



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
EL CONTROL Y VISUALIZACIÓN APLICADO AL PROCESO DE
DISTRIBUCIÓN DE AGUA DEL TANQUE DE
ALMACENAMIENTO EN LA EMPRESA NOVACERO”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR:

JOHNNY MICHAEL JÁCOME CORRALES

Riobamba – Ecuador

2023



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

**“IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA
EL CONTROL Y VISUALIZACIÓN APLICADO AL PROCESO DE
DISTRIBUCIÓN DE AGUA DEL TANQUE DE
ALMACENAMIENTO EN LA EMPRESA NOVACERO”**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

AUTOR: JOHNNY MICHAEL JÁCOME CORRALES

DIRECTOR: ING. MARCO ANTONIO VITERI BARRERA

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, Johnny Michael Jácome Corrales

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, Johnny Michael Jácome Corrales, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 14 de noviembre del 2023



Johnny Michael Jácome Corrales

0503470247

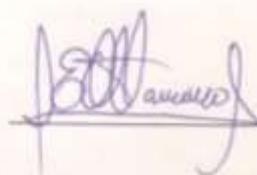
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
CARRERA ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN

El Tribunal del Trabajo de Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto Técnico, “**IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA EL CONTROL Y VISUALIZACIÓN APLICADO AL PROCESO DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DEL TANQUE DE ALMACENAMIENTO EN LA EMPRESA NOVACERO**”, realizado por el señor: **JOHNNY MICHAEL JÁCOME CORRALES**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

FIRMA

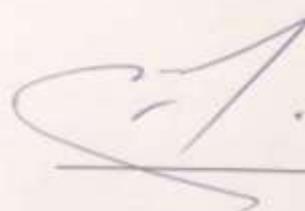
FECHA

Ing. Edwin Vinicio Altamirano Santillan
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



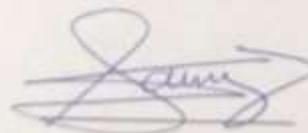
2023-11-14

Ing. Marco Antonio Viteri Barrera
DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



2023-11-14

Ing. Nancy del Rocío Velasco Erazo
ASESORA DEL TRABAJO DE TITULACIÓN



2023-11-14

DEDICATORIA

Este trabajo de Integración Curricular lo dedico a mis padres Carmen y Edgar por nunca dejarme rendirme y apoyarme en todo momento para lograr cumplir esta meta en mi vida profesional. A mi hermano Alex quien siempre estuvo presente en mi formación personal y a lo largo de mi vida estudiantil llenándome de consejos y enseñanzas para lograr cumplir este sueño.

Johnny

AGRADECIMIENTO

Agradezco primero a Dios por darme la sabiduría y fortaleza para culminar esta meta, con el apoyo de mis padres y hermano para nunca dejarme rendirme y ser esa voz de aliento a seguir y convertirse en mi motivación para cumplir mis metas. A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por permitirme ser parte de esta gran institución y formarme en el ámbito personal y profesional en toda mi vida estudiantil. Quiero agradecer a mis amigos quienes han sido parte de mi vida universitaria en cada reto y objetivo logrado, Un agradecimiento al club robótica ESPOCH por la oportunidad de representar en cada una de las competencias, gracias especiales a Braulio Balseca quien es el mejor amigo, gracias por todo el apoyo. A Kerly Vaca agradezco por su amistad sincera y el apoyo incondicional, gracias por siempre estar presente. Un agradecimiento especial al ingeniero José Tinajero quien me ha apoyado en el proceso de mi trabajo de titulación, gracias por cada consejo y experiencia compartida. A Greta Chancusi, gracias por todo el apoyo incondicional. Al ingeniero Marco Viteri quien es mi tutor y me ha apoyado y guiado. A la empresa RED_corp, por brindarme la oportunidad y ser parte de mi proceso de formación profesional. Alexis Vaca, Gabriel Vaca, Ximenita Estrella gracias por su apoyo y amistad incondicional. Al ingeniero José Guerra por su apoyo y recomendaciones en el presente proyecto de integración curricular.

Johnny

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xiii
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN.....	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA.....	3
1.1.	Planteamiento del problema.....	3
1.2.	Justificación teórica	3
1.3.	Justificación aplicativa	4
1.4.	Objetivos	5
1.5.	Metodología	6

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	7
2.1.	Novacero	7
2.1.1.	<i>Planta de tratamiento de agua en Novacero</i>	<i>7</i>
2.2.	Proceso de distribución de agua en la planta Novacero	8
2.2.1.	<i>Equipos instalados en el proceso de distribución de agua.....</i>	<i>9</i>
2.2.2.	<i>Tanque de almacenamiento</i>	<i>9</i>
2.3.	Elementos para la automatización de tanques de agua	10
2.4.	Acción de control on-off	10
2.5.	Controlador lógico programable (PLC).....	11
2.5.1.	<i>Tipos de PLC para la industria.....</i>	<i>11</i>
2.5.2.	<i>Selección de familia del PLC</i>	<i>11</i>
2.6.	Sensor de nivel de agua.....	12
2.6.1.	<i>Selección del sensor de nivel de agua.....</i>	<i>13</i>
2.7.	Actuadores para distribución de agua	13
2.7.1.	<i>Bombas de agua</i>	<i>13</i>

2.7.2.	<i>Selección de tipo de bomba</i>	14
2.7.3.	<i>Electroválvula</i>	15
2.7.4.	<i>Selección de electroválvula</i>	16
2.8.	Interfaz Hombre Máquina (HMI) en los procesos de control industrial	16
2.8.1.	<i>Selección de HMI</i>	16
2.9.	Tableros de potencia y control	17
2.9.1.	<i>Selección de tablero de potencia y control</i>	17
2.10.	Tratamiento de señales analógicas	18
2.11.	Volumen de un tanque cilíndrico	20
2.12.	Normatividad	21
2.12.1.	<i>Norma ANSI/ISA-101.01-2015</i>	21
2.12.1.1.	<i>Clausula 5.1 Principios generales del diseño HMI</i>	21
2.12.1.2.	<i>Clausula 5.1.3 Conceptos generales de la ingeniería de factores humanos</i>	21
2.12.1.3.	<i>Clausula 5.2.1.1 Iluminación ambiental y luminancia de la pantalla</i>	22
2.12.1.4.	<i>Clausula 5.2.1.2 Color</i>	22
2.12.1.5.	<i>Clausula 5.2.1.3 Interacción fondo primer plano</i>	22
2.12.1.6.	<i>Clausula 5.2.1.4 Densidad de la información mostrada</i>	22
2.12.1.7.	<i>Clausula 5.2.1.5 Dinámica visual</i>	22
2.12.1.8.	<i>Clausula 6 Estilos de visualización y estructura general</i>	22
2.12.1.9.	<i>Clausula 7.2.1.2 Presentación e ingreso de números (ISA, 2015)</i>	23
2.12.1.10.	<i>Clausula 7.2.1.3 Presentación y entrada de texto</i>	23
2.12.1.11.	<i>Clausula 7.2.1.5 Botones</i>	23
2.12.1.12.	<i>Clausula 8.3 Factores de trabajo de la HMI</i>	23
2.12.2.	<i>Normal ANSI/ISA-S5.4</i>	23

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	24
3.1.	Requerimientos para el sistema automatizado	24
3.2.	Análisis de fichas de estado técnico de los equipos	27
3.3.	Concepción de la arquitectura general del sistema automatizado	28
3.4.	Descripción de elementos <i>hardware</i> del sistema	28
3.4.1.	<i>Sensor Siemens SITRANS LR140</i>	28
3.4.2.	<i>Fuente Siemens 6EP1332-1SH43</i>	29
3.4.3.	<i>PLC S7-1200 CPU 1212C</i>	30
3.4.4.	<i>Módulo de entradas analógicas SM 1231AI</i>	31

3.4.5.	<i>HMI KTP700 Basic</i>	32
3.4.6.	<i>Tablero tipo Gabinete BEAUCOUP</i>	33
3.4.7.	<i>Relé Electromagnético ComatReleco C9-A4IX</i>	34
3.4.8.	<i>Socket ComatReleco S9-M</i>	35
3.4.9.	<i>Boya Camsco KF-06-4</i>	36
3.4.10.	<i>Bomba centrífuga Goulds 3656</i>	37
3.4.11.	<i>Interruptor termomagnético Schneider DomA43</i>	38
3.4.12.	<i>Contactador Siemens 3RT2027-1AN20</i>	39
3.4.13.	<i>Relé térmico Siemens 3RU2126-4BB0</i>	40
3.4.14.	<i>Electroválvula Jago</i>	41
3.4.15.	<i>Torreta luminosa Camsco LTA-205</i>	42
3.4.16.	<i>Interruptor magnetotérmico Siemens 5SL4204-7RC</i>	42
3.4.17.	<i>Pulsador de paro de emergencia Camsco LMB-BS5</i>	43
3.4.18.	<i>Base portafusible EBASEE</i>	44
3.4.19.	<i>Fusible EBASEE</i>	45
3.5.	Diagramas de conexión del sistema automatizado	45
3.5.1.	<i>Diagrama P&ID del sistema automatizado</i>	46
3.5.2.	<i>Diagrama eléctrico del sistema automatizado</i>	49
3.6.	Descripción del software de desarrollo	51
3.6.1.	<i>TIA Portal V16</i>	51
3.6.2.	<i>SITRANS mobile IQ</i>	51
3.6.3.	<i>Programación del PLC</i>	52
3.6.4.	<i>Diagrama del flujo del programa</i>	53
3.6.5.	<i>Diseño de la interfaz HMI</i>	57
3.7.	Diseño de la base para el sensor Sitrans LR140	59

CAPÍTULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	61
4.1.	Consideraciones Generales	61
4.2.	Prueba post-funcinamiento del sistema automatizado	62
4.3.	Validación de sensor SITRANS LR140	63
4.4.	Prueba de estabilidad de sensores	66
4.4.1.	<i>Estabilidad de sensor SITRANS LR140</i>	66
4.4.2.	<i>Estabilidad de sensor de final de carrera</i>	67
4.4.3.	<i>Estabilidad de sensor de boya nivel mínimo</i>	68

4.4.4.	<i>Estabilidad de sensor de boya nivel máximo</i>	70
4.5.	Prueba de Integridad de Comunicación	71
4.6.	Prueba de funcionamiento de alerta de seguridad	72
4.7.	Prueba de tiempo de proceso de visualización de nivel de agua	73
4.8.	Prueba de consumo energético	74
4.9.	Prueba de verificación profesional	75
4.10.	Análisis de costos	76

CAPÍTULO V

5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	77
5.1.	CONCLUSIONES	77
5.2.	RECOMENDACIONES	78

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2-1:	Comparativa de las características de las familias de PLC.....	11
Tabla 2-2:	Selección de sensor de nivel de agua.....	13
Tabla 2-3:	Selección de sensor de nivel de agua.....	15
Tabla 2-4:	Comparación de tipo de electroválvulas.....	16
Tabla 2-5:	Comparativa de familias de HMI más comerciales.....	17
Tabla 2-6:	Comparativa de tableros de potencia y control	18
Tabla 3-1:	Tabla de análisis de estado técnico de los equipos	27
Tabla 3-2:	Características técnicas del sensor SITRANS LR140	29
Tabla 3-3:	Características técnicas de la fuente Siemens 6EP1332-1SH43.....	30
Tabla 3-4:	Características técnicas del PLC S71200 CPU 1212C	31
Tabla 3-5:	Características técnicas del PLC S71200 CPU 1212C	32
Tabla 3-6:	Características técnicas del PLC S71200 CPU 1212C	33
Tabla 3-7 :	Características técnicas del PLC S71200 CPU 1212C	34
Tabla 3-8:	Características técnicas del relé ComatReleco C9-A41X	35
Tabla 3-9:	Características técnicas del relé ComatReleco C9.....	36
Tabla 3-10:	Características técnicas de la boya Camsco KF-06-4	37
Tabla 3-11:	Características técnicas de la bomba Goulds 3656.....	38
Tabla 3-12:	Características técnicas termomagnético Schneider Dom A43	39
Tabla 3-13:	Características técnicas termomagnético Schneider Dom A43	40
Tabla 3-14:	Características técnicas relé térmico Siemens 3RU2126-4BB0.....	41
Tabla 3-15:	Características técnicas de la electroválvula Jago	41
Tabla 3-16:	Características técnicas de la torreta Camsco LTA-205.....	42
Tabla 3-17:	Características técnicas del interruptor magnetotérmico Siemens 5SL4204-7RC43	
Tabla 3-18:	Características técnicas del botón de paro de emergencia Camsco	44
Tabla 3-19:	Características técnicas del Portafusible EBASEE.....	45
Tabla 3-20:	Características técnicas del fusible EBASEE.....	45
Tabla 3-21:	Descripción del lazo 100 del diagrama P&ID	46
Tabla 3-22:	Descripción del lazo 101 del diagrama P&ID	46
Tabla 3-23:	Descripción del lazo 102 del diagrama P&ID	46
Tabla 3-24:	Descripción de los lazos del diagrama P&ID	47
Tabla 3-25:	Descripción de los lazos del diagrama P&ID	47
Tabla 3-26:	Conexión de Fuente Siemens	49
Tabla 3-27:	Entradas y Alimentación del módulo de entradas analógicas	50

