen o la masa de un gas o líquido, tener acceso y control a estos datos de flujo precisos, oportunos y fiables es esencial para la calidad del producto, una mayor seguridad de las operaciones, el control de costos y el cumplimiento de las normas (Ramírez, Javier 2016).

Los medidores de flujo por presión diferencial

Emplean la ecuación de Bernoulli para medir el flujo de fluido dentro de una tubería. La ecuación de Bernoulli determina que la caída de presión a lo largo de la constricción es proporcional a la tasa de flujo al cuadrado (Adaniya Beatriz, 2013).

Medidores de desplazamiento positivo

Es la única tecnología de medición de flujo para medir directamente el volumen de fluido que pasa a través de una tubería (Sandoval Renato,2019).

Medidores Vortex

Emplean un principio llamado efecto von Kármán para medir líquidos, gases y vapores los medidores Vortex miden colocando una obstrucción llamada barra de vertido en la trayectoria del flujo, lo que crea vórtices de presión diferencial alterna (Silva Lennon,2018).

Medidores Coriolis

Su medición es el flujo de masa y la densidad a través de la inercia, el medidor de flujo abierto y sin obstrucciones identifica la tasa de flujo midiendo directamente la masa del fluido en un amplio rango de temperaturas con un alto grado de precisión (Chamba Yandry, 2016).

Medidores electromagnéticos

Emplea un conductor que se mueve por medio de un campo magnético produciendo una señal eléctrica dentro del conductor, la cual es directamente proporcional a la velocidad del agua que se mueve dentro del campo (Curo Víctor, 2018).

Medidores de área variable

Su principio de medición que detectan es flujo volumétrico de líquidos y gases, se coloca un orificio dentro del conjunto de pistón y se forma una abertura anular con el cono de medición contorneado (Goenaga Ripoll,2003).

Medidores de turbina

Aprovechan la energía mecánica que genera un líquido al hacer girar un rotor en la corriente de flujo, la velocidad de rotación del rotor es directamente proporcional a la velocidad del fluido que pasa por el medidor dando así una medida del nivel de flujo (Salazar Juan, 2010).

Medidores ultrasónicos

Miden la velocidad del fluido que fluye a través de la tubería, las dos formas para hacer esto son por tiempo de tránsito o tecnología Doppler, la tecnología Doppler mide la diferencia de frecuencia de las ondas sonoras reflejadas por las burbujas de gas o las partículas en la corriente de flujo (Quispe Delia, 2021).

Medición de nivel

Son transmisores de presión especiales para la medición del nivel hidrostático en tanques y pozos, detectan el nivel de líquidos, sólidos fluidos, materiales granulados y polvos que presenten una superficie superior libre (Rojas Adrian,2008).

Instrumentación y actuadores.

En esta etapa se cubre el funcionamiento de los sensores necesarios para la automatización de la estación, el actuador se utiliza para controlar el mecanismo o sistema en función de la señal que se le da al convertir la señal eléctrica en una acción potente la señal de

salida de los controladores o sistemas de control como DCS o PLC utilizados en instrumentación industrial se utilizan para controlar los actuadores (Rodríguez Dylan, 2010).

Elementos finales de control

Son los dispositivos encargados de transformar una señal de control en un flujo de masa o energía de la variable manipulada, es esta variable manipulada la que incide en el proceso causando cambios de la variable controlada lo más común en procesos es que la manipulación sea un caudal, de los diversos elementos finales de control (Ortiz Jose, 2016).

Capítulo III

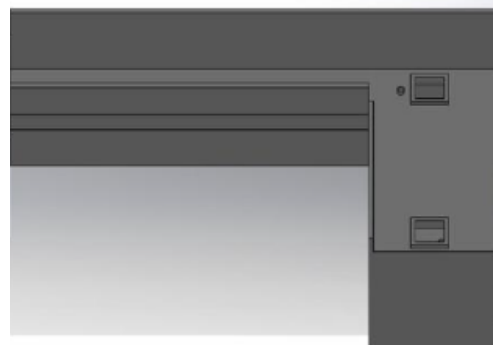
Desarrollo del tema

Fuentes San Felipe S.A es una empresa dedicada a la industria de bebidas con gas y sin gas, la empresa requiere el monitoreo del nivel de la cisterna de captación de agua para así poder dar un mejor rendimiento de agua y evitar pérdidas en la materia prima por desbordamiento del líquido.

Para repotenciar el tablero de control se busca corregir los errores en las conexiones además de un marquillado, peinado y mediante un controlador lógico programable implementar el monitoreo de nivel de agua en la cisterna de almacenamiento de la empresa Fuentes San Felipe S.A. para reducir el desperdicio de agua que se genera por falta de supervisión del nivel del líquido, apoyándose de una mejor manera en la tecnología automatizada que hoy en día brinda una mayor confianza dentro de la industria, enfocándose en minimizar gastos económicos y perdida de materia prima ya que esta cisterna almacena agua potable adquirida de la empresa municipal de agua potable de Latacunga.

Figura 7

Diseño en solidworks de la cisterna de la empresa fuentes San Felipe SA.



Situación anterior de la planta.

Al realizar el levantamiento de la información en campo el proceso de llenado de la cisterna es por la empresa pública de agua de Latacunga, conectado por tubería de 2" pulgadas ver Figura 9, el control de llenado es mediante un sistema mecánico (Boya) encargado de cerrar el paso del líquido al alcanzar el nivel requerido.

Figura 8

Llenado de cisterna y sistema mecánico de cierre de paso del líquido.



Figura 9

Tubería desde el medidor de agua hacia la cisterna.

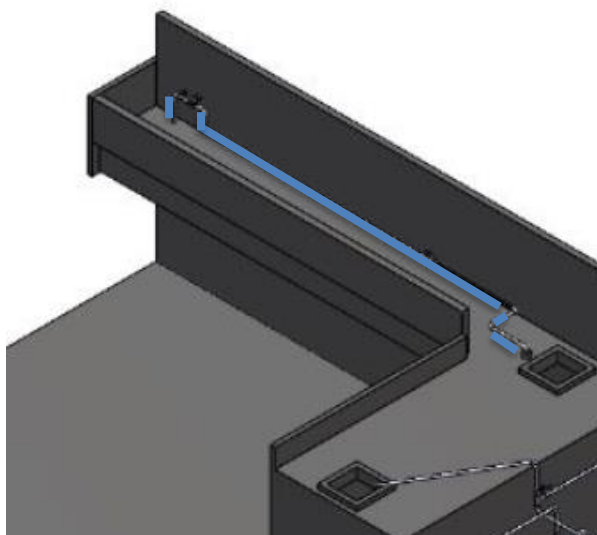
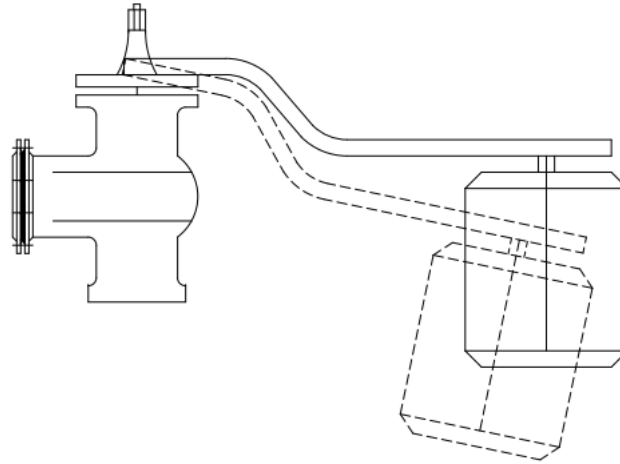


Figura 10

Válvula tipo flotador.



Existe monitoreo de nivel del líquido con un sensor ultrasónico mediante un Arduino realizado por estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas Espe, este monitoreo es a escala estudiantil y es visualizado en una pantalla LCD de 16x2 que se encuentra al costado derecho del tablero de control del cuarto de almacenamiento y tratado de agua.

Figura 11

Monitoreo de nivel del agua de la cisterna a escala estudiantil.



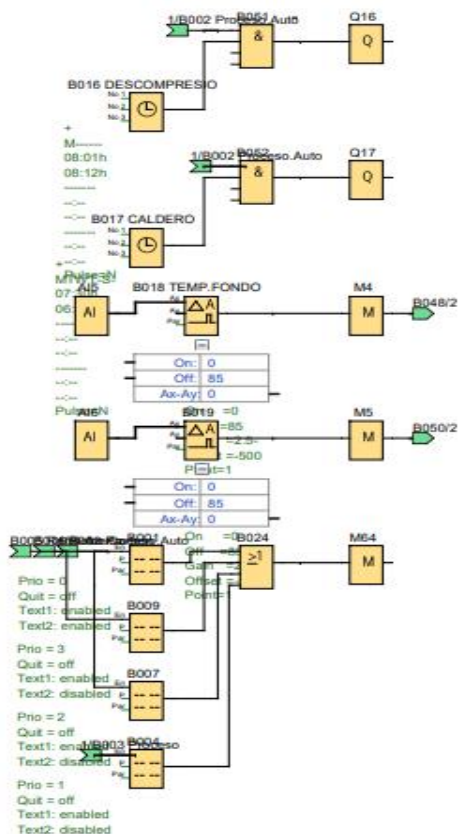
Detalles de la situación del conexionado anterior del tablero.

El tablero de control se encuentra ubicado en el cuarto de almacenamiento y tratado de agua es controlado por un relé lógico programable, al obtener la programación tenía muchas líneas con partes que no pertenecían al proceso de almacenamiento y tratamiento de agua.

En esta etapa de programación realizan el control de un caldero Q17 ver figura 12, que consta con entradas analógicas provenientes de transmisores de temperatura, cosas que en el cuarto de almacenamiento y tratado de agua no se encuentra, además después del levantamiento de la información las salidas del Logo no se encuentran conectadas.

Figura 12

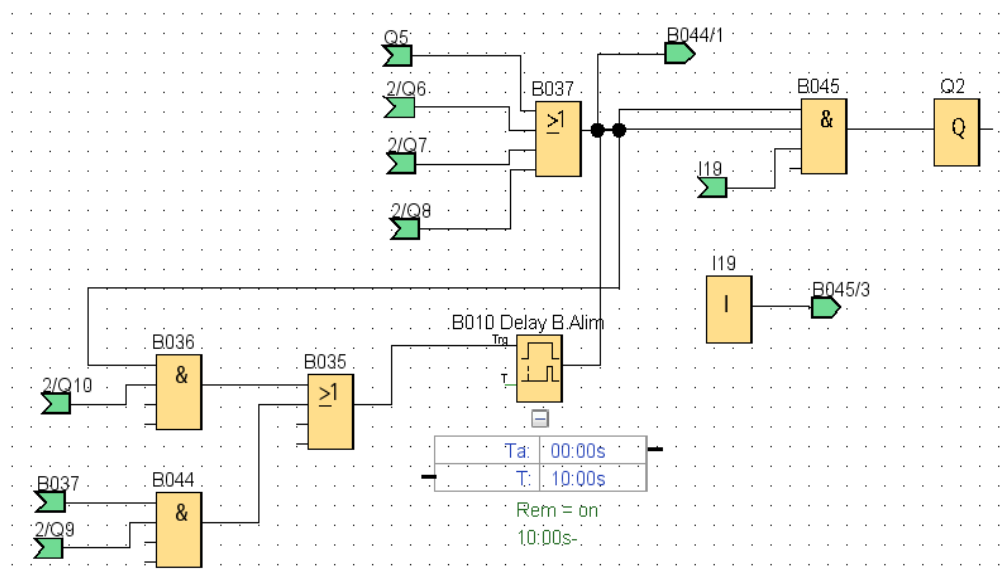
Programación del control de caldero ingresada en el relé logo programable.



Existe el control de las bombas de llenado de tanques, botellones y mixer el cual ya no funciona por tema que existen entradas que controlan el encendido, con el tiempo dejaron de funcionar por ejemplo el sensor de nivel tipo electrodo que controlaba el encendido del llenado de tanques por lo que ahora realizan el encendido de manera manual desde el guardamotor ver figura 13.

Figura 13

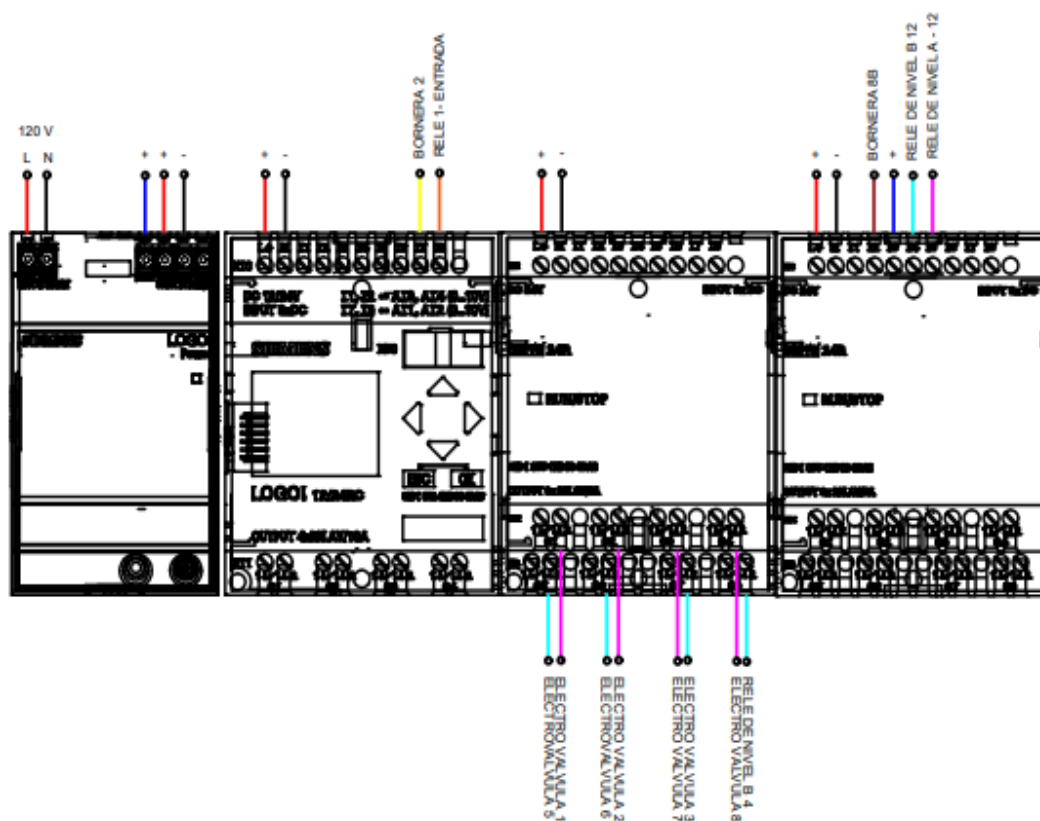
Parámetros para la activación de la bomba de llenado de tanques.



Para el control de encendido de la bomba de llenado de botellones y el mixer se debe activar el ozono y el ablandador de agua el cual envían dos señales a la entrada permitiendo la activación ver figura 14, el control de estas bombas dejó de funcionar de tal manera que ahora lo realizan de manera manual.

Figura 17

Tablero de control de almacenamiento de agua situación anterior.



- **Etapa de potencia.**

Para la etapa de potencia se realiza de manera manual el control se realiza del interruptor con el que cuenta el guardamotor dejando siempre enclavado el contactor alimentado a 220V.

Figura 18

Diagrama de potencia.

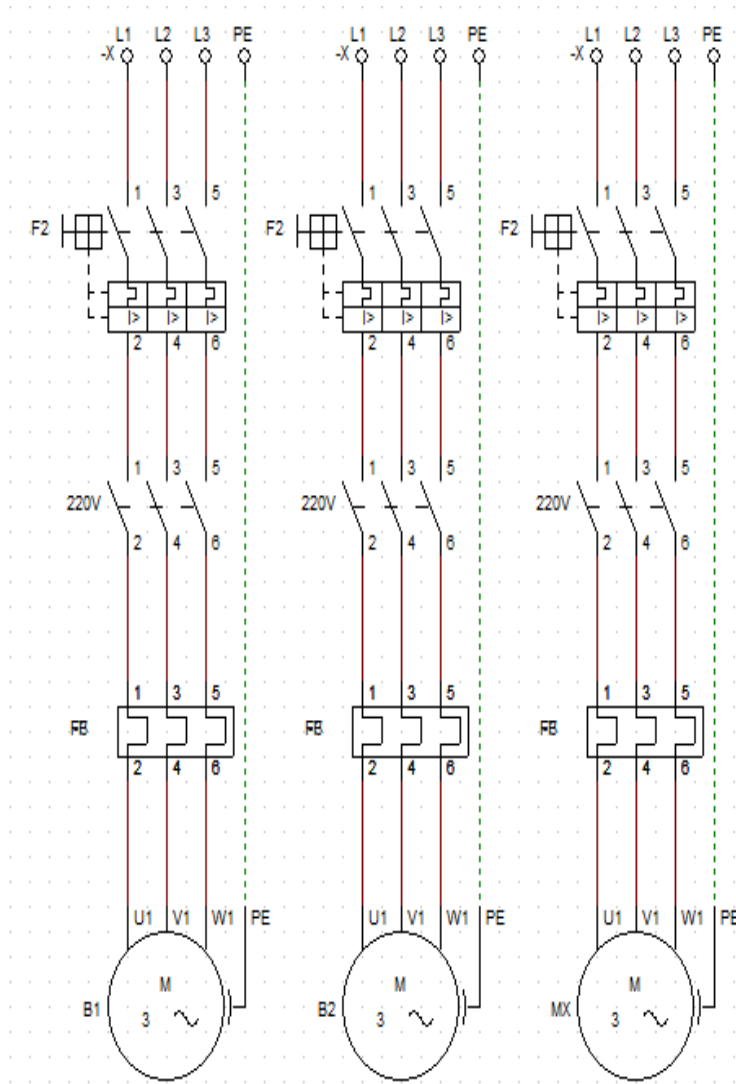
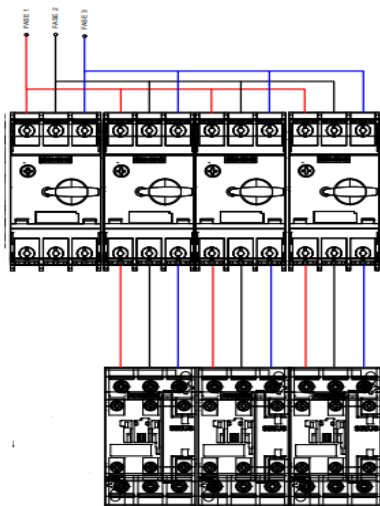
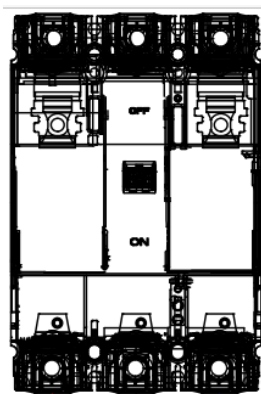
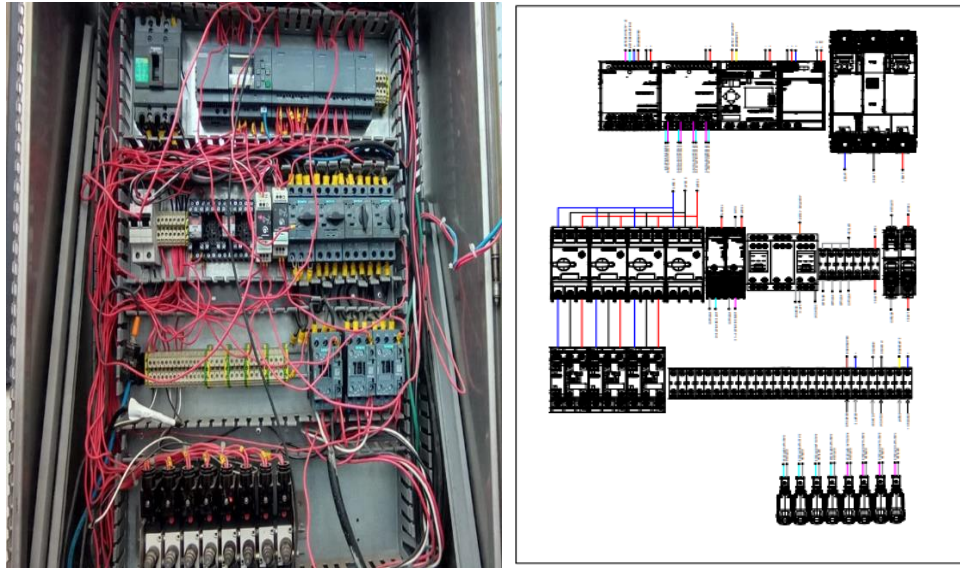