Tabla 3-28:	Entradas y salidas del PLC	50
Tabla 3-29:	Conexión pantalla HMI Siemens.....	51
Tabla 4-1:	Valores de Voltajes del sistema automatizado post-funcionamiento.	63
Tabla 4-2:	Mediciones tomadas para la validación sensor SITRANS LR140.	64
Tabla 4-3:	Prueba de estabilidad sensor SITRANS LR140.	67
Tabla 4-4:	Prueba de estabilidad sensor de final de carrera.....	68
Tabla 4-5:	Prueba de estabilidad sensor de boya nivel mínimo	69
Tabla 4-6:	Prueba de estabilidad sensor de boya nivel máximo	70
Tabla 4-7:	Integridad de información sensor SITRANS LR140	71
Tabla 4-8:	Prueba de funcionamiento de alerta de seguridad	72
Tabla 4-9:	Prueba de tiempo de proceso de visualización de nivel	74
Tabla 4-10:	Prueba del consumo energético del sistema automatizado.....	75
Tabla 4-11:	Análisis de costos del sistema automatizado.....	76

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 2-1:	Planta de tratamiento de agua Novacero.....	7
Ilustración 2-2:	Verificación de nivel de tanque de almacenamiento	8
Ilustración 2-3:	Tanque de almacenamiento en la empresa Novacero	9
Ilustración 2-4:	Etapas tratamiento señal analógica	18
Ilustración 2-5:	Plano resolución vs Corriente del sensor	19
Ilustración 2-6:	Plano resolución vs Corriente	20
Ilustración 3-1:	Concepción general del sistema automatizado	28
Ilustración 3-2:	SITRANS LR140.....	29
Ilustración 3-3:	Fuente Siemens 6EP1332-1SH43.....	30
Ilustración 3-4:	PLC S7-1200 CPU 1212C	31
Ilustración 3-5:	Módulo SM 1231 AI.....	32
Ilustración 3-6:	HMI KTP 700 Basic	33
Ilustración 3-7:	Tablero tipo gabinete BEAUCOUP.....	34
Ilustración 3-8:	Relé ComatReleco C9.....	35
Ilustración 3-9:	Socket ComatReleco.....	36
Ilustración 3-10:	Boya Camsco KF-06-4	36
Ilustración 3-11:	Bomba centrifuga Goulds 3656	37
Ilustración 3-12:	Termomagnético Schneider Dom A43	38
Ilustración 3-13:	Contactador Siemens 3RT2027-1AN20	39
Ilustración 3-14:	Relé térmico Siemens 3RU2126-4BB0	40
Ilustración 3-15:	Electroválvula Jago.....	41
Ilustración 3-16:	Torreta Camsco LTA-205.....	42
Ilustración 3-17:	Magnetotérmico Siemens 5SL42047RC.....	43
Ilustración 3-18:	Pulsador de paro Camsco.....	43
Ilustración 3-19:	Base portafusible EBASEE RT 18-32	44
Ilustración 3-20:	Fusible EBASEE.....	45
Ilustración 3-21:	Diagrama P&ID del sistema automatizado	48
Ilustración 3-22:	Diagrama eléctrico del sistema automatizado.....	49
Ilustración 3-23:	Diagrama de flujo modo automático parte 1.....	55
Ilustración 3-24:	Diagrama de flujo modo automático parte 2.....	56
Ilustración 3-25:	Diagrama de flujo modo manual.....	57
Ilustración 3-26:	Interfaz HMI ventana modo automático	58
Ilustración 3-27:	Interfaz HMI ventana modo manual	59

Ilustración 3-28:	Base sensor Sitrans LR140	59
Ilustración 3-29:	Base de acrílico sensor Sitrans LR140.....	60
Ilustración 4-1:	Tablero del sistema automatizado.....	61
Ilustración 4-2:	Elementos del sistema automatizado	62
Ilustración 4-3:	Prueba sensor SITRANS LR140	64
Ilustración 4-4:	Prueba estabilidad sensor SITRANS LR140	66
Ilustración 4-5:	Prueba sensor final de carrera	67
Ilustración 4-6	Estabilidad sensor nivel boya mínimo	69
Ilustración 4-7:	Estabilidad sensor boya nivel máximo	70
Ilustración 4-8:	Prueba de funcionamiento de alerta de seguridad.....	72
Ilustración 4-9:	Prueba de tiempo de proceso de visualización de nivel de agua	73
Ilustración 4-10:	Prueba de consumo de energía.....	75

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** FICHAS ESTADO TÉCNICO EQUIPOS NOVACERO
- ANEXO B:** HOJA DE DATOS SITRANS LR140
- ANEXO C:** HOJA DE DATOS FUENTE 6EP1332-1SH43
- ANEXO D:** HOJA DE DATOS PLC S7-1200 CPU 1212C
- ANEXO E:** HOJA DE DATOS MÓDULO SM 1231AI
- ANEXO F:** HOJA DE DATOS HMI KTP700 BASIC
- ANEXO G:** HOJA DE DATOS GABINETE BEAUCOUP
- ANEXO H:** HOJA DE DATOS RELÉ COMATRELECO C9
- ANEXO I:** HOJA DE DATOS SOCKET RELÉ COMATRELECO S9-M
- ANEXO J:** HOJA DE DATOS BOYA CAMSCO KF-06-4
- ANEXO K:** HOJA DE DATOS BOMBA CENTRIFUGA GOULDS 3656
- ANEXO L:** HOJA DE DATOS TERMOMAGNÉTICO SCHNEIDER DOMA43
- ANEXO M:** HOJA DE DATOS CONTACTOR SIEMENS 3RT2027-1AN20
- ANEXO N:** HOJA DE DATOS RELÉ TÉRMICO SIEMENS 3RU2126-4BB0
- ANEXO O:** HOJA DE DATOS TORRETA CAMSCO LMB-BS5
- ANEXO P:** HOJA DE DATOS INTERRUPTOR MAGNETOTÉRMICO SIEMENS
5SL4204-7RC
- ANEXO Q:** PLANO CIRCUITO ELÉCTRICO SISTEMA AUTOMATIZADO
- ANEXO R:** DIAGRAMA LADDER DE LA PROGRAMACIÓN DEL SISTEMA
AUTOMATIZADO
- ANEXO S:** LÁMINA BASE DE SENSOR SITRANS LR140

RESUMEN

El presente trabajo de integración curricular tuvo como objetivo la implementación de un sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento de agua en la empresa Novacero. Mediante la revisión bibliográfica sobre el proceso de distribución de agua en la planta Novacero se establecieron los requerimientos a nivel de software y hardware necesarios para el control y visualización del nivel de agua, el cual consta de cuatro sensores colocados en el tanque los cuales toman las señales para ser procesadas por un controlador lógico programable (PLC) el cual accionara las bombas de entrada, electroválvula y bomba de salida del tanque, además se dispone de una interfaz hombre máquina (HMI) la cual dispone de dos ventanas de modo de funcionamiento que son automático y manual las cuales permiten visualizar el entorno del proceso con datos de nivel de agua en porcentaje y volumen. Las pruebas de validación y estabilidad de los sensores señalaron un error relativo y error absoluto menor al 1% lo cual hace optimo la utilización de estos sensores. De la prueba de integridad de comunicación se determinó que existe el 100% de integridad de información del sensor SITRANS LR140. La prueba de tiempo de proceso de visualización indica una diferencia de 54 segundos más rápido al utilizar el sistema automatizado mejorando el tiempo de respuesta del operario ante eventos de fallas. De la prueba de consumo energético se determinó que el sistema en funcionamiento consume 24 A. La prueba de verificación profesional fue validada por el operador de la planta de agua de Novacero. Finalmente se concluye que el sistema automatizado para el control y visualización presenta buena estabilidad y una variación nula de los sensores, reducción del tiempo de visualización del nivel de agua y de fácil acceso y manejo además de cumplir con normas de funcionamiento. Se recomienda estudiar la posibilidad de incorporar tecnología IIoT y un sistema de seguridad SIS.

Palabras clave: <SISTEMA AUTOMATIZADO>, <TANQUE DE ALMACENAMIENTO>, <INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <SENSOR SITRANS LR140>, <RELÉ ELECTROMAGNÉTICO>, <SENSOR NIVEL BOYA>, <BOMBA CENTRÍFUGA>.



SUMMARY

The present curricular integration research project aimed to implement an automated system for control and visualization applied to the water distribution process from the water storage tank at Novacero company. Through the literature review of the water distribution process at the Novacero plant, the software and hardware requirements needed for water level control and visualization were determined; the system consist of four sensors placed in the tank, which take the signals to be processed by a programmable logic controller (PLC) which will activate the inlet pumps, solenoid valve and the tank's outlet pump, in addition there is a human-machine interface (HMI) with two operating modes: automatic and manual allowing to visualize the process environment with water level data displayed in both percentage and volume. The validation and stability test of the sensors indicated a relative error and absolute error of less than 1%, which makes the use of these sensors optimal. The communication integrity test determined 100% data integrity for the SITRANS LR140 sensor. The visualization process time test indicates a difference of 54 seconds faster when using the automated system, improving the operator's response time to failure events. From the energy consumption test, it was determined that the system consumes 24 amperes (A) during operation. The Novacero water plant operator validated the professional verification test. Finally, it is concluded that the automated control and visualization system presents good stability and zero variation of the sensors, reduction of the water level visualization time, easy access and handling, and compliance with operating standards. It is recommended to study the possibility of incorporating IIoT technology and a SIS security system.

Keywords: <AUTOMATED SYSTEM>, <STORAGE TANK>, <HUMAN-MACHINE INTERFACE (HMI)>, <PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC)>, <SITRANS LR140 SENSOR>, <ELECTROMAGNETIC RELAY>, <FLOAT LEVEL SENSOR>, <CENTRIFUGAL PUMP>.



Lenin Iván Lara Olivo

C.I.: 0602546103

INTRODUCCIÓN

En Irak se implementó un prototipo de sistema de control de nivel de tanque de agua basado en el (internet de las cosas) IoT mediante un (controlador lógico programable) PLC, el cual consistió en el control y monitorización artificial utilizando IoT, el cual incluye dos sistemas de control que es un PID y lógica difusa. El control difuso se simula primero con MATLAB y luego se desarrolla un algoritmo difuso basado en el método sugeno dentro del PLC. El protocolo Modbus utiliza la conexión del PLC con el servidor y los sensores OPC. El sistema IoT está diseñado para utilizar el (protocolo de comunicación abierta) OPC y un (protocolo de mensajería ligero) MQTT, y los datos se cargarán en la nube. ESP8266 se utiliza para conectar los sensores al enrutador a través de la comunicación inalámbrica. El protocolo Modbus utiliza la conexión del PLC con el servidor y los sensores OPC. En esta implementación se concluyó que se puede integrar el uso de tecnología IoT con PLC mediante el uso de tecnología inalámbrica en la transmisión de datos de sensores al PLC, y el desarrollo de un algoritmo para operar la lógica difusa dentro del entorno del PLC. (Ali et al., 2020)

En Perú se propone un sistema automático de supervisión y control de nivel del tanque elevado para garantizar el abastecimiento de agua en la Universidad Nacional Pedro Ruíz Gallo. Este trabajo propuso el diseño y simulación del sistema de control mediante el estudio de metodologías de desarrollo de interfaces, utilizando el PLC de la marca Schneider M221, un HMISTU855 y el software de programación LabVIEW. Para su implementación requiere los equipos e instrumentos siguientes PLC, Sensores de nivel, Válvula ON/OFF, (interfaz hombre máquina) HMI. El sistema fue activado desde un tablero de control y a la vez monitoreado desde un (supervisión, control y adquisición de datos) SCADA. El programa fue activando las electrobombas y la válvula según el nivel del tanque y la cisterna, también se podrá hacer un control manual. Finalmente se concluye que el sistema automático de supervisión y control sirve para demostrar las competencias adquiridas por los alumnos en el área de automatización y control por parte de los alumnos de la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo (Maz Ventura et al., 2018).

En el año 2015 se realizó la “Automatización del bombeo de agua a través del control de nivel de la cisterna de la Estación Miraflores EP-EMAPA” (Jácome Viviana, 2015), para alcanzar este estudio se utilizó el sensor TSPC-30S1 de marca SENIX, así como también de los variadores Allen Bradley F700s y Mitsubishi Power Flex 700 controlados por el PLC S7-1200, el mismo que es programado a través de una computadora con la ayuda del software (totally Integrated Automation

Portal) TIA PORTAL. En este caso se concluye que la automatización de la cisterna optimiza los recursos físicos e hídricos tanto de la Estación Miraflores.

En el año 2010 con el tema “Diseño e implementación de un módulo de monitoreo y control de nivel de agua basado en un computador, a través del PLC utilizando LabVIEW para el Laboratorio de Control.” (Vaca Cevallos & Castro Muñoz, 2010), al indagar en este tema de estudio se pudo concluir que el sensor ultrasónico no es muy adecuado para aplicaciones de control de nivel por su poca eficiencia ante un líquido como el agua.