Figura 19

Tablero instalado en el cuarto de almacenamiento y tratado de agua.



Características del proceso

- Variable a medir: Nivel
- El agua no es corrosiva ni abrasiva.
- Nivel de líquido máximo del proceso 85%.

Diseño del monitoreo de nivel.

Se implementará el monitoreo de nivel de agua, para visualizar mediante una KTP600 Basic el nivel de agua que se encuentra en la cisterna, ya que esta se encarga del almacenamiento del agua para todo proceso de producción además de lavado de botellones, se empleará un controlador lógico programable (PLC) el cual se encargará de recibir la información del sensor ultrasónico, este sensor enviará una señal analógica de 4-20mA el cual será acondicionado para visualizar en función al nivel y volumen del líquido en la cisterna.

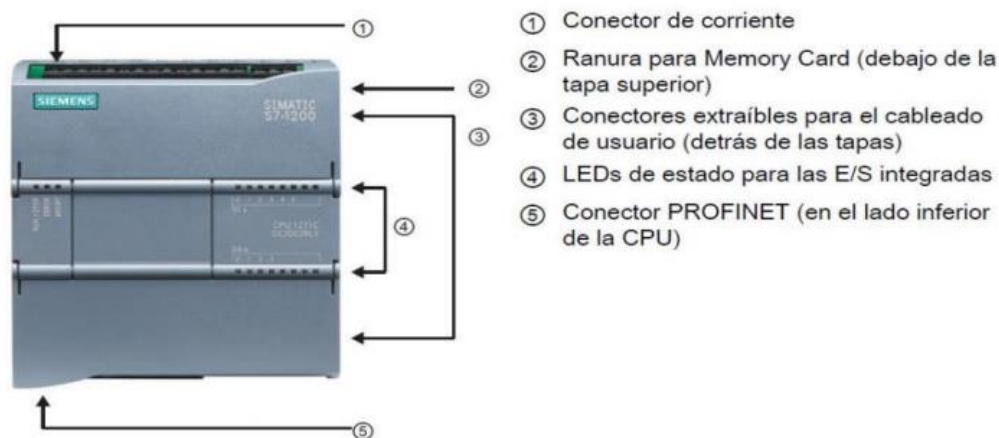
Selección del hardware

Autómata programable

Para la implementación del monitoreo de nivel de agua en a cisterna se requiere un controlador lógico programable que adquiera señales analógicas y el que se ajusta a las necesidades es el PLC S7-1200 modelo 6ES7 214-1BE30-0XB0. En la tabla 2, se muestra un resumen de las características técnicas.

Figura 20

Vista frontal del S7-1200.



Nota. Tomado de (Espino, 2019).

Tabla 2

Características técnicas del PLC S7-1200 modelo 6ES7 214-1BE30-0XB0.

Controlador Lógico Programable PLC S7-1200	
Designación de tipo de productos	CPU 1214 AC/DC/RLY
Voltaje de alimentación	120-230V
Entradas digitales	DI 14 x 24 VDC
Salidas	10 a Relé
Entradas analógicas	2 AI
Interfaz	Profinet

Nota. Tomado de (SIEMENS, 2020)

Sensor ultrasónico maxsonar

Es un sensor de precisión ultrasónica de alto rendimiento que proporciona detección de rango ultrasónico de alta precisión y alta resolución en el aire, diseñado para reducir el impacto de la condensación en espacios cerrados o con mucha humedad (rocío, escarcha, etc.) presentes en el ambiente y es una solución rentable para aplicaciones de automatización/control de procesos.

Tabla 3.

Características técnicas del sensor ultrasónico.

Sensor	4-20SC-MaxSonar
Voltaje de alimentación	10-32 VDC
Corriente de Salida	4-20 mA
Protección	IP67
Operación de rango de temperatura	-40°C a +65°C
Distancia de detección	50cm a 5m

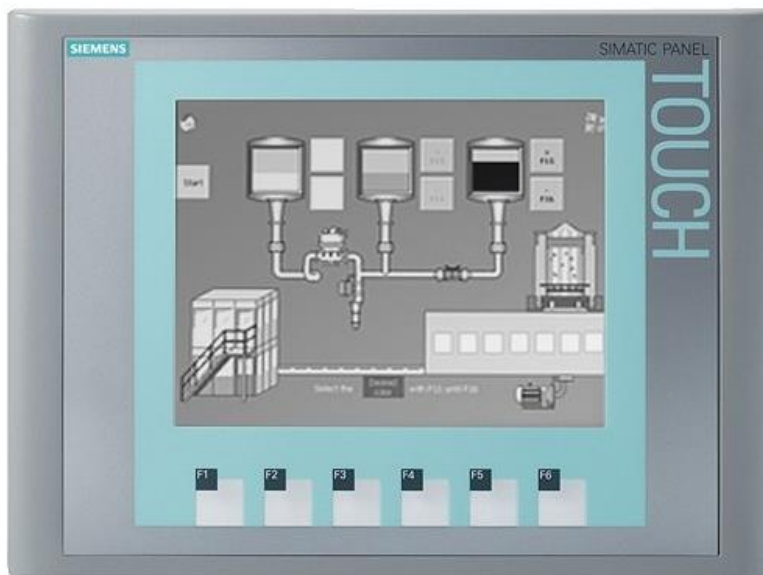
Nota. Tomado de (Maxbotix Inc., 2022)

Touch panel KTP600.

Para implementar el HMI se seleccionó el dispositivo táctil KTP600, a través de la red PROFINET se realiza la conexión entre el PLC y la pantalla táctil, con el programa TIA PORTAL se ejecuta las diferentes configuraciones y se añade las funcionalidades a cada botón del diseño.

Figura 21

Vista frontal de la KTP600 Basic



Nota. Tomado de (SIEMENS, 2020).

Tabla 4.

Características técnicas del Touch panel KTP600.

Touch panel 6AV6 647-0AB11-3AX0	
Alimentación	24V
Tamaño de pantalla	6" Pulgadas
Rango de alimentación bajo permisible	19.2 V
Rango de alimentación alto permisible	28.8 V
Teclas de funciones	6
Grado de protección IP	IP 66

Nota. Tomado de (SIEMENS, 2020)

Selección del software

Programación en TIA Portal V17.

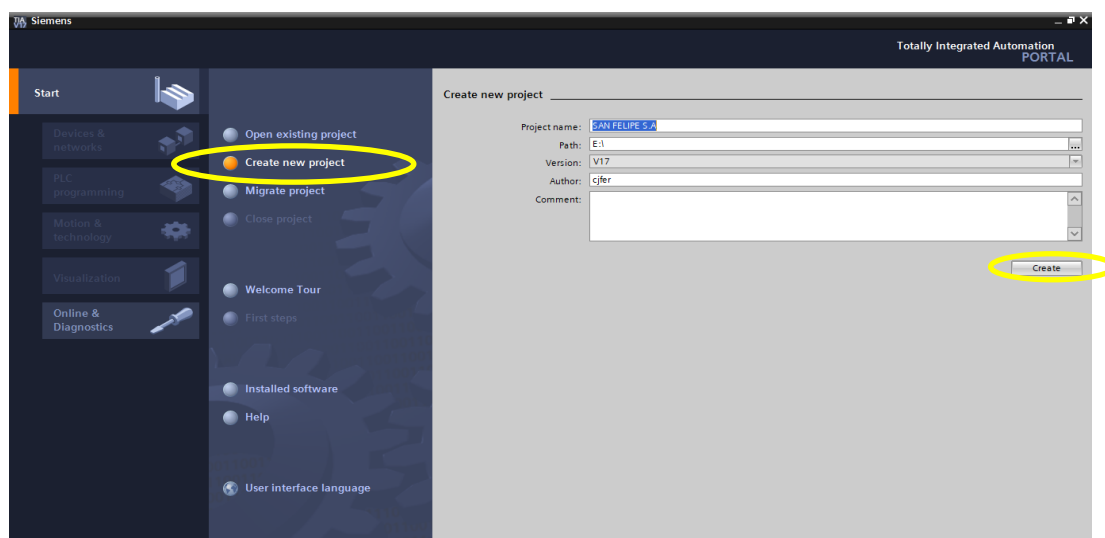
Para este proyecto se utilizó el software TIA Portal V17, puesto que este es compatible con el S7-1200 por la actualización del firmware.

- **Creación de nuevo proyecto en TIA Portal V17.**

Al iniciar el software TIA Portal V17 se designa el nombre al proyecto, a continuación, se presiona en crear.

Figura 22

Creación de un nuevo proyecto y designación del nombre en TIA Portal V17.



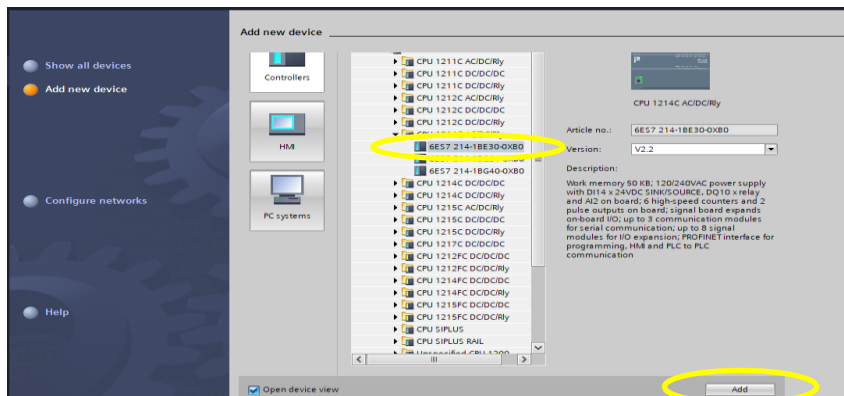
Nota. El entorno que se observa es la ventana donde se crea el nuevo proyecto.

- **Selección del dispositivo PLC en TIA Portal V17.**

Se agrega los dispositivos en TIA Portal observando el número de parte que viene de fábrica, para este caso una 6ES7 214-1BE30-0XB0 con la versión 2.2.

Figura 23

Agregar dispositivo PLC en TIA Portal V17.



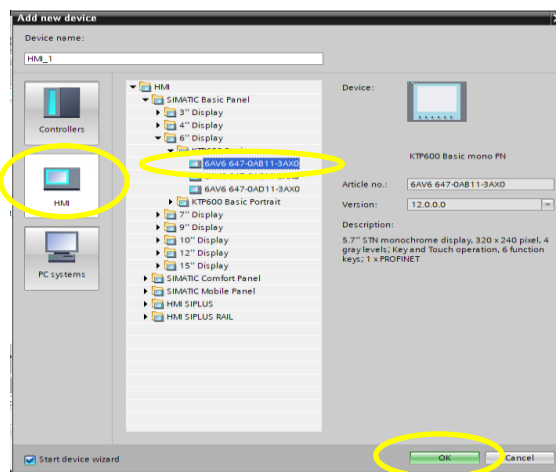
Nota. En la siguiente ventana se selecciona el dispositivo PLC S7-1200.

- **Selección de dispositivo HMI en TIA Portal V17.**

Se agrega el HMI en TIA Portal observando el número de parte que viene de fábrica en cada dispositivo, para este caso se empleó una 6AV6 647-0AB11-3AX0.

Figura 24

Agregar un dispositivo HMI en TIA Portal V17.



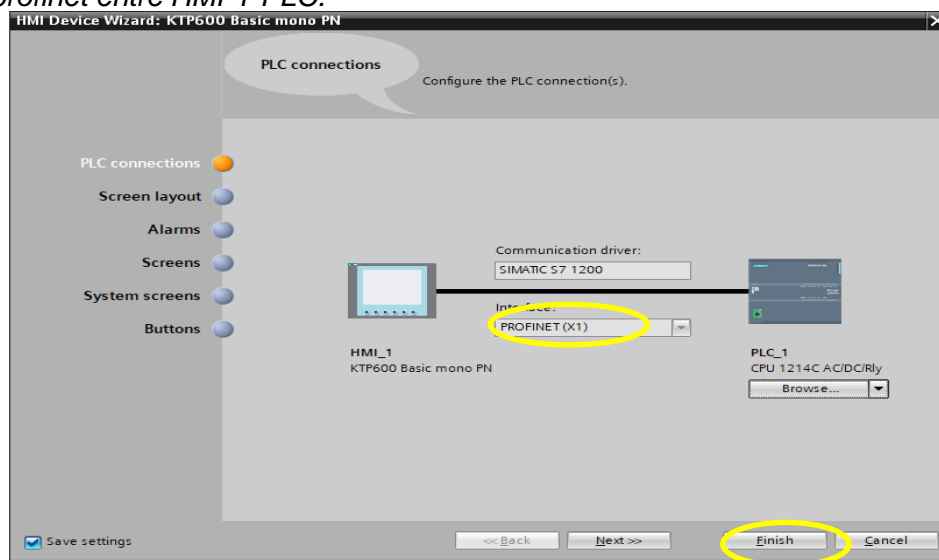
Nota. En la siguiente ventana se selecciona el dispositivo HMI KTP600 Basic.

- **Conexión profinet entre el PLC y HMI.**

Se establece la comunicación profinet entre el PLC S7-1200 [CPU1224 AC/DC/Rly] con el HMI KTP600 Basic.

Figura 25

Conexión profinet entre HMI Y PLC.



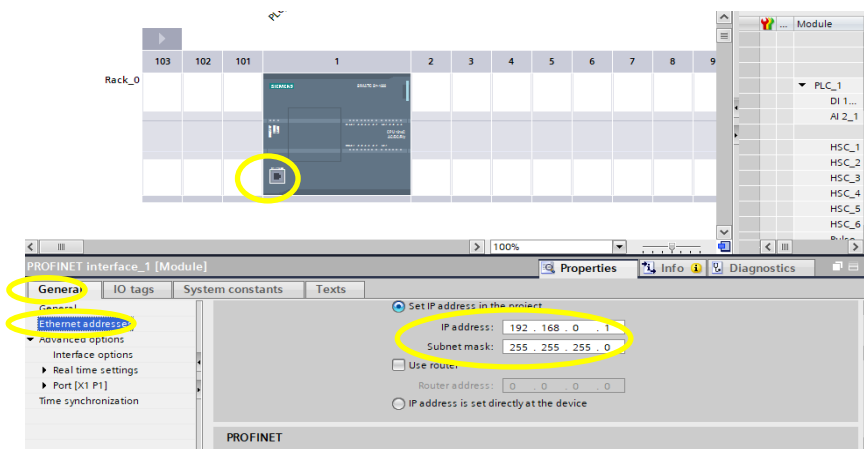
Nota. Se realiza la conexión del HMI con el PLC.

- **Asignación de la dirección IP del PLC S7-1200**

Para realizar la asignación de la IP al PLC S7-1200, se procede a dar “click” en la ranura profinet, seleccionar configuración general, dar “click” en la opción Ethernet address y en IP address se ingresa la asignación del IP que corresponde al dispositivo.

Figura 26

Asignación de la IP al PLC S7-1200.

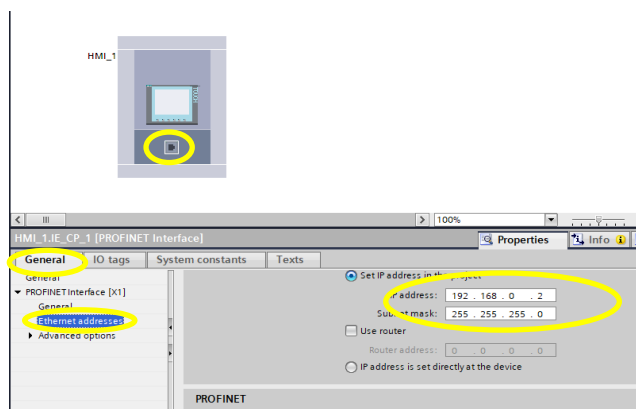


- **Asignación de la dirección IP del HMI KTP600 Basic.**

Para realizar la asignación de la IP al HMI KTP600 Basic, se procede a dar “click” en la ranura profinet, dar “click” en la opción Ethernet address seleccionar configuración general, dar “click” en la opción Ethernet address y en IP address se ingresa la asignación del IP que corresponde a la KTP600 Basic.

Figura 27

Asignación de la IP al KTP600 Basic.



- **Creación de tags de las entradas del S7-1200.**

Para crear las variables de las entradas del S7-1200, se asocia a las direcciones y el tipo de entrada al que se designe el tag.

Figura 28

Asignación de los tags a las entradas del S7-1200.

8		MARCHA	Bool	%I0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9		PARO	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10		PARO DE EMERGENCIA	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11		LT1-100	Word	%IW64	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	TRANSMISOR DE NIVEL

- **Creación de tags de las salidas del S7-1200.**

Para crear las variables de las salidas del S7-1200, se asocia a las direcciones y el tipo de entrada al que se designe el tag.