NOVACERO es una sólida empresa ecuatoriana, pionera y líder en el mercado desde 1973, con la mejor experiencia en la creación, desarrollo e implementación de soluciones de acero para la construcción. Esta empresa cuenta con varias áreas como son la de fundición, laminación, mantenimiento de maquinaria, planta de agua. En esta última se realizan varios procesos como es la captación del agua, tratamiento con químico, sedimentación, filtrado, almacenamiento y distribución de agua.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

En el presente capítulo se realiza un estudio del planteamiento del problema, la justificación teórica y aplicativa, los objetivos y la metodología utilizada en el presente trabajo.

1.1. Planteamiento del problema

¿Cómo implementar un sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero?

1.2. Justificación teórica

El nivel de competitividad del mundo globalizado de hoy ha definido que la automatización industrial se constituya en uno de los pilares de mayor importancia para el sector productivo en cualquier país, lo cual ha permitido que esta área de la ingeniería se convierta en un campo de gran interés tanto para académicos como para industriales (Sánchez & Pizarro, 2010).

Actualmente el nivel de automatización industrial en las empresas constituye un pilar para la competitividad en el sector productivo, implicando el uso de diversas tecnologías a fin de controlar un sinnúmero de procesos industriales y que estos sean capaces de efectuar las operaciones deseadas limitando en lo mayor posible la intervención humana para ejecutar un servicio o fabricar un producto, suprimiendo los trabajos manuales y además solucionando problemas ergonómicos de los operarios (Alcoser Quinteros Patricio et al., 2015.).

La recolección automática de información de los procesos de producción, incrementando la precisión de los datos y minimiza los costos de adquisición. Esto contribuye a una mejor toma de decisiones a la hora de mejorar los procesos industriales (EXSOL, 2017).

La automatización minimiza la necesidad de comprobar parámetros del proceso, dichos parámetros se ajustan automáticamente a los valores fijados o deseados, usando técnicas de control (Lledó, 2017).

El desperdicio del agua identificado por el uso para consumo humano y doméstico de los habitantes no es la única fuente de desperdicio, ya que las actividades agropecuarias, industriales y/o empresas que aprovechan el recurso hídrico dentro de sus procesos para la producción también presentan un uso ineficiente (ESTRATEGIA NACIONAL DE CALIDAD DEL AGUA, 2016).

Cabe mencionar que otro factor importante en el tanque de almacenamiento es el control del nivel del agua está debe estar dentro de los rangos establecidos por el operador para cuidar el desperdicio del agua y también el correcto desempeño de la bomba de agua.

El presente proyecto tiene como objetivo aportar a la solución del problema existente en el tanque de almacenamiento de agua ya que los procesos realizados están dados de manera manual, es por tal motivo que se presenta una solución a este problema la implementación de un sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero, que permita el encendido y apagado de las bombas de entrada y salida, electroválvula, además de la visualización del nivel de agua existente en el tanque de almacenamiento de agua.

1.3. Justificación aplicativa

Al constatar que en la empresa Novacero en el proceso de distribución de agua para el almacenamiento y visualización del nivel de agua se emplea el método de adquisición de datos y control manual, lo cual limita el óptimo funcionamiento del sistema, se considera que es necesaria la actualización y automatización del proceso de distribución del agua con el propósito de facilitar la visualización y control del nivel del agua.

Para lograr este propósito, en un primer momento se realiza un análisis situacional de los procesos de almacenamiento del agua, posteriormente se dimensiona los instrumentos y equipos a utilizar seguidamente se instalan los equipos los cuales son el controlador, transmisor de nivel y actuador, luego se desarrolla una interfaz gráfica para la visualización y control del sistema, juntamente con la adquisición de datos de la variable de nivel de agua y estado de encendido de la bomba de agua.

El control on-off permite el control de la bomba, electroválvulas y sensor de nivel que utiliza un controlador lógico programable el cual permite el encendido de la bomba de agua, electroválvulas y obtener el nivel del agua por medio de un transmisor de nivel.

Para obtener el nivel del agua se ha dispuesto utiliza un transmisor de nivel tipo radar el cual permitirá la medición del nivel sin contacto además que no se ve afectado por altas presiones, temperatura, polvo ya que son robustos y de uso industrial, además de dos sensores de nivel tipo boya los cuales servirán en caso de alguna falla en el sensor primario de nivel.

El actuador que permitirá la distribución del agua para el almacenamiento dentro del tanque es una bomba centrífuga. El sensor de nivel permitirá realizar un control on-off a los actuadores de acuerdo con las siguientes especificaciones.

Cuando el nivel del agua sea máximo las bombas de entrada se apagan, la electroválvula se cierra y la bomba de salida permanece activa, en caso de que el nivel del agua sea mínimo la bomba de salida se mantiene cerrada, la electroválvula se abre y las bombas de entrada se encienden.

El sistema tendrá dos modos de funcionamiento (manual /automático), cuando se seleccione el modo automático el sistema deberá actuar con las condiciones antes mencionadas y cuando el sistema funcione de manera manual se podrá realizar las activaciones de todos los elementos del sistema de forma manual

1.4. Objetivos

Objetivo General

Implementar un sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero.

Objetivos Específicos

- Estudiar el proceso de automatización y control del tanque de almacenamiento de agua y su distribución en la planta Novacero.
- Implementar un tablero de potencia para centralizar las entradas de la red eléctrica tanto como el tablero principal para el control de la bomba de distribución, electroválvulas y visualización del estado del tanque de almacenamiento de agua.
- Diseñar una interfaz para controlar el estado del tanque de almacenamiento de agua.
- Validar la automatización para el control y visualización del tanque de almacenamiento en comparación al control manual tomando en cuenta la fiabilidad y la seguridad del sistema.

1.5. Metodología

Métodos Teóricos

Revisión documental: mediante la indagación de documentos, paper, libros, hojas técnicas, revistas, etc. Relacionadas con la automatización para el control y visualización del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero

Sistematización: utilizar la información proveniente de fuentes bibliográficas y experimentales para determinar las especificaciones de diseño necesarias para el sistema propuesto.

Análisis y síntesis: examinar los resultados de las pruebas efectuadas y llegar a conclusiones y recomendaciones.

Métodos Empíricos

Experimentación: verificación de los distintos componentes que integran el sistema.

Medición: evaluación de la variable de control y visualización durante la puesta en marcha del sistema.

Observación: validación del sistema implementado

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

En el presente capítulo se realiza una revisión bibliográfica referente a la planta de tratamiento de agua en Novacero, el proceso de distribución, los elementos para la automatización de tanques de agua y normas utilizadas para la presente investigación.

2.1. Novacero

Es una sólida empresa ecuatoriana, pionera y líder en el mercado desde 1973, con la mejor experiencia en la creación, desarrollo e implementación de soluciones de acero para todo tipo de construcciones. Las cuales se localizan en modernas construcciones industriales y agroindustriales, instalaciones comerciales, educativas, deportivas, de vivienda y en infraestructuras viales del Ecuador y también fuera del país. (Novacero, 2022)

2.1.1. Planta de tratamiento de agua en Novacero

El agua que llega a la planta de tratamiento de la empresa Novacero es captada desde una acequia cercana y almacenada en un pozo para su posterior procesamiento. El líquido es sometido a una serie de etapas de tratamiento de agua como se observa en la ilustración 2-1. En la que se encuentra etapa de oxidación, sedimentación, clarificación, filtración y finalmente la distribución de agua.



Ilustración 2-1: Planta de tratamiento de agua Novacero

Realizado por: Jácome, Johnny, 2023.

2.2. Proceso de distribución de agua en la planta Novacero

El proceso de distribución de agua empieza una vez que el agua ha pasado por la etapa de filtración. El agua es bombeada hacia el tanque de almacenamiento por medio de una bomba centrífuga PU05-A o de la bomba PU05-B las cuales son activadas por medio de selectores que se encuentran instalados en el tablero eléctrico 1. Cuando el agua ha llegado al tanque de almacenamiento, se pueden encontrar dos sensores de nivel tipo boya. Estos sensores proporcionan una señal de encendido y apagado a la bomba centrífuga de entrada y salida del tanque de almacenamiento de agua en función del nivel máximo o mínimo de agua. En la salida del tanque, la bomba centrífuga PU06-A siempre se mantiene activada ya que es encargada de distribuir el agua de manera continua para abastecer al proceso de osmosis, esta bomba se controla mediante un selector que se encuentra instalado en el tablero eléctrico 2. El proceso de distribución de agua no es crítico por lo cual se utiliza lógica cableada y controles manuales para el uso de los equipos.

Para la verificación del nivel de agua en el tanque de almacenamiento el operador lo realiza de manera manual mediante el procedimiento de subir a la parte superior del tanque por medio de las escaleras y observar empíricamente si el tanque está lleno o en qué nivel se encuentra el mismo como se observa en la ilustración 2-2 este procedimiento lo realizan diariamente en los turnos diurnos y nocturnos.



Ilustración 2-2: Verificación de nivel de tanque de almacenamiento

Realizado por: Johnny Jácome ,2023

2.2.1. Equipos instalados en el proceso de distribución de agua

Los principales elementos que se encuentran instalados en el proceso de distribución son:

- Un tablero eléctrico 1 en el cual se encuentra instalado la parte de control y potencia de las bombas PU05-A, PU05-B, los selectores y luz piloto de cada bomba. Además, un tablero eléctrico 2 en el cual se encuentra la parte de elementos de potencia de la bomba PU06-A con su respectivo selector y luz piloto.
- En la entrada del tanque se dispone de dos bombas centrífugas llamadas PU05-A y PU05-B estas bombas son de marca Goulds modelo 3656 con accionamiento de motor de marca Baldor modelo 35N835T481.
- En la salida del tanque se encuentra instalado una bomba centrífuga PU-06-A de marca Goulds modelo 3656 con accionamiento de un motor de marca Baldor modelo 35N835T481.
- En el interior del tanque de almacenamiento en la parte superior se dispone de un sensor de nivel tipo boya y en la parte inferior del tanque otro sensor del mismo tipo de marca Camsco.
- Se dispone de un PLC S7-1200 con CPU 1212C compacto AC/DC/RLY el cual fue adquirido para proyectos de automatización en la planta de agua.

2.2.2. Tanque de almacenamiento

Se encuentra instalado en la planta de tratamiento de agua en la empresa Novacero, este tanque de almacenamiento es de tipo australiano con forma cilíndrica como se puede observar en la ilustración 2-3. Ensamblado con paneles de acero corrugado galvanizado posee una dimensión de 1.92 m de altura y 5 m de diámetro con una capacidad de 37,70 m³.



Ilustración 2-3: Tanque de almacenamiento en la empresa Novacero

Realizado por: Johnny Jácome ,2023

2.3. Elementos para la automatización de tanques de agua

Se puede implementar el uso de varias tecnologías para supervisar y regular un proceso, máquina, dispositivo o equipo que generalmente realiza tareas o funciones repetitivas, permitiendo que funcione de manera automática y minimizando la necesidad de la intervención humana. El objetivo de la automatización industrial es producir la mayor cantidad de producto en el menor tiempo posible, con el propósito de disminuir los gastos y asegurar excelencia en la calidad (Geovany, 2015).

Una automatización de tanques de agua se compone de varios elementos los cuales son necesarios para realizar este proceso entre los principales se encuentra:

- Sensor de nivel: se utiliza para medir el nivel de agua en un tanque y proporcionar una señal de entrada al controlador
- Controlador: recibe la señal del sensor de nivel y controla el funcionamiento de la bomba de agua para mantener el nivel de agua dentro de un rango predefinido.
- Actuador: se utiliza para controlar la bomba y/o válvula de agua y asegurar que funcione de acuerdo con las señales del controlador
- Dispositivo de protección: se utiliza para proteger el sistema de posibles fallas de sobrecargas de corriente o voltaje.
- Pantalla de visualización: muestra el nivel de agua y las variables que interactúan en el sistema.

Estos elementos pueden variar dependiendo del tipo de sistema y necesidades específicas de cada entorno de trabajo o aplicación (Design and Development of Automatic Water Level Controller System, 2017).

2.4. Acción de control on-off

Este tipo de sistema de control se conoce como control de dos posiciones, y se caracteriza por tener solo dos posiciones fijas en su salida, independientemente de que el elemento final de control pueda tener posiciones intermedias. El controlador alterna entre dos estados fijos, encendido y apagado, y no tiene en cuenta ninguna posición intermedia del elemento de control. Este tipo de control es muy popular debido a su simplicidad y bajo costo, se utiliza ampliamente en aplicaciones como el corte de procesos, bloqueo de productos en tanques de almacenamiento, válvulas de control entre otras (Gallo, 2021).

2.5. Controlador lógico programable (PLC)

Es una máquina industrial utilizada en la ingeniería para automatizar procesos y garantizar un funcionamiento efectivo de los sistemas que lo componen. Estos controladores lógicos programables están integrados por entradas y salidas, fuentes de energía, case, interfaz de programación, módulos de programación, salidas de transmisores salidas con relés. Además, estos dispositivos tienen la capacidad de comunicarse de manera remota con otros controladores y computadoras en redes de área local, manejar entradas y salidas de forma segura, soportan diversos lenguajes de programación (Gallo, 2021).

2.5.1. Tipos de PLC para la industria

Los controladores lógicos programables para la industria se clasifican según su arquitectura en PLC's compactos y modulares. En la actualidad, hay una amplia variedad de PLC en el mercado que satisfacen las diversas necesidades de la automatización, Las marcas Siemens, Schneider y Allen Bradley son ampliamente reconocidas por su calidad y seguridad, siendo las más destacadas. (GLS Industrias, 2021).