Figura 29

Asignación de los tags a las salidas del S7-1200.











5		BOMBA 1	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BOMBA LLENADO DE TANQUE
6		BOMBA 2	Bool	%Q0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BOMBA DE LLENADO DE BOTELLONES
7		BOMBA3	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	BOMBA DEL MIXER

- **Creación de tags para el control mediante el HMI.**

Para crear las variables para el control mediante el HMI, se asocia las direcciones y el tipo de entrada a las marcas que contiene el PLC S7-1200 en su memoria.

Figura 30

Asignación de los tags para el control mediante KTP600 Basic.

	APAGADO DE BOMBA 2 MANU...	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	BOMBA 2 MANUAL	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	APAGADO DE BOMBA 3 MANU...	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	BOMBA 3 MANUAL	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	ENCENDIDO BOMBA 2 MANUAL	Bool	%M1.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	CONTROL DE ENCENDIDO BOM...	Bool	%M1.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	CONTROL DE ENCENDIDO BOM...	Bool	%M1.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	ENCENDIDO DE BOMBA 1	Bool	%M2.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	ENCENDIDO DE BOMBA 3 MAN...	Bool	%M2.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
	CONTROL DE ENCENDIDO BOM...	Bool	%M2.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>

Desarrollo del programa principal para el monitoreo del nivel de agua en cisterna.

Luego de añadir el PLC S7-1200, HMI KTP600 Basic, las configuraciones de las IP y los tags a utilizar, se procede a realizar la programación en el Main del segmento de Program blocks.

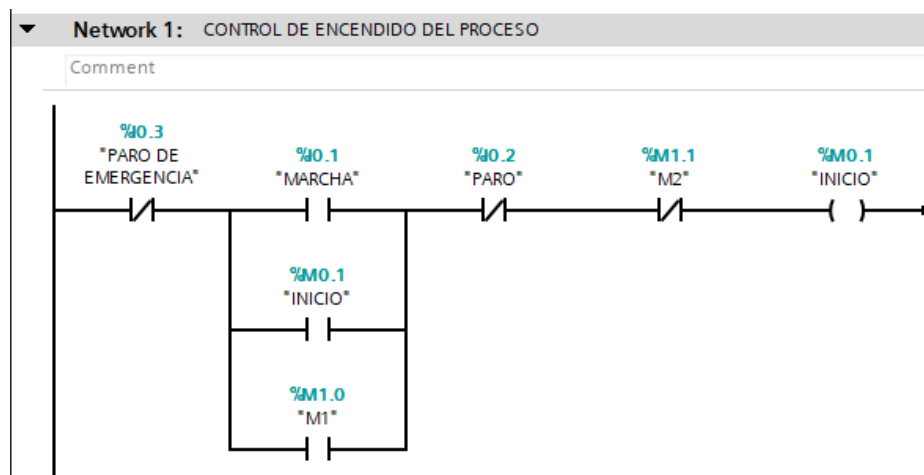
a. Programación en el PLC S7-1200 [CPU1214C AC/DC/Rly]

- **Segmento 1**

Se realizó el control Marcha (I0.1) – Paro (I0.2) para el encendido de la medición de nivel que activará una marca (M0.1), que significa que el proceso inicio, para lograr esto es necesario poner un contacto en paralelo a la marcha para que exista enclavamiento y si el control lo van a realizar desde el HMI se coloca otro contacto adicional en paralelo asociado al botón diseñado (M1.0).

Figura 31

Programación en el primer segmento arranque de la medición de nivel.

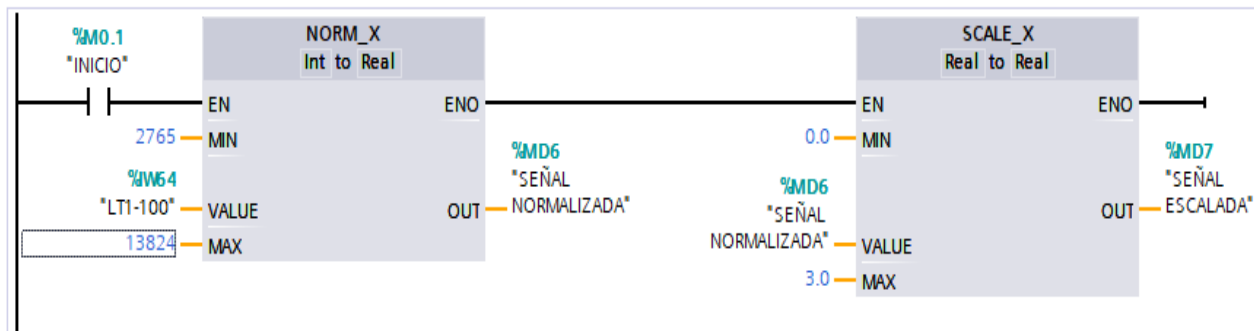


- **Segmento 2**

Se realizó el acondicionamiento de señales donde ingresa el valor medido del transmisor en un bloque NORM_X, donde tenemos un rango mínimo, máximo y la entrada analógica (IW64) que ingresa por value el cual transforma el valor de la entrada (INT) a un valor (Real). Después de obtener la salida del NORM_X se envía a un bloque SCALE que cambia los niveles para visualizar el valor en metros del nivel del agua de la cisterna.

Figura 32

Programación en el segundo segmento.

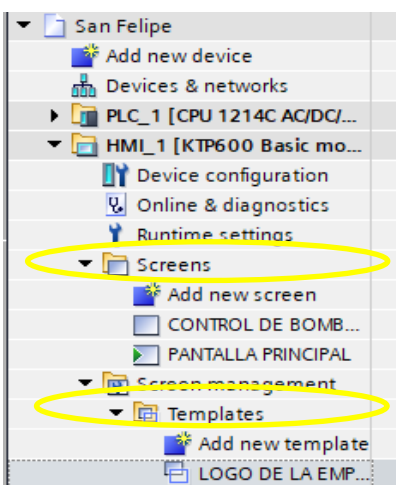


Diseño del HMI en TIA Portal v17.

En el software TIA Portal se desarrolló el diseño del HMI, consta de dos opciones el templates y la pantalla donde se puede añadir más ventanas para el control del proceso.

Figura 33

Opciones para el diseño de la KTP600 Basic.

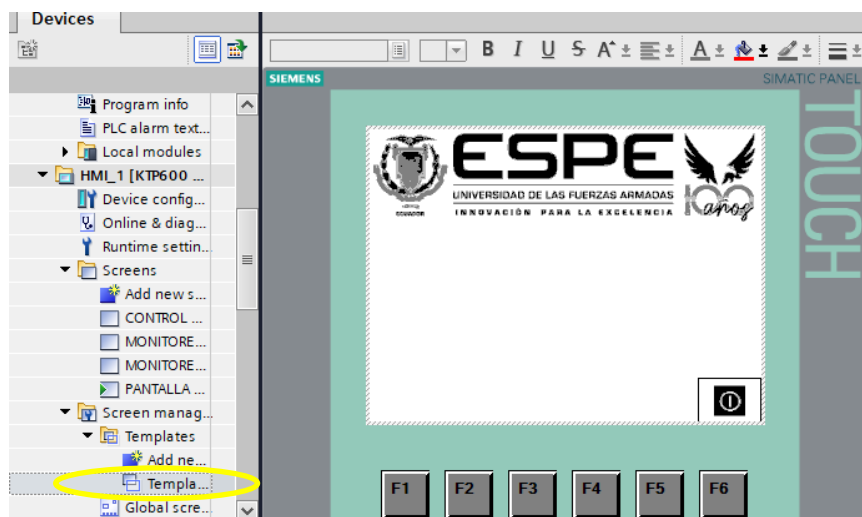


- **Programación de la plantilla.**

Para la programación de la plantilla se añade el logo o el texto estático además de eliminar el resto de funciones que viene por efecto dejando solo los necesarios para el control del HMI.

Figura 34

Programación de la plantilla con el logo de la universidad.

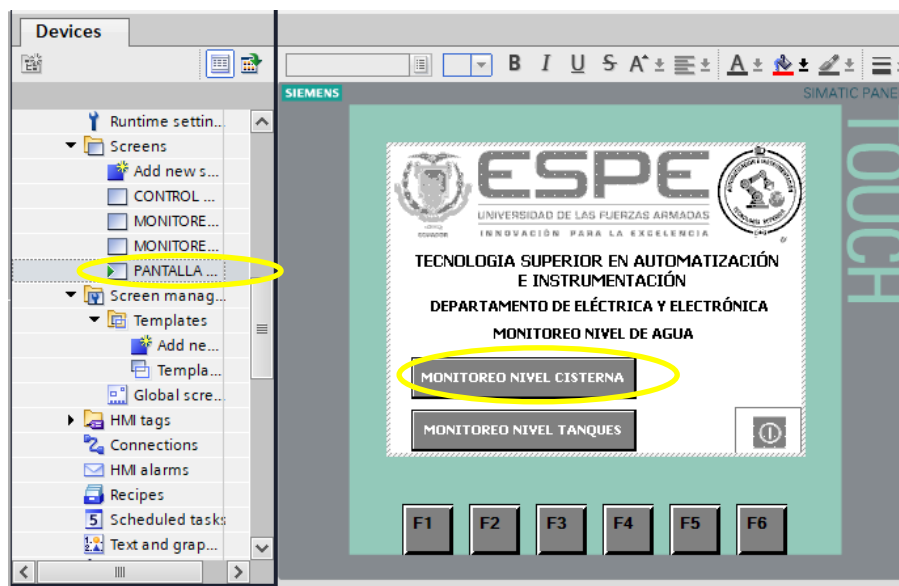


- **Programación de la pantalla principal.**

Para la programación de la pantalla principal se añade un botón para ingresar a la pantalla de monitoreo de nivel de agua en la cisterna.

Figura 35

Programación de la pantalla principal del HMI.



- **Programación de la pantalla de monitoreo de nivel de agua en la cisterna.**

Para la programación de la pantalla de monitoreo de nivel de agua en la cisterna se añade una gráfica donde se puede visualizar el nivel de agua además de un botón para regresar a la pantalla principal.

Figura 36

Programación de la pantalla de monitoreo de nivel de agua en la cisterna.

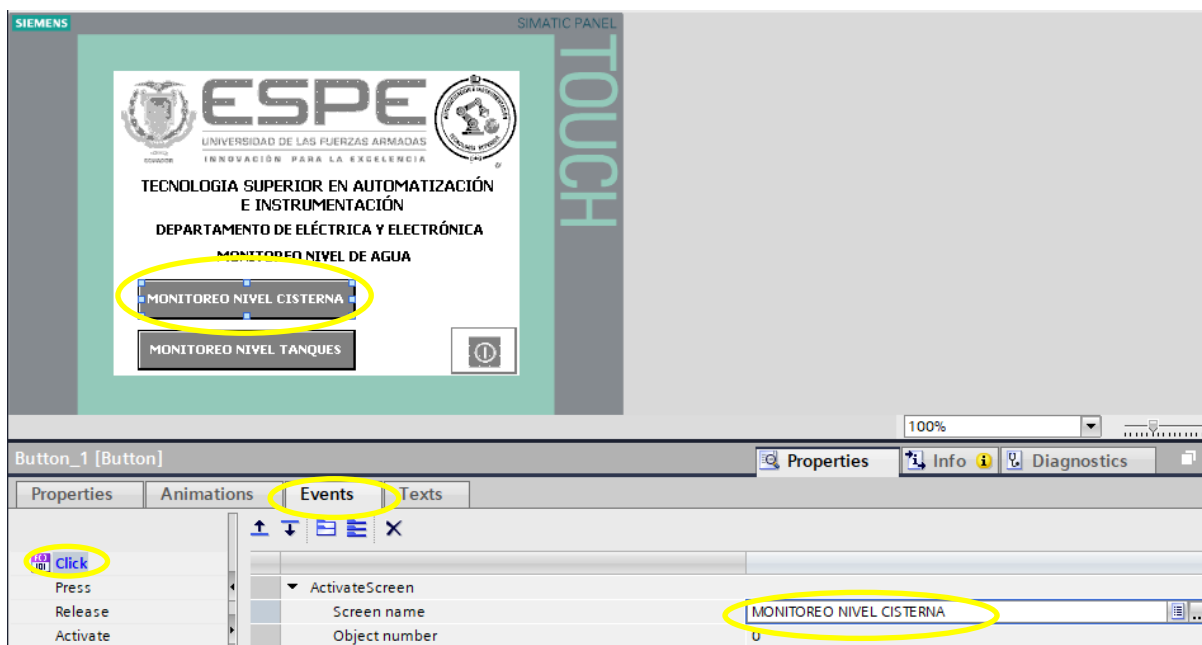


- **Designación de la función para acceder a la pantalla de monitoreo de nivel de agua en el HMI.**

Para añadir funciones primero se selecciona el botón en este caso monitoreo de nivel de la cisterna, dar “click” en eventos, seleccionar la opción click para definirle como ActivateScreen y añadir la pantalla que desea dirigirse.

Figura 37

Selección del evento para el botón monitoreo del nivel de la cisterna.

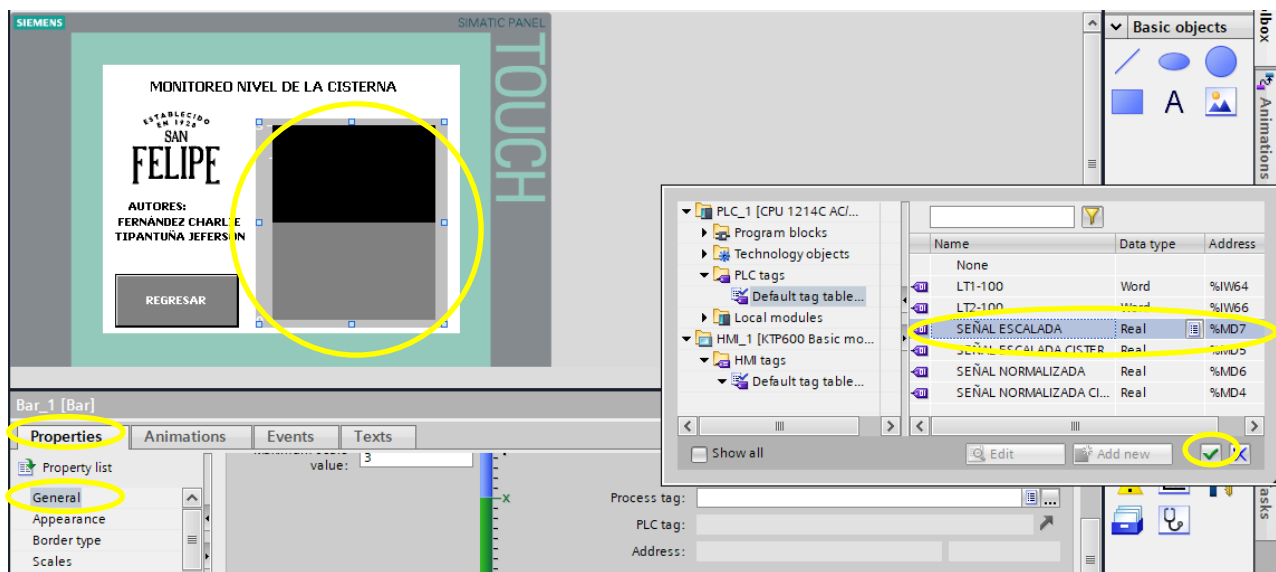


- **Designación de tags para el control de Paro mediante el HMI.**

Para realizar la conexión de la variable nivel con el gráfico que representa la cisterna se debe, dar "click" en el objeto, seleccionar la vista general para designar el rango mínimo y máximo del tanque, dar "click" en la opción en process tag para la asignación de la entrada donde se va a seleccionar el proceso que se desea controlar.

Figura 38

Selección del evento para la cisterna.

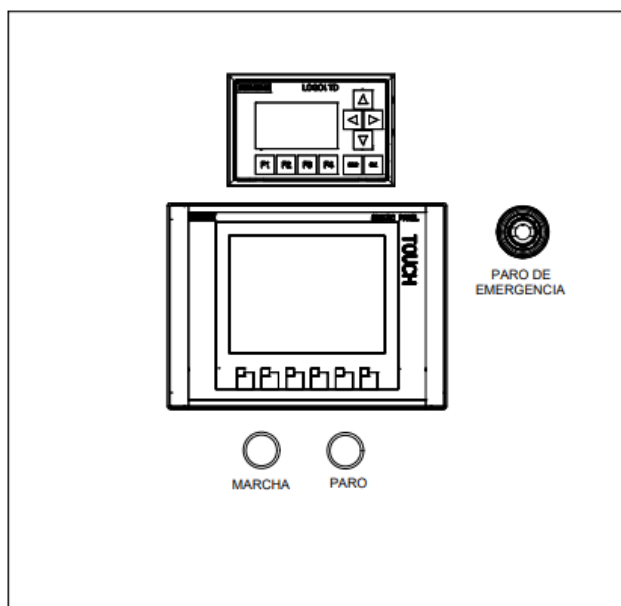


Diseño del tablero.

Para el diseño del tablero ubicamos los nuevos elementos para el monitoreo del nivel de la cisterna, ubicando nuestra KTP600Basic para la visualización del nivel de la cisterna a continuación de la TDE que se encarga de realizar el proceso de lavado de tanques, en la parte derecha de la KTP se ubica el paro de emergencia encargado de detener todo el proceso ante alguna emergencia, en la parte inferior se ubica los pulsadores de marcha y paro para iniciar y detener el proceso.

Figura 39

Diseño del tablero de control de monitoreo.



Conexión del S7-1200 y KTP600 Basic

La conexión se realiza mediante profinet conectando con cable de red los puertos de ethernet del PLC S7-1200 y el de la KTP600Basic.

Figura 40

Conexión profinet con cable de red.

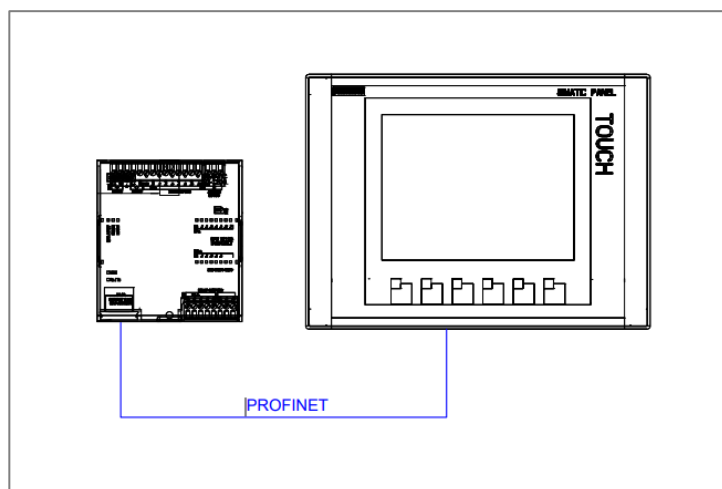


Diagrama de conexión.