2.5.2. Selección de familia del PLC

Apoyándose en la revisión bibliográfica revisada, se genera la tabla 2-1 que muestra una comparativa entre las distintas familias más reconocidas de PLC.

Tabla 2-1: Comparativa de las características de las familias de PLC

Características Familia	Siemens	Schneider	Allen Bradley
Tipo	Modular y compacto	Modular y compacto	Modular y compacto
Alimentación	24 VCC/ 100 a 240 VAC	100-240 VAC	24 VCC /100 a 240 VAC
Software de programación	Tia Portal	EcoStruxure	RsLogix
Entradas salidas	8 entradas y 4 salidas	8 entradas y 4 salidas	8 entradas y 4 salidas
Acepta Adición de módulos	Si	Si	Si
Comunicación	Profibus	MODBUS	Devicent
Costo	Acorde al mercado	Acorde al mercado	Excede ligeramente en precio en comparación a otras marcas

Fuente: (Berrocal, y otros, 2022) (Arias, 2021) (Schneider Electric, 2023)

Realizado por: Jácome, Johnny ,2023

En base al análisis de la tabla 2-1, para el control del nivel de agua se ha seleccionado la familia de PLC Siemens, debido al costo y alimentación ya que los otros parámetros son similares en las otras familias.

2.6. Sensor de nivel de agua

Los sensores de nivel de líquidos son dispositivos que activan una alarma cuando el nivel de líquido dentro de un recipiente alcanza un punto determinado. Su instalación permite automatizar el proceso de llenado de tanques y obtener en tiempo real la capacidad en el interior de este. Se instalan comúnmente en tanques, depósitos, tolvas y otros recipientes similares. El funcionamiento de este tipo de sensores se basa en un receptor de señal que detecta cuando el nivel de líquido en el interior alcanza el punto establecido. Los tipos de sensores más utilizados son los de tipo radar sin contacto, sensor flotador y sensor ultrasónico sin contacto (Solutions, 2023).

- **Sensor tipo radar sin contacto**

Envía una señal microondas a la superficie del producto, que refleja de vuelta hacia el sensor. De la medida del tiempo de tránsito entre la onda emitida y la recepción de la onda reflejada, se puede calcular la distancia entre el sensor y la superficie del producto y determinar el nivel de este. La principal ventaja de este tipo de sensores radica en su capacidad de medir el nivel en cualquier tipo de producto. Estos sensores son sumamente precisos e insensibles a propiedades como la temperatura, la presión o la densidad del producto. Al no requiere contacto directo estos sensores pueden ser utilizados en condiciones ambientales adversas (Cheaytani, 2019).

- **Sensor Flotador**

Se utilizan para detectar si el nivel es máximo o bajo de un tanque, dependiendo de la configuración cierra o abre un interruptor. Al ascender o descender el nivel del líquido, los imanes internos del flotador atraen al interruptor de lámina magnética, lo que permite detectar la posición del nivel de líquido y utilizar como un sistema de control de nivel. (Calderón, y otros, 2018)

- **Sensor ultrasónico sin contacto**

Envía impulsos de alta frecuencia que rebota en la superficie del producto, midiendo el tiempo que tarda la onda en regresar desde la emisión hasta la recepción de la onda reflejada. De esta manera se puede calcular la distancia entre el sensor y la superficie del producto. Es importante tener en cuenta que estos sensores no son adecuados para medir productos que formen espuma o liberen polvo. Además, estos sensores son muy sensibles a las variaciones de temperatura y no son apropiados para uso en ambientes con altas temperaturas o presiones (Cheaytani, 2019).

2.6.1. Selección del sensor de nivel de agua

En base al estudio anterior de los tipos de sensores de nivel agua se realiza una comparativa de ventajas y desventajas con el propósito de definir el sensor idóneo a utilizar.

Tabla 2-2: Selección de sensor de nivel de agua

Tipo de sensor	Ventajas	Desventajas
Sensor Flotador	<ul style="list-style-type: none">• Medición precisa• Insensible a la espuma y la viscosidad• Precio asequible, exento de mantenimiento	<ul style="list-style-type: none">• Sensible a las ondulaciones de la superficie• Rango de medición pequeño (< 1 m)• Inadecuado para productos corrosivos
Sensor ultrasónico	<ul style="list-style-type: none">• Medición sin contacto• Medición precisa• Autolimpieza, exento de mantenimiento• Amplio rango de medición• Fácil de instalar	<ul style="list-style-type: none">• Sensible a las variaciones de temperatura• Sensible a presiones y temperaturas extrema• Inadecuado para productos espumosos o polvo• Sensible a los productos conductores
Sensor Radar	<ul style="list-style-type: none">• Medición sin contacto• Medición muy precisa• Rango de medición regulable• Precisos a temperatura, presión	<ul style="list-style-type: none">• Sensible a los productos conductores de la electricidad

Fuente: (Cheaytani, 2019)

Realizado por: Jácome, Johnny ,2023

En base a la tabla 2-2 y sus ventajas de ser precisos a propiedades de temperatura, presión, densidad el sensor de nivel de agua seleccionado para este trabajo es de tipo radar.

2.7. Actuadores para distribución de agua

Un mecanismo de control final es un dispositivo que modifica el valor de una variable manipulada en función de una señal recibida del dispositivo de control automático. Su función principal es manipular el flujo de energía o material en el proceso. Los elementos finales de control puede ser una válvula de control, bombas de agua, variadores de frecuencia, motores eléctricos y un relé. (Creus, 2009)

2.7.1. Bombas de agua

Es una máquina que convierte la energía mecánica en energía hidráulica con el fin de impulsar un fluido incompresible. A medida que la energía se transfiere al líquido, se logra un aumento en la presión para impulsarlo con mayor fuerza.

Generalmente, se clasifican en función del tipo de movimiento del fluido, siendo las más frecuentes las bombas periféricas y bombas centrífugas. (Mott, 2006).

- **Bomba centrífuga**

Son un tipo de bomba hidráulica siempre de naturaleza rotativa. Su función es convertir la energía mecánica del impulsor en energía cinética o de presión de un fluido incomprensible.

La entrada del fluido se produce en el centro del rotor, el cual está dotado de aletas para guiar el fluido.

La fuerza centrífuga expulsa el líquido hacia el exterior, donde es capturado por la carcasa o cuerpo de la bomba. Gracias a la forma del cuerpo, el líquido es direccionado hacia las tuberías de salida o hacia el rotor siguiente. Se caracteriza por ser muy versátiles e idóneas en ambientes industriales.

Debido a su estructura son de fácil mantenimiento, otra de sus ventajas yace en su gran durabilidad (INOXMIM, 2021).

- **Bomba periférica**

Tiene una turbina de menor tamaño en comparación con las bombas centrífugas, lo que implica una menor capacidad de producción de agua en términos de rapidez y flujo.

No obstante, este inconveniente se compensa con la capacidad de generar presión elevada para mover el agua.

Estas bombas son relativamente fáciles de operar, pero requieren un mantenimiento y reparación algo más complejo. Utilizadas para bombear agua limpia o líquidos químicos (INOXMIM, 2021).

2.7.2. Selección de tipo de bomba

Apoyándose en la revisión bibliográfica revisada, se genera la tabla 2-3 que muestra una comparativa entre las características de los tipos de bombas de agua.

Tabla 2-3: Selección de sensor de nivel de agua

Características	Bomba Centrífuga	Bomba periférica
Relación caudal-presión	Tiene mayor Caudal y mayor succión	Son de menor caudal, pero poseen mayor presión
Tamaño de turbinas	El tamaño es grande	Tiene un tamaño pequeño
Mantenimiento	Debido a su estructura son de fácil mantenimiento	Son de mantenimiento complejo
Aplicaciones	Utilizadas en redes de distribución de agua en industrias mineras, petroquímicas	Utilizadas en hogares y edificios

Fuente: (Cheaytani, 2019)

Realizado por: Jácome, Johnny ,2023

En base a la tabla 2-3, el tipo de bomba seleccionada para el bombeo de agua en el tanque de almacenamiento es una bomba de tipo centrífuga, debido a las características de relación caudal-presión y tipo de aplicación, cualidad indispensable para la distribución de agua ya que este proceso genera o maneja caudales altos y además este proceso se encuentra dentro de un entorno industrial.

2.7.3. Electroválvula

Es un mecanismo electromecánico que se encarga de regular el flujo de un líquido a través de una tubería. Esta válvula es accionada mediante una bobina solenoide y su funcionamiento se limita a dos posiciones abierta o cerrada, es decir una configuración todo o nada. Las electroválvulas son ampliamente utilizadas en diversas aplicaciones para controlar el flujo de líquidos de todo tipo. Existen varios tipos de electroválvulas las cuales se clasifican según su uso las cuales son de acción directa y asistidas (SHI, 2018).

- **Acción directa**

Este tipo de válvula se emplea en aplicaciones y caudales reducidos. En esas válvulas, el embolo está conectado mecánicamente a la aguja de modo que, al activar la bobina, el embolo se desplaza hacia el centro de la válvula levantando la aguja. (Altec, 2023)

- **Asistidas**

La electroválvula no es controlada directamente por el solenoide, sino que este último actúa sobre una válvula piloto secundaria que genera energía y proporciona la presión requerida por la válvula principal. (SHI, 2018)

2.7.4. Selección de electroválvula

En función a la revisión bibliográfica revisada, se genera la tabla 2-4 que muestra una comparativa entre los diferentes tipos de electroválvulas.

Tabla 2-4: Comparación de tipo de electroválvulas

Características	Acción directa	Asistida
Voltajes	24 VDC-110VAC-240 VAC	24 VDC-110VAC-240 VAC
Aplicaciones	Procesos sencillos de accionamiento	Industriales alto caudal
Grado de protección	IP65	IP65
Material	Latón, plástico y acero inoxidable	Latón, plástico y acero inoxidable
Numero de vías	2,3,4,5	2,3,4,5

Fuente: (Cheaytani, 2019) (SHI, 2018)

Realizado por: Jácome, Johnny ,2023

En base a la tabla 2-4, el tipo de electroválvula seleccionada para el control y visualización de nivel de agua, debido al tipo de aplicación, voltaje y grado de protección es la de acción directa ya que el entorno está expuesta al ambiente y polvo.

2.8. Interfaz Hombre Máquina (HMI) en los procesos de control industrial

Es el sistema que actúa como vinculo de conexión entre la persona y la máquina. Las pantallas HMI permiten que el operario visualice el funcionamiento de los procesos para conocer el comportamiento de los equipos en la planta en un determinado tiempo.

En consecuencia, los sistemas HMI se han convertido en una herramienta muy útil, por lo que es importante tener en cuenta su importancia en el diseño visualización y control. Los HMI más comerciales son de las marcas Allen-Bradley, Siemens y Schneider (Ramos, 2012).

2.8.1. Selección de HMI

Apoyándose en la revisión bibliográfica revisada, se genera una tabla 2-5 que muestra una comparativa de las familias de HMI más comerciales.

Tabla 2-5: Comparativa de familias de HMI más comerciales

Características	Schneider	Siemens	Allen-Bradley
Voltaje de Alimentación	24 VDC-	24 VDC-125mA	24 VDC
Software de Programación	EcoStruxure Operator	WinCC, TIA Portal	FactoryTalk View ME
Consumo de Potencia	6,9 W	3 W	9 W
Grado de Protección	IP65	IP20, IP65	IP65, IP69K
Características	Schneider	Siemens	Allen-Bradley
Interfaz de Comunicación	Modbus TCP, Ethernet IP y Profinet	Modbus, Profinet	DeviceNet, ControlNet y EtherNet/IP
Tipo de Pantalla	Táctil	Táctil	Táctil
Resolución pantalla	480 x 272 pixeles	800*480 pixeles	800 x 480 píxeles
Tamaño de pantalla	4” a 15”	4” a 12”	4” a 15”
Precio Aproximado en el mercado	\$398	\$462	\$1.580

Fuente: (Schneider Electric, 2023) (SIEMENS, 2023) (Rockwell Automation, 2023)

Realizado por: Jácome, Johnny ,2023

En base al análisis de la tabla 2-5 se puede observar que la familia de HMI Siemens tiene buenas prestaciones como es el bajo consumo de potencia y buen grado de protección que se adaptan al entorno donde se realiza el trabajo de investigación además que su costo es más accesible en comparación a las demás familias.

2.9. Tableros de potencia y control

Es un componente responsable de salvaguardar los sistemas de alimentación y control de las instalaciones eléctricas industriales. Se utiliza para suministrar energía de manera adecuada y regular la energía eléctrica para mantener los equipos en funcionamiento. Además, en caso de fallas permite manipular el sistema. Los tableros de potencia y control se clasifican de acuerdo con su aplicación en dos tipos tableros modulares autoportado y gabinetes de pared (Tituaña, 2015).

2.9.1. Selección de tablero de potencia y control

En función a la revisión bibliográfica analizada, se genera la tabla 2-6 que muestra una comparativa entre los tipos de tableros de potencia y control.