Diagrama de alimentación del PLC

La alimentación para el PLC S7-1200 es de 110V.

Figura 41

Alimentación del PLC a 110V.

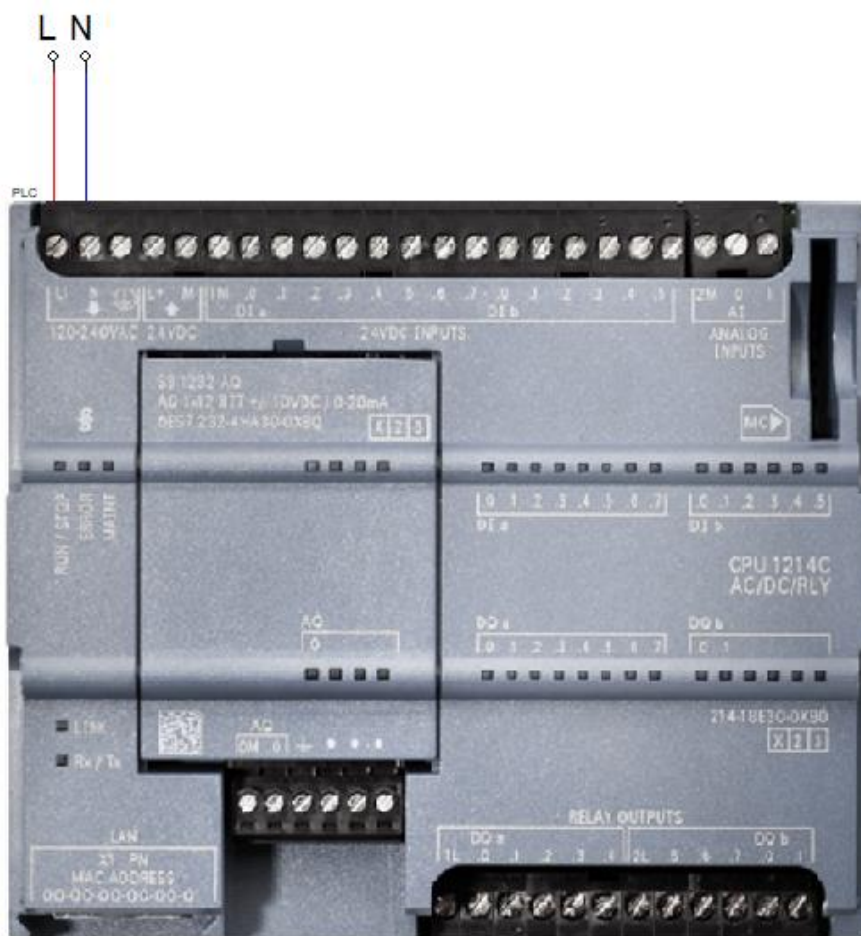
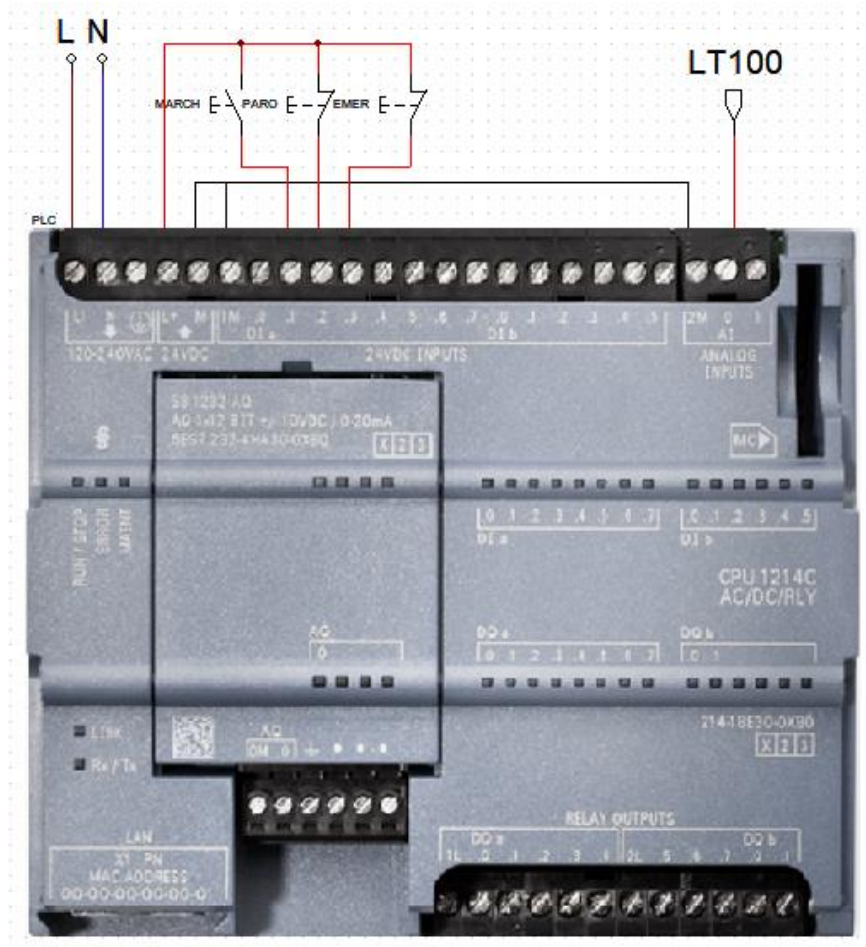


Diagrama de entradas.

En la entrada del PLC tenemos el botón de marcha, paro, paro de emergencia y la señal que viene del transmisor conectados al S7-1200 respectivamente.

Figura 42

Conexión de las entradas del S7-1200.



Lavado de filtros de grava, arena y carbón.

El relé lógico programable controla el proceso de lavado de los filtros de grava, arena y carbón, el logo al contar con un sistema real time clock, el cual permite poner horas para realizar un proceso específico, este al vaciar los filtros en la purga del agua y al volver a llenarse influye en el nivel de agua en la cisterna por lo que es necesario ver el nivel en tiempo real para ver qué impacto en el nivel influye este proceso.

Figura 43

Filtros de grava arena y carbón.

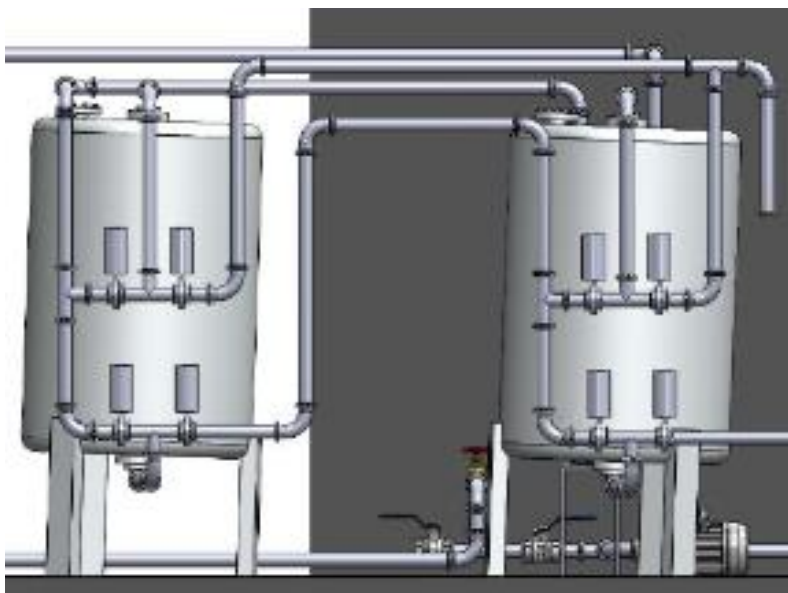
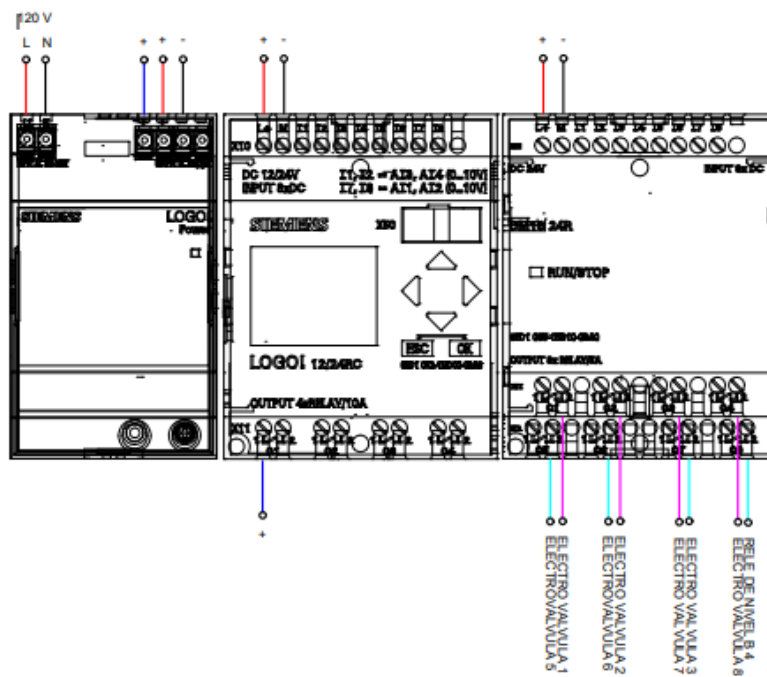


Figura 44

Conexión de las salidas del logo a las electroválvulas que controlan el lavado de los filtros.