Tabla 2-6: Comparativa de tableros de potencia y control

Características	Modular autosoportado	Gabinetes de pared
Material	Acero laminado en frío	Acero laminado
Grado de Protección	IP 64, IK 10	IP 64, IK 10
Aplicaciones	<ul style="list-style-type: none"> Industrial, comercial, residencial Equipos eléctricos Tableros de distribución 	<ul style="list-style-type: none"> Equipos eléctricos Dispositivos con alto nivel de protección ambiental
Precio	\$574,26	\$144,35
Uso	Interiores	Interiores y exteriores

Fuente: (Inselec, 2023)

Realizado por: Jácome, Johnny ,2023

En base a la tabla 2-6 el tablero seleccionado es de tipo gabinete de pared, debido a la característica de uso y grado de protección, cualidad indispensable centro del entorno de aplicación de esta investigación.

2.10. Tratamiento de señales analógicas

Es importante una buena calidad de adquisición de los datos de un sensor o transductor para convertir esta señal adquirida en una señal digital para ser utilizada por el PLC. En la ilustración 2-4 se observa las etapas para el tratamiento de las señales analógicas que pueden ser de tipo nivel, presión, distancia o temperatura. (Torres, 2021).

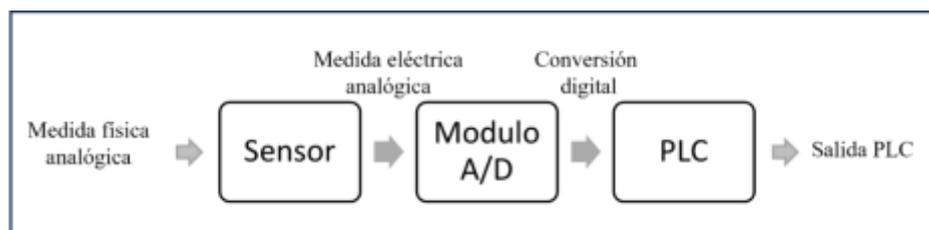


Ilustración 2-4: Etapas tratamiento señal analógica

Fuente: (Torres, 2021)

- **Conversion de medida física analógica a medida eléctrica analógica**

Para esta transformación se toma en cuenta la gráfica de resolución del sensor como se observa en la ilustración 2-5 la cual está compuesta en el eje x donde se encuentra la medida física analógica y en el eje y, el nivel de corriente que maneja el sensor.

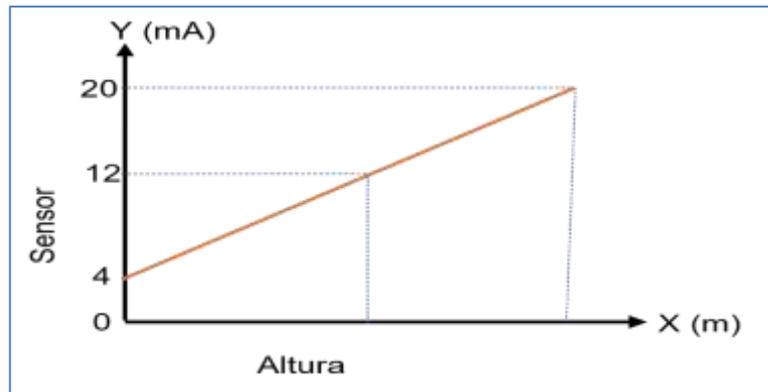


Ilustración 2-5: Plano resolución vs Corriente del sensor

Fuente: (Torres, 2021)

Para calcular el valor de la media eléctrica analógica se toma en cuenta la ilustración 2-5 la cual tiene la propiedad de linealidad ya que existe relación directa en la captación de la medida física analógica con respecto a la salida eléctrica analógica con lo cual la ecuación 2-1 permite realizar el cálculo de la señal eléctrica analógica.

La ecuación 2-1 está definida de la siguiente forma:

- Y_{max} : Valor Señal de Corriente máxima del sensor
- Y_{min} : Valor Señal de Corriente mínima del sensor
- X_{max} : Rango de altura máxima del sensor
- X_{min} : Rango de altura mínima del sensor
- $X_{maxActual}$: Rango de altura actual
- K : Valor mínimo de señal de corriente del sensor (offset)

$$\left(\frac{Y_{max} - Y_{min}}{X_{max} - X_{min}} * X_{maxActual} \right) + K$$

Ecuación 2-1 : Medida eléctrica analógica

- **Conversion de medida eléctrica analógica a señal digital**

Para esta transformación se toma en cuenta el gráfico de resolución del módulo A/D el cual está compuesto en el eje x donde se encuentra el número de bits que corresponde la resolución del módulo y en el eje y, el nivel de corriente que maneja el sensor como se observa en la ilustración 2-6.

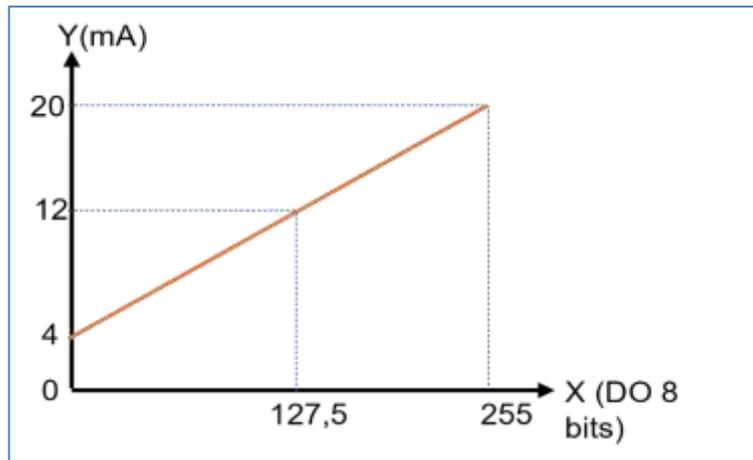


Ilustración 2-6: Plano resolución vs Corriente

Fuente: (Torres, 2021)

Para calcular el valor de la media digital se toma en cuenta la ilustración 2-6 la cual tiene la propiedad de linealidad ya que existe relación directa en la captación de la medida eléctrica analógica con respecto a la salida digital con lo cual la ecuación 2-2 permite realizar el cálculo de la señal digital.

La ecuación 2-2 está definida de la siguiente forma:

- Y_{max} : señal corriente máxima del sensor
- Y_{min} : señal corriente mínima del sensor
- X_{max} : valor máximo de bit
- X_{min} : valor mínimo de bit
- AI : valor de señal se corriente actual

$$\left(\frac{X_{max} - X_{min}}{Y_{max} - Y_{min}} * (AI - Y_{min}) \right) + X_{min}$$

Ecuación 2-2 : Valor Señal Digital

2.11. Volumen de un tanque cilíndrico

Se refiere al espacio ocupado dentro del cilindro. Es la cantidad de líquido o gas que puede estar en su interior. El volumen se mide en unidades cubicas (Ponce). El cálculo del volumen de un tanque cilíndrico se realiza utilizando la ecuación 2-3.

$$V = \pi * r^2 * h$$

Ecuación 2-3: Volumen de un tanque cilindro

La ecuación 2-3 está definida de la siguiente forma:

V : volumen del cilindro

π : es la constante pi

r : radio de la base del cilindro

h : altura del cilindro

2.12. Normatividad

Proporciona seguridad de los sistemas que se diseñan y construyen siguiendo las normas establecidas cumplen con los requisitos deseados en términos de fiabilidad, seguridad, eficacia y calidad. Si los productos y sistemas no se ajustan a estas normas, es posible que el resultado no sea seguro, fiable ni de buena calidad. (CDE, 2023)

2.12.1. Norma ANSI/ISA-101.01-2015

El objetivo de este estándar es abordar las interfaces HMI en equipos y procesos automatizados. Para esta investigación se considera la cláusula 5 de la cual se tomarán las consideraciones de sus subsecciones (CDE, 2023).

2.12.1.1. Clausula 5.1 Principios generales del diseño HMI

El propósito de esta cláusula es brindar un conjunto de principios generales para un diseño clave de una interfaz HMI los cuales son (ISA, 2015) :

“-El HMI es una herramienta eficaz para el control seguro y eficiente del proceso.

-El HMI ayuda en la detección temprana, el diagnóstico y la respuesta adecuada a situaciones anormales.

-El HMI está estructurado para ayudar a los operarios a priorizar la respuesta a perturbaciones graves o múltiples simultáneas del sistema

-El fallo de una pantalla o de elementos de la pantalla es inmediatamente evidente para el operador”. (pg. 36)

2.12.1.2. Clausula 5.1.3 Conceptos generales de la ingeniería de factores humanos

Describe que para realizar una interfaz en la HMI se debe basar en los requerimientos del usuario principalmente del operador de planta designado por la empresa (ISA, 2015).

2.12.1.3. *Clausula 5.2.1.1 Iluminación ambiental y luminancia de la pantalla*

La luminancia de la pantalla HMI debe ser adecuada dado el entorno ambiental para evitar la fatiga visual y así no utilizar el uso excesivo de contraste (ISA, 2015).

2.12.1.4. *Clausula 5.2.1.2 Color*

Se debe tomar en cuenta la combinación de colores los cuales deben ser distinguibles entre sí con lo cual como regla el color debe usarse para enfatizar información clave como alarmas, además se debe considerar que los colores utilizados para las alarmas deben reservarse y no utilizar para ningún otro propósito a fin de fortalecer su significado cognitivo y la rapidez de respuesta del operador a las alarmas; El color y parpadeo debe dirigir la atención del operador hacia situaciones críticas que se están desarrollando (ISA, 2015).

2.12.1.5. *Clausula 5.2.1.3 Interacción fondo primer plano*

El fondo de la HMI debe ser de un color no saturado o neutro para limitar un excesivo contraste y diferenciarse del proceso de primer plano (ISA, 2015).

2.12.1.6. *Clausula 5.2.1.4 Densidad de la información mostrada*

Mostrar información pertinente que el operador pueda interpretar rápidamente y evitar información innecesaria (ISA, 2015).

2.12.1.7. *Clausula 5.2.1.5 Dinámica visual*

Ninguna parte de la pantalla debe parpadear mucho menos. Los números y el texto no deben moverse ya que se dificulta la tarea de lectura ya que esa función se utiliza para indicación de una alarma (ISA, 2015).

2.12.1.8. *Clausula 6 Estilos de visualización y estructura general*

Los estilos de visualización se refieren a como se presenta la información en una pantalla HMI los cuales pueden tener diferentes estilos como es por un resumen esquemático del proceso (ISA, 2015).

2.12.1.9. *Clausula 7.2.1.2 Presentación e ingreso de números (ISA, 2015)*

Si el rango numérico es excesivo se puede usar notación científica, el formato de número será en formato decimal, los números deben presentarse en forma directamente utilizables para que el operador no deba calcular ningún cambio de unidades (ISA, 2015)

2.12.1.10. *Clausula 7.2.1.3 Presentación y entrada de texto*

El texto debe ser justificado, las palabras sueltas y frases cortas pueden escribirse en mayúscula a diferencia de los párrafos que no deben escribirse con mayúsculas, los métodos para enfatizar el texto son el tamaño, la ubicación y el color (ISA, 2015).

2.12.1.11. *Clausula 7.2.1.5 Botones*

El texto de la etiqueta del botón debe ser claro para los usuarios y estar asociado claramente con el botón, el color de los botones y la animación deben definirse dentro de las limitaciones de la cláusula 5.2.1.2 (ISA, 2015).

2.12.1.12. *Clausula 8.3 Factores de trabajo de la HMI*

Los tiempos de actualización de la pantalla deben estar en el rango de 2 a 3 segundos en placas frontales y en el rango de 5 segundos en la mayoría de los parámetros para pantallas de procesos regulares (ISA, 2015).

2.12.2. Normal ANSI/ISA-S5.4

Indica cuál es la información básica y opcional necesaria para un circuito de instrumentación que forma parte de un proceso representado en un dibujo de ingeniería, como por ejemplo un diagrama de tuberías e instrumentación. (NORMA ISA S5.1).

“Esta norma proporcionará pautas para la preparación y uso de diagramas de bucle de instrumentos en el diseño, construcción, puesta en marcha, operación, mantenimiento y modificación de sistemas de instrumentación”. (pg. 18)

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se plantea los requerimientos que debe cumplir el sistema automatizado, la concepción de la arquitectura detallando cada una de las etapas que lo componen, diagrama de bloques, *hardware* y *software* necesarios para el desarrollo, además se especifica conexiones, algoritmos y diagramas de flujo necesarios para la implementación del sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero.

3.1. Requerimientos para el sistema automatizado

En base al estudio realizado en el capítulo anterior se definen los requerimientos necesarios para la implementación de un sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero los cuales son:

- El sistema automatizado debe contar con un sensor de nivel de agua primario sin contacto y dos sensores de nivel de agua secundario tipo boya (boya nivel máximo, boya nivel mínimo), un sensor de final de carrera, una torreta luminosa y una electroválvula.
- Para la determinación de los niveles del tanque de almacenamiento se establecerán los siguientes niveles que son máximo (el valor es ingresado en el HMI por el operador, por defecto será 1,92 m correspondiente al 100%) y como nivel mínimo (0,30 m correspondiente al 15,62%).
- En caso de falla del sensor de nivel de agua primario sensor SITRANS LR140 se deberá tomar como medida de seguridad utilizar las señales de los sensores de nivel tipo boya máximo y mínimo.
- Para el tiempo de activación de las bombas PU05-A o PU05-B se activará solo una bomba por día, la hora de inicio de activación o desactivación empieza desde las 6:00 am hasta las 6:00 am del siguiente día. Se iniciará con la bomba PU5-A.
- Cuando el nivel del tanque de almacenamiento de agua sea mayor igual al máximo se desactivará la electroválvula, bomba PU05-A o PU05-B dependiendo del requerimiento anterior del horario de activación. Además, se activará la bomba PU06-A.

- Cuando el nivel del tanque de almacenamiento de agua sea menor igual al mínimo se activará la electroválvula, bomba PU05-A o PU05-B según el horario y se desactivara la bomba PU06-A.
- Se dispondrá de un tablero de potencia y control de tipo gabinete de pared con una dimensión de 600 mm de alto x 400 mm de ancho x 200 mm de profundidad. A este tablero se lo etiquetará y será nombrado Tablero Australiano.
- El tablero australiano se integrará un PLC Siemens, una fuente de poder Siemens, cableado interno de las señales de las bombas PU05-A, PU05-B, PU06-A, electroválvula, sensor de nivel de agua primario y sensores tipo boya y final de carrera.
- Se dispondrá de un indicador luminoso tipo torreta de dos colores colocado alado del tablero del sistema automatizado, la luz roja intermitente roja se activará cuando el nivel de agua sea menor igual al mínimo (0,30 m) y la de color verde intermitente cuando el nivel sea mayor igual al máximo (1,92 m).
- En la tapa del tanque se instalará un sensor final de carrera que detendrá todo el sistema automatizado y activará la luz roja y verde intermitente de la torreta luminosa para alertar cuando la tapa se encuentre abierta.
- El sistema no controla caudal de entrada debido a que en el tanque del proceso de clarificación las tuberías siempre se mantienen con agua para garantizar el abastecimiento de agua en las bombas PU05A y PU05B.
- El arranque de las bombas PU05-A, PU05-B, PU06-A se realizará mediante un arranque directo y para el proceso de control de activación y desactivación de las bombas PU05-A, PU05-B, PU06-A y electroválvula se utilizará un control on-off.
- En base a requerimientos de usuario los selectores y luz piloto de las bombas PU05-A, PU05-B, PU06-A del tablero eléctrico 1 y tablero eléctrico 2 serán deshabilitados.
- En la tapa del tablero de control y potencia se instalará una pantalla HMI Siemens de 7" y un botón de paro de emergencia para desactivar todo el sistema automatizado.
- La comunicación entre el HMI y PLC se realizará mediante el protocolo Profinet.

Requerimientos para la interfaz gráfica de la HMI:

- La interfaz HMI estará compuesta por dos ventanas la una es para el modo automático y la otra para el modo manual. Las ventanas serán diseñadas bajo la norma ANSI/ISA-101.0 con la cláusula 5.1 que detalla los principios generales para el diseño de la HMI.
- En la ventana de modo automático se observará de manera gráfica el sistema automatizado que está conformado por el tanque, electroválvula, sensor final de carrera y bombas. Estas gráficas se realizarán bajo los principios generales que define la norma ANSI/ISA-101.01

- El sistema cuenta con dos campos de entrada (set nivel Max) que es el valor máximo de llenado del tanque y (set nivel Min) el cual permite mantener al tanque por encima de ese valor.
- Los valores de ingreso de los campos set nivel max y set nivel min son valores entre 0 y 100%. El valor de set nivel max debe ser mayor al set nivel min caso contrario se indicará un mensaje de alerta de nivel mal configurado.
- Para iniciar el sistema se contará con un botón de inicio para empezar con el modo automático y otro botón de paro para detener el sistema automático. Los colores de los botones estarán regidos bajo los parámetros de colorimetría de la norma ANSI/ISA-101.01.
- Se dispondrá de un botón (Seleccionar bomba) para la selección de la bomba de inicio del sistema automatizado. Además, el botón activa un indicador tipo circular de color tomate para mostrar cual bomba está accionada.
- Se dispone de un botón (ir a manual) el cual tiene la función desactivar todas las bombas y electroválvula, también permite cambiar de ventana de modo de operación.
- En la ventana de modo manual se observará de manera gráfica el sistema automatizado que está conformado por el tanque, electroválvula, sensor final de carrera y bombas. estas gráficas se realizarán bajo los principios generales que define la norma ANSI/ISA-101.01.
- El modo manual cuenta con un botón PU05-A, PU05-B, PU06-B, electroválvula el cual tiene como función activar o desactivar cada uno de los elementos. Cuando el botón se encuentre de color gris el elemento esta desactivado y de color verde cuando el elemento este activado
- En la imagen del tanque de las dos ventanas se dispondrá de dos barras gráficas la una para ver el nivel de agua en porcentaje y la otra para observar el nivel del agua en metros cúbicos.
- En las dos ventanas del sistema automatizado se contará con dos campos de salida numéricos para observar el volumen del agua en metros cúbicos y el porcentaje del nivel de agua en el tanque de almacenamiento, los valores serán representados con dos cifras decimales.
- En el modo manual y automático los gráficos de cada una de las bombas tendrán indicadores de alerta que son de color rojo parpadeante que indican una falla en el relé térmico, de color verde si la bomba esta activada y color gris si la bomba esta desactivada.
- En el modo manual y automático el sensor de nivel tipo boya máximo cuando cambie de estado del contacto deberá apagar las bombas de entrada PU05-A, PU05-B.
- En el modo automático y manual el sensor de nivel tipo boya mínimo cuando cambie el estado del contacto deberá apagar la bomba de salida PU06-A.
- En el modo manual y automático se dispone de un indicador de color rojo del sensor final de carrera el cual indica cuando la tapa del tanque está abierta y se visualiza un gráfico de alerta. Además, el sistema se detiene hasta que cambie el estado del sensor de final de carrera.

- El sistema automatizado no considera un sistema de energía de respaldo debido a que la empresa cuenta con una planta de luz para la zona norte que comprende mallas, comedor, garita y la planta de tratamiento de agua.

3.2. Análisis de fichas de estado técnico de los equipos

En base a una revisión técnica con expertos del área de la planta se realizó una valoración de los equipos. Dando como resultado en la Tabla 3-1 se observa el resultado del estudio de las fichas de estado técnico de los equipos y en el **Anexo A** se encuentra en detalle el análisis de cada uno de los componentes realizados.

Tabla 3-1: Tabla de análisis de estado técnico de los equipos

Equipos	Porcentaje de Estado Técnico	Resultado de estado técnico de los equipos Aceptable (80-100%) -Rechazado (0-79%)
Bomba PU05-A	88%	Aceptable
Bomba PU05-B	88%	Aceptable
Bomba PU06-A	93%	Aceptable
Sensor boya máximo	100%	Aceptable
Sensor boya mínimo	100%	Aceptable
Termomagnético PU05-A	90%	Aceptable
Termomagnético PU05-B	100%	Aceptable
Termomagnético PU06-A	90%	Aceptable
Contactador PU05-A	100%	Aceptable
Contactador PU05-B	100%	Aceptable
Contactador PU06-A	100%	Aceptable
Relé Térmico PU05-A	100%	Aceptable
Relé Térmico PU05-B	100%	Aceptable
Relé Térmico PU06-A	100%	Aceptable

Realizado por: Jácome, Johnny ,2023

En la tabla 3-1 se observa que todos los elementos cumplen con un porcentaje aceptable de funcionalidad por lo cual serán parte del sistema automatizado.

3.3. Concepción de la arquitectura general del sistema automatizado

En la ilustración 3-1 se puede visualizar la arquitectura general del sistema automatizado el cual está compuesto por un tablero eléctrico 1, tablero eléctrico 2 y un tablero de control y potencia en el cual se alojarán las señales de las bombas PU05-A, PU05-B, PU06-A, torreta luminosa, electroválvula y las señales del sensor de nivel primario y las boyas de nivel máximo y mínimo, además en la parte exterior del tablero se observa una pantalla HMI y un botón de paro de emergencia, en la parte superior se dispondrá de un indicador luminoso tipo torreta. El sensor de nivel primario será configurado mediante conexión bluetooth por medio de un dispositivo móvil en la aplicación SITRANS mobile IQ.

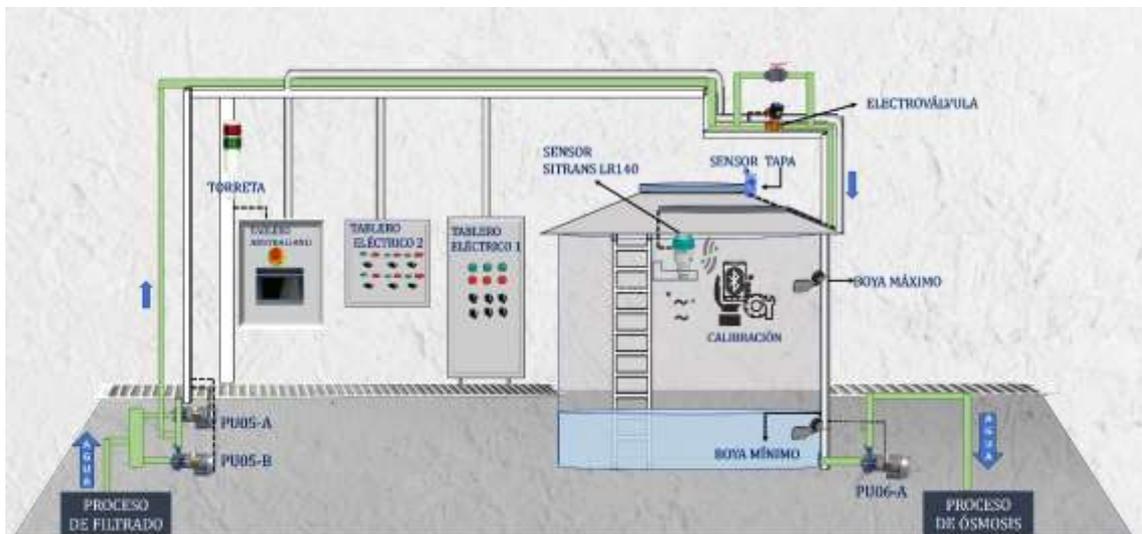


Ilustración 3-1: Concepción general del sistema automatizado

Realizado por: Jácome Johnny, 2023

3.4. Descripción de elementos *hardware* del sistema

En este apartado se detallará todos los elementos que serán empleados para el desarrollo de la implementación de un sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero.

3.4.1. Sensor Siemens SITRANS LR140

Es un sensor como se muestra en la ilustración 3-2 utilizado para medir continuamente el nivel de líquidos y sólidos en tanques, utiliza la tecnología tipo radar para determinar la distancia desde el sensor hasta la superficie del líquido, posee conectividad bluetooth para su configuración.



Ilustración 3-2: SITRANS LR140

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-2 se muestra las características técnicas más principales del sensor SITRANS LR140 para el correcto funcionamiento de este. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo B**.

Tabla 3-2: Características técnicas del sensor SITRANS LR140

Descripción	Característica
Corriente de salida	4...20 mA
Corriente de salida máx.	22 mA
Voltaje	12 ...35 VCC
Rango de medición	0...8 m
Principio de medición	Radar FMCW
Precisión	± 5 mm

Fuente: (SIEMENS, 2021)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.2. Fuente Siemens 6EP1332-1SH43

Está diseñada para ser utilizada en aplicaciones industriales, cuenta con características como alta eficiencia energética, protección contra cortocircuito, sobrecarga y un rango alto de temperatura de funcionamiento. La fuente de alimentación ofrece un alto rendimiento en un espacio reducido como se muestra en la ilustración 3-3.



Ilustración 3-3: Fuente Siemens 6EP1332-1SH43

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-3 se muestra las características técnicas más principales de la fuente Siemens 6EP1332-1SH43 para garantizar el correcto funcionamiento de esta. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo C**.

Tabla 3-3: Características técnicas de la fuente Siemens 6EP1332-1SH43

Descripción	Característica
Voltaje de salida	24 VDC
Corriente de salida	2,5 A
Voltaje nominal	85...240 VAC
Voltaje con DC	110...300 VDC
Frecuencia	50/60 Hz
Potencia activa	60 W
Temperatura ambiente	-20...+70 °C
Sección del cable del hilo	AWG 24.....AWG 14
Grado de Protección	IP20

Fuente: (SIEMENS, 2021)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.3. PLC S7-1200 CPU 1212C

Es un controlador lógico programable compacto como se muestra en la ilustración 3-4 diseñado para aplicaciones industriales, está integrado por un CPU que se encarga del procesamiento de lógico y de la gestión de entradas y salidas cuenta con 8 entradas digitales de 24 VDC y 6 salidas digitales tipo relé de 2A.



Ilustración 3-4: PLC S7-1200 CPU 1212C

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-4 se muestra las características técnicas más principales del PLC S/1200 CPU 1212C para el correcto funcionamiento de este. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo D**.