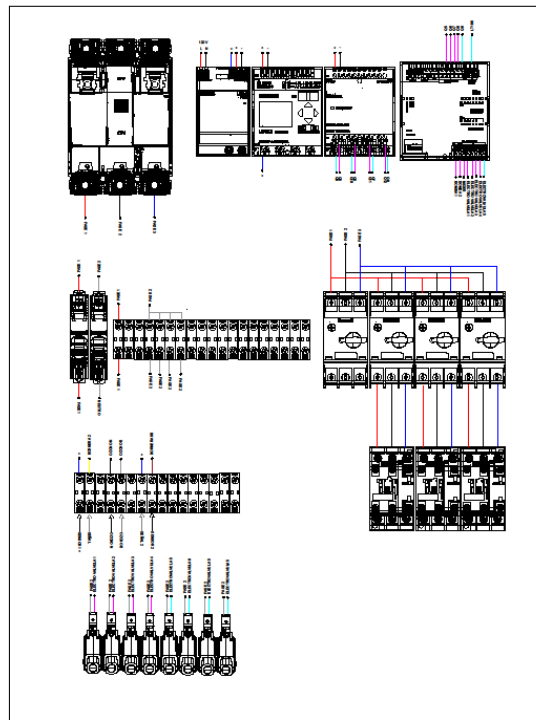
Marquillado etiquetado en el tablero de control de almacenamiento y tratado de agua.

Para la conexión del tablero se elimina los dispositivos que dejaron de funcionar dejando una mejor estética al tablero y fácil mantenimiento además una mejor localización de las conexiones por el marquillado, peinado y etiquetado.

El tablero consta de un sistema conectado entre el logo y el S7-1200 para controlar todo el proceso con el que consta el cuarto de almacenamiento y tratado de agua el cual lo podemos controlar y visualizar desde el HMI KTP600 Basic.

Figura 45

Diseño del tablero de control del almacenamiento y tratado de agua.



Capítulo IV

Conclusiones y recomendaciones

Conclusiones

- Se implementó el monitoreo de nivel de agua en la cisterna de la empresa fuentes San Felipe S.A donde el PLC S7-1200 adquiere la señal del transmisor y mediante un KTP600 Basic se realiza la visualización cumpliendo con el objetivo principal.
- Se realizó la investigación de los elementos que cumplan con los parámetros de funcionamiento, así como también sus hojas de datos para realizar el proceso deseado por la empresa. Para conocer las funciones y características principales para el correcto funcionamiento
- Se realizó el monitoreo mediante una KTP600 que facilita la supervisión en tiempo real de la cisterna, existe un proceso para retirar las impurezas en los filtros de grava, arena y carbón, para realizar este procedimiento se lava los filtros, este procedimiento es automático en un horario determinado, al realizar este proceso influye en el nivel de líquido en la cisterna significativamente ya que existe desperdicio de agua al vaciar los filtros y luego debe volver a llenarse.

Recomendaciones

- Realizar la migración de la programación del logo al PLC S7-1200 para así poder tener un solo control en el proceso monitoreo nivel de agua, control de bombas y el lavado de filtros.
- Realizar mantenimiento de los sistemas instalados, como limpiar los contactos de los terminales del transmisor y los pulsadores de marcha-paro
- Desconectar todo el sistema de monitoreo al momento de realizar el mantenimiento del sistema para así precautelar la integridad de los operarios que lo realizan.

Bibliografía

Aguilera Martinez, P. (2002). *Programación PLC's* . México D.F.

Alberto, F. A. (2009). *Automatización de una Planta de Bombeo de Aguas Residuales*. México D.F.

Albesa Jaume, G. (2004). *Entorno Primario y Control en el Canal de Distribución*.

Arquitectura PLC. (02 de Noviembre de 2012). *Arquitectura PLC*. Obtenido de <http://programarplcomron.blogspot.com/2013/11/>

Balcells , J. (1997). *Automatas Programables*. Marcombo.

Brunete, A., Pablo, S., & Herrero, R. (2020). *Introducción a la Automatización Industrial*. Madrid: Ingeniería Diseño Industrial.

Carmargo Gonzales, L. D. (2017). *Análisis de Diseño de un Sistema de Captación del Agua de lluvia en la Cisterna*. México D.F.: Segunda Edición.

Castro Rojas, A. A. (2008). Sensores utilizados en la Automatización. *IE – 0502 Proyecto Eléctrico* , 117.

Commission, I. E. (2003). *Programmable Controller*. Edition 2.0.

Corrales Paucar, L. (2005). *Control de Procesos Instrumentos de Medida del Flujo*. Quito.

Cruz , J. (2014). *Las Nuevas Tegnologías Aplicadas a la Industria Cárnica Permite Una Mayor Automatización y Robotización*.

Gallardo Virhuez, E. B. (2013). *Plantas Embotelladoras de la calidad de Agua*. Perú.

Granja Heredia, D. I., & Casco Brito, N. C. (2010). Diseño e Implementación de un Sistema de Control y Monitoreo Automático de Agua en Cisternas Utilizando Radiofrecuencias .
DIRRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS PARA APRENDIZAJE Y LA INVESTIGACIÓN, 123.

Guitierrez, M., & Iturralde , S. (2017). *Fundamentos Basicos de Instrumentación y Control*.
Santa Elena: Editorial UPSE.

Hernandez Avila, R. (2012). *Materia prima saludable para la industria de alimentos y bebidas*.
Colombia .

Industrias gsl. (31 de Julio de 2021). *ARQUITECTURA DEL PLC*. Obtenido de
[https://industriagsl.com/blogs/automatización/arquitectura-del-plc#:~:text=La%20arquitectura%20del%20PLC%2C%20est%C3%A1,y%205\)%20fuente%20de%20alimentaci%C3%B3n](https://industriagsl.com/blogs/automatización/arquitectura-del-plc#:~:text=La%20arquitectura%20del%20PLC%2C%20est%C3%A1,y%205)%20fuente%20de%20alimentaci%C3%B3n).

INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN. (23 de 07 de 2008). *INSTITUTO ECUATORIANO DE NORMALIZACIÓN*. Obtenido de
<https://www.normalización.gob.ec/buzon/normas/2200.pdf>

Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura (IICA). (Junio). *Industrias de aguas de bebidas envasadas*. San Jose: 1999.

International Electrotechnical Commission. (2003). *Programmable Controller*. IEC 61131-3.

Katsuhiko, O. (1997). *Sistemas de control Moderno*. México D.F.: Tercera Edición.

Lopez Camacho, O. L. (2022). SISTEMA DE MONITOREO DE CONSUMO Y NIVELES DE AGUA DE CISTERNAS DEL ITTG. *SECRETARÍA DE EDUCACIÓN PÚBLICA*, 64.

Lopez Minoprio, C. G. (2011). *Planta de Embotellamiento de agua Mineral*. Argentina.

López Minoprio, C. G. (22 de 09 de 2011). *Universidad Nacional de Cuyo*. Obtenido de https://bdigital.uncu.edu.ar/objetos_digitales/4741/tesinalopezminoprio.pdf

Luis, C. P. (2007). *Instrumentación Industrial*. Quito.

Maxbotix Inc. (20 de 06 de 2022). *Maxbotix*. Obtenido de https://www.maxbotix.com/documents/4-20SC-MaxSonar-WR_Datasheet.pdf

Monsalve Sofan, J. (2018). *Autómata Programable para Control de Motores de Corriente Alterna*.

International Electrotechnical Commission, P. C. (2003). *Programmable Controller*. Edition 2.0.

Morcelle del Valle, P. (2014). *TRANSDUCTORES - INSTRUMENTACIÓN*. *Facultad de Ingeniería Universidad Nacional de Plata*, 31.

Ortega, E. (2014). *Clasificación de sensores*. Cali: Universidad Santiago de Cali.

Pallás Areny, R. (2003). *Sensores y Acondicionadores de Señal*. Barcelona: Printed in Spain.

RODRIGUEZ, D. A. (2010). *CONTROL Y MEDIDA DE NIVEL DE LIQUIDO CON SEÑALES DE ULTRA SONIDO*. Madrid .

Rojas, A. A. (2008). *Sensores utilizados en la Automatización Industrial* . Costa Rica.

Ruedas Escobar, C. M. (2008). *Automatización Industrial*. México D.F.: Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landíva.

Sanchez Pineda, M. T. (2003). *Proceso de Elaboración Alimentos y Bebidas*. Madrid: Primera Edición.

Schneider Electric. (2023). *Product datasheet*.

Schneider Electric. (2019). *Lenguaje de diagrama de bloques de funciones (FBD)*.

Schneider Electric. (2019). *SFC - Lenguaje de diagrama funcional secuencial*. Editores de lógica.

Siemen. (2020). *Introducción a la Automatización Industrial*. Madrid: Ingeniería Diseño Industrial.

SIEMENS. (26 de 08 de 2020). *SIEMENS*. Obtenido de <https://www.siemens.com/global/en.html>

Viviana, J. L. (2015). *AUTOMATIZACIÓN DEL BOMBEO DE AGUA A TRAVÉS DEL CONTROL DE NIVEL DE LA CISTERNA DE LA ESTACIÓN MIRAFLORES EP-EMAPA*. ECUADOR.

Anexos