Tabla 3-4: Características técnicas del PLC S71200 CPU 1212C

Descripción	Característica
Voltaje Nominal	120-230 VAC
Frecuencia	47-63 Hz
Voltaje	12 ...35 VCC
Corriente de entrada	80 mA con 120 VAC ;40mA con 240 VAC
Alimentación de sensores	20,4 a 28,8 VCC
Montaje	Carril DIN 35 mm
Comunicación	PROFINET
Tipo de Puerto	RJ45 (Ethernet)
Grado de Protección	IP20

Fuente: (SIEMENS, 2021)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.4. Módulo de entradas analógicas SM 1231AI

Está diseñado para su uso con controladores lógicos programables de la serie SIEMENS S7-1200, proporciona capacidades de entrada analógica para medir y adquirir señales analógicas de voltaje o corriente de diferentes fuentes en aplicaciones industriales el módulo es compacto y se adapta perfectamente al PLC como se observa en la ilustración 3-5.



Ilustración 3-5: Módulo SM 1231 AI

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-5 se muestra las características técnicas más principales del módulo SM 1231 AI para el correcto funcionamiento de este. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo E**.

Tabla 3-5: Características técnicas del PLC S71200 CPU 1212C

Descripción	Característica
Voltaje Alimentación	24 VDC
Número de entradas Analógicas	4; Entradas Diferenciales tipo corriente o tensión
Rango de entrada de voltaje	± 10 V, ± 5 V $\pm 2,5$ V
Rango de entrada de corriente	4 a 20 mA; 0 a 20 mA
Alimentación de sensores	20,4 a 28,8 VCC
Resolución	13 bit
Tipo Montaje	Riel Din
Grado de Protección	IP20

Fuente: (SIEMENS, 2021)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.5. *HMI KTP700 Basic*

Es una interfaz de operador o panel de control táctil fabricado por Siemens, se utiliza para la interrelación entre los operadores humanos y los sistemas de automatización industrial.

Este dispositivo está equipado con una pantalla táctil como se observa en la ilustración 3-6, además dispone de botones físicos y teclas de función para realizar funciones específicas de control o navegación.



Ilustración 3-6: HMI KTP 700 Basic

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-6 se muestra las características técnicas más principales de la pantalla HMI KTP700 Basic para el correcto funcionamiento de esta. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo F**.

Tabla 3-6: Características técnicas del PLC S71200 CPU 1212C

Descripción	Característica
Voltaje Alimentación	24 VDC
Intensidad de entrada	230 mA
Tamaño de Pantalla	7 in
Resolución	800x480 pixeles
Teclas de función	8
Nº de Interfaz Ethernet	1
Comunicación	Profinet
Grado de Protección	IP65

Fuente: (SIEMENS, 2021)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.6. Tablero tipo Gabinete BEAUCOUP

Se utiliza para alojar y proteger componentes electrónicos que requieran un alto nivel de protección ambiental en aplicaciones industriales, también se los conoce como gabinete eléctrico, está fabricado de acero laminado en frío de 1 mm de espesor, cuenta con un doble fondo galvanizado como se observa en la ilustración 3-7.



Ilustración 3-7: Tablero tipo gabinete BEAUCOUP

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-7 se muestra las características principales del tablero tipo gabinete BEAUCOUP. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo G**.

Tabla 3-7 : Características técnicas del PLC S71200 CPU 1212C

Descripción	Característica
Alto	600 mm
Ancho	400 mm
Profundidad	200 mm
Peso	9,8 kg
Tipo de anclaje	Soporte metálico contornillo y taco fisher
Grado de Protección	IP 64 / IK 10
Uso	Interiores y exteriores

Fuente: (INSELEC, 2023)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.7. Relé Electromagnético ComatReleco C9-A41X

Se utiliza en los sistemas de control y automatización industrial, son relés de estado sólido que combinan componentes electromecánicos con electrónica avanzada para proporcionar funciones de control, protección y conmutación de circuitos eléctricos. Los relés ComatReleco se caracterizan por su accionamiento manual e indicador led de activación como se observa en la ilustración 3-8 y resistente a las condiciones ambientales adversas.



Ilustración 3-8: Relé ComatReleco C9

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-8 se muestra las características principales del relé ComatReleco. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo H**.

Tabla 3-8: Características técnicas del relé ComatReleco C9-A41X

Descripción	Característica
Voltaje del circuito de control	24 VDC
Corriente de contacto	5 A
Voltaje de contacto	30 VDC
Temperatura	-40...80°C
Contactos NA	4
Contactos NC	4
Peso	43 g
Dimensiones	37,5 mm x 21 mm
Indicador de estado	Led

Fuente: (ComatReleco, 2023)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.8. Socket ComatReleco S9-M

Es una base para colocar un relé de marca ComatReleco dispone de varios contactos para uso de corriente con alta calidad, es de fácil instalación como se observa en la ilustración 3-9, tiene una capacidad de trabajo para todo tipo de sistemas automatizados.



Ilustración 3-9: Socket ComatReleco

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-9 se muestra las características principales del socket ComatReleco S9-M. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo I**.

Tabla 3-9: Características técnicas del relé ComatReleco C9

Descripción	Característica
Voltaje nominal	250 V
Corriente nominal	6 A
Cable de Conexión	12-14 AWG
Par de apriete nominal	0,7 Nm
Temperatura	-40...60°C
Montaje	Panel trasero

Fuente: (ComatReleco, 2023)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.9. *Boya Camsco KF-06-4*

Es un dispositivo utilizado para controlar el nivel de líquidos en un tanque o contenedor, utiliza el principio de flotación para detectar la posición del líquido y enviar una señal de salida correspondiente. En la ilustración 3-10 se puede observar este controlador de nivel.



Ilustración 3-10: Boya Camsco KF-06-4

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-10 se muestra las características principales de la boya Camsco KF-06-4 Goulds. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo J**.

Tabla 3-10: Características técnicas de la boya Camsco KF-06-4

Descripción	Característica
Voltaje máximo	250 VAC
Corriente	10 A
#Contacto	1 NA
#Contacto	1 NC

Fuente: (Camsco, 2023)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.10. Bomba centrífuga Goulds 3656

Se utiliza en sistemas de agua y aplicaciones industriales fabricada por Goulds pumps, estas bombas combina motor y bomba en una sola unidad como se observa en la ilustración 3-11, están diseñadas para transportar líquidos mediante la generación de una fuerza centrífuga a través de un impulsor giratorio.



Ilustración 3-11: Bomba centrífuga Goulds 3656

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-11 se muestra las características principales de la bomba Goulds 3656. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo K**.

Tabla 3-11: Características técnicas de la bomba Goulds 3656

Descripción	Característica
Voltaje nominal	208-230/460
Corriente	13-12,2/6,1
RPM	3500
Capacidad	550 GPM
PH	3
Max presión de trabajo	175 PSIG (12 bars)
Motor	Baldor 5 HP
Voltaje motor	230/460
Numero de fases motor	PH 3

Fuente: (Goulds Pump, 2023)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.11. Interruptor termomagnético Schneider DomA43

Este tipo de interruptor dispone de protección térmica y magnética para los cables conductores protegen de sobrecargas y cortocircuitos. Schneider ofrece una amplia gama de interruptores termomagnéticos de diferentes capacidades y de gran calidad como se observa en la ilustración 3-12.



Ilustración 3-12: Termomagnético Schneider Dom A43

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-12 se muestra las características principales del interruptor termomagnético Schneider Dom A43. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo L**.

Tabla 3-12: Características técnicas termomagnético Schneider Dom A43

Descripción	Característica
Número de polos	3 P
Corriente nominal	20 A
Código de curva	C
Frecuencia	50/60 Hz
Voltaje	400 V CA
Tipo montaje	Riel DIN

Fuente: (Schneider Electric, 2023)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.12. Contactor Siemens 3RT2027-1AN20

Es un dispositivo electromecánico como se observa en la ilustración 3-13 se emplea para controlar el flujo de corriente en un circuito, puede manejar altas corrientes y voltajes usado en aplicaciones industriales para el control de equipos eléctricos de alto consumo de energía.



Ilustración 3-13: Contactor Siemens 3RT2027-1AN20

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-13 se muestra las características principales del contactor Siemens 3RT2027-1AN20. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo M**.

Tabla 3-13: Características técnicas termomagnético Schneider Dom A43

Descripción	Característica
Voltaje bobina	220 VAC
Corriente nominal del contacto	50 A
Número de polos	3 P
Configuración	1 NA + 1 NC
Potencia nominal	15 kW

Fuente: (SIEMENS, 2023)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.13. Relé térmico Siemens 3RU2126-4BB0

Es un dispositivo de protección para montar en un contactor como se observa en la ilustración 3-14 permite proteger motores eléctricos de las sobrecargas y sobrecorrientes. Controla el flujo de corriente hacia el motor monitoreando continuamente la corriente que pasa por él y poder desconectar el circuito de control en caso de daños por sobrecargas.



Ilustración 3-14: Relé térmico Siemens 3RU2126-4BB0

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-14 se muestra las características principales del contactor Siemens 3RT2027-1AN20. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo N**.

Tabla 3-14: Características técnicas relé térmico Siemens 3RU2126-4BB0

Descripción	Característica
Corriente de disparo de sobrecarga	14...20 A
Voltaje máximo admitido	440 V
Número de polos	3
Resistencia a voltaje de aislamiento	690 V
Configuración	1 NA + 1 NC
Temperatura de funcionamiento	-40...+70°C

Fuente: (SIEMENS, 2023)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.14. Electroválvula Jago

Este tipo de válvula de marca Jago tiene altos estándares y de calidad. Se controlan por medio de una señal eléctrica el material de esta válvula es de acero como se observa en la ilustración 3-15 diseñadas para fluidos como agua, aire y aceite.



Ilustración 3-15: Electroválvula Jago

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-15 se muestra las características principales de la electroválvula Jago.

Tabla 3-15: Características técnicas de la electroválvula Jago

Descripción	Característica
Voltaje	220 VAC
Capacidad	0,8 Kg /cm ²
PSI	0-232 PSI
Flujo	25 mm
Temperatura	-5°C a 80 °C
Protección	IP 34

Fuente: (JAGO, 2023)

3.4.15. Torreta luminosa Camsco LTA-205

Son dispositivos de señalización que disponen torretas de luz como se observa en la ilustración 3-16 diseñadas para alertar sobre fallas de un sistema o proceso, esto permite tomar acciones de una manera más rápida.



Ilustración 3-16: Torreta Camsco LTA-205

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-16 se muestra las características principales de la torreta Camsco LTA-205. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo O**.

Tabla 3-16: Características técnicas de la torreta Camsco LTA-205

Descripción	Característica
Voltaje	220 V
Potencia	2 W
Cable	12-14 AWG
Número de pisos	2
Colores	Rojo/Verde
Protección	IP 34

Fuente: (Camsco, 2023)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.16. Interruptor magnetotérmico Siemens 5SL4204-7RC

Es un interruptor automático que combina protección térmica y magnética, se utiliza en instalaciones eléctricas para proteger los circuitos contra sobrecorrientes y cortocircuitos, es de fácil instalación como se observa en la ilustración 3-17.



Ilustración 3-17: Magnetotérmico Siemens 5SL42047RC

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-17 se muestra las características principales del interruptor magnetotérmico Siemens 5SL4204-7RC. Para obtener información más detallada revisar en el **Anexo P**.

Tabla 3-17: Características técnicas del interruptor magnetotérmico Siemens 5SL4204-7RC

Descripción	Característica
Voltaje de alimentación	415 VAC
Frecuencia	50/60 Hz
Polos	2
Poder de corte, corriente	10 kA
Temperatura de funcionamiento	-25...55 °C
Protección	IP 20

Fuente: (SIEMENS, 2021)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.17. Pulsador de paro de emergencia Camsco LMB-BS5

Es un dispositivo de seguridad utilizado en diversos sistemas y equipos para detenerlas de manera inmediata en situaciones de emergencia. Camsco es una marca que fabrica estos pulsadores de paro de emergencia de gran calidad y confiabilidad. En la ilustración 3-18 se observa de forma física ese pulsador.



Ilustración 3-18: Pulsador de paro Camsco

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-18 se muestra las características principales del botón de paro de emergencia Camsco LMB-BS5.

Tabla 3-18: Características técnicas del botón de paro de emergencia Camsco

Descripción	Característica
Corriente nominal	10 A
Voltaje Nominal	600 V
Contacto	1 NC
Temperatura	-25...70 °C

Fuente: (REDCOIND, 2023)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.18. Base portafusible EBASEE

Es una base que permite instalar un fusible de protección de tamaño 10x38 mm como se observa en la ilustración 3-19. Estas bases se utilizan en sistemas eléctricos industriales como parte de protección contra sobrecorriente.



Ilustración 3-19: Base portafusible EBASEE RT 18-32

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-19 se muestra las características principales de la base portafusible EBASEE RT 18-32.

Tabla 3-19: Características técnicas del Portafusible EBASEE

Descripción	Característica
Corriente nominal	32 A
Voltaje Nominal	690 V AC
Numero de polos	1 P
Tipo montaje	Riel DIN

Fuente: (EBASEE, 2023)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.4.19. Fusible EBASEE

Este elemento permite proteger contra sobrecargas y cortocircuito está compuesto por un material conductor con un punto de fusión específico como un alambre tiene un tamaño de 10x38 mm como se observa en la ilustración 3-20.



Ilustración 3-20: Fusible EBASEE

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-20 se muestra las características principales del fusible EBASEE

Tabla 3-20: Características técnicas del fusible EBASEE

Descripción	Característica
Corriente nominal	6 A
Voltaje Nominal	500 VAC
Peso	6,5 g
Montaje	Portafusible

Fuente: (EBASEE, 2023)

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.5. Diagramas de conexión del sistema automatizado

En el siguiente apartado encontramos los diagramas de conexión eléctrica de todo los equipos y un diagrama de tuberías del proceso del sistema automatizado para el control y visualización del nivel de agua en la empresa Novacero.

3.5.1. Diagrama P&ID del sistema automatizado

Para el sistema automatizado es necesario disponer de un diagrama de tuberías e instrumentación para mostrar las interconexiones de los equipos y dispositivos utilizados en el proceso de almacenamiento de agua en el tanque australiano. En la ilustración 21-3 se visualiza el diagrama P&ID del sistema automatizado en el que se puede observar todos los lazos y la instrumentación de cada uno de los equipos utilizados.

En la tabla 3-21 se detalla los elementos del lazo 100 que se encuentran en el proceso.

Tabla 3-21: Descripción del lazo 100 del diagrama P&ID

Número de Lazo	Equipo o Instrumento
100	Relé bomba PU05-A
100-A	Válvula manual bomba PU05-A
100-B	Válvula manual manómetro

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la tabla 3-22 se detalla los elementos del lazo 101 que se encuentran en el proceso.

Tabla 3-22: Descripción del lazo 101 del diagrama P&ID

Número de Lazo	Equipo o Instrumento
101	Relé bomba PU05-B
101-A	Válvula manual bomba PU05-B
101-B	Válvula manual manómetro

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la tabla 3-23 se detalla los elementos del lazo 102 que se encuentran en el proceso.

Tabla 3-23: Descripción del lazo 102 del diagrama P&ID

Número de Lazo	Equipo o Instrumento
102	Relé bomba PU06-A
102-A	Válvula manual bomba PU06-A
102-B	Válvula manual manómetro

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la tabla 3-24 se detalla los elementos del lazo 103 que se encuentran en el proceso.

Tabla 3-24: Descripción de los lazos del diagrama P&ID

Número de Lazo	Equipo o Instrumento
103	Electroválvula
103-A	Sensor de nivel tipo boya máximo
103-B	Sensor de nivel tipo boya mínimo

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la tabla 3-25 se detalla los elementos del lazo 104-107 que se encuentran en el proceso.

Tabla 3-25: Descripción de los lazos del diagrama P&ID

Número de Lazo	Equipo o Instrumento
104	Final de carrera
105	Sensor de nivel tipo radar
106	PLC y Pantalla
107	Indicador luminoso Verde y Rojo

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En el sistema de la ilustración 3-21 se puede observar un tanque australiano de almacenamiento el cual es abastecido de agua desde el proceso de filtración por medio de la bomba PU05-A que se encuentra en el lazo 100, la bomba PU05-B en el lazo 101 y una electroválvula en el lazo 103.

En la salida del tanque se dispone de una bomba PU06-A en el lazo 102 la cual ayuda a bombear el agua hacia el proceso de osmosis. Cada una de las bombas PU05-A, PU05-B, PU06-A en su lazo de proceso disponen de un manómetro y una válvula check.

En el interior del tanque se dispone de dos sensores tipo flotador uno en la parte superior y otro en la parte inferior del tanque ubicados en el lazo 103 y un sensor de nivel tipo radar en el lazo 105, en la parte exterior se encuentra un sensor final de carrera en instalado en el lazo 104. El proceso de control se lo realiza mediante el PLC que se encuentra en el lazo 106 además de una pantalla para indicar el nivel del agua en el tanque de almacenamiento. Además, se cuenta con un indicador luminosos de alarma ubicado en el lazo 107.

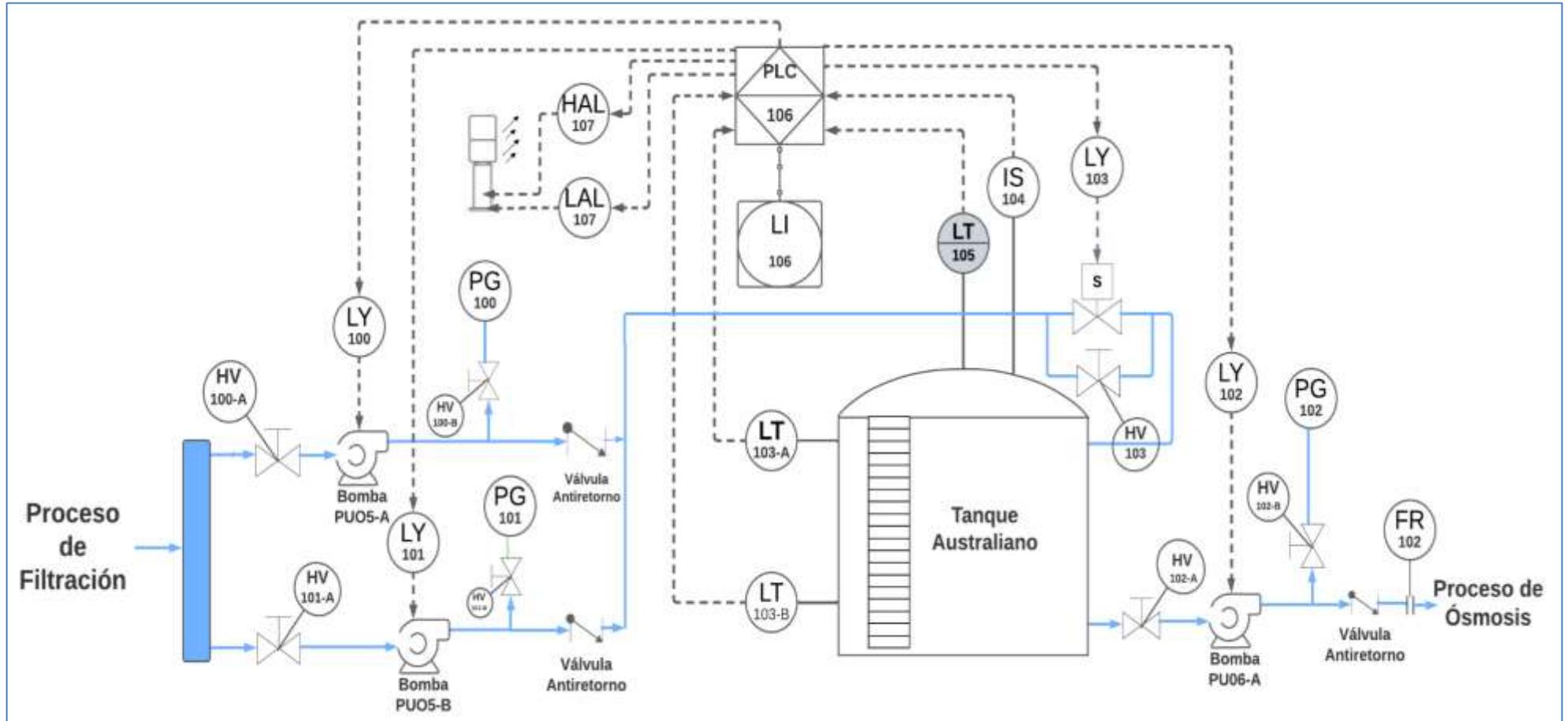


Ilustración 3-21: Diagrama P&ID del sistema automatizado

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.5.2. Diagrama eléctrico del sistema automatizado

En la ilustración 3-22 se presenta el diagrama de conexión eléctrica del PLC, sensores y actuadores del sistema automatizado. En el **Anexo Q** se dispone de una lámina de todo el circuito eléctrico en formato A3 para un mejor entendimiento de las conexiones eléctricas.

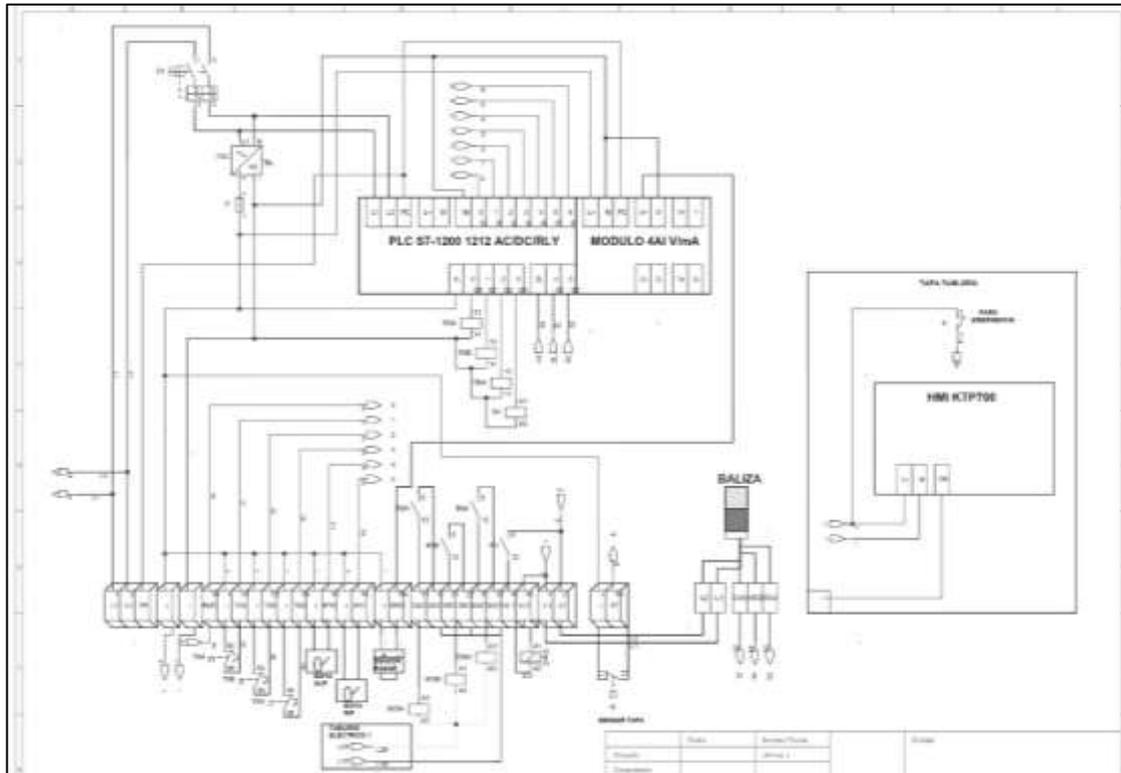


Ilustración 3-22: Diagrama eléctrico del sistema automatizado

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la tabla 3-26 se detalla la conexión de la fuente Siemens, así como el color y el calibre del cable conductor utilizado.

Tabla 3-26: Conexión de Fuente Siemens

Fuente Siemens	Elemento de destino	Color del Cableado	Calibre del Cable
L+	1- Interruptor Magnetotérmico Siemens	Marrón	#22 AWG
N	3- Interruptor Magnetotérmico Siemens	Azul	#22 AWG
+	L+ / M módulo SM1231	Negro	#22 AWG
-	- VDC Fuente Siemens	Azul	#22 AWG

Realizado por: Jácome Johnny,2023

Para la conexión del módulo de entradas analógicas SM1231 se encuentran conectados de la siguiente manera como se observa en la tabla 3-27 se detalla cómo están conectados el módulo.

Tabla 3-27: Entradas y Alimentación del módulo de entradas analógicas

Entrada Módulo SM1231	Elemento	Color del Cableado	Calibre del Cable
L+	+24 VDC Fuente Siemens	Marrón	#22 AWG
M	-24 VDC Fuente Siemens	Azul	#22 AWG
AI 0+	-Sensor Sitrans LR 140	Negro	#22 AWG
AI 0-	- VDC Fuente Siemens	Azul	#22 AWG

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-28 se detalla la conexión de las entradas y salidas del PLC Siemens S7-1200 además de la característica de cada uno de los elementos conectados a este controlador.

Tabla 3-28: Entradas y salidas del PLC

Entrada/Salida del PLC	Elemento	Color del Cableado	Calibre del Cable
L1	220 VAC -Termomagnético	Blanco	#18 AWG
N	Neutro -Termomagnético	Rojo	#18 AWG
Tierra	Tierra – tierra física	Verde-Amarillo	#18 AWG
1M	- VDC – Fuente Siemens	Azul	#22 AWG
Entrada DI0	Entrada bornera Flotador_Máximo	Negro	#22 AWG
Entrada DI1	Entrada bornera Flotador_Mínimo	Negro	#22 AWG
Entrada DI2	Entrada Sensor_Tapa	Negro	#22 AWG
1L	+VDC – Fuente Siemens	Marrón	#22 AWG
Salida DQ0	Bobina Relé Bomba -PU-05-A	Negro	#22 AWG
Salida DQ1	Bobina Relé Bomba-PU-05- B	Negro	#22 AWG
Salida DQ2	Bobina Relé Bomba PU-06-A	Negro	#22 AWG
Salida DQ3	Bobina Relé Electroválvula	Negro	#22 AWG
2L	COM- baliza	Marrón	#22 AWG
Salida DQ4	Entrada Luz_roja	Negro	#22 AWG
Salida DQ5	Entrada Luz_verde	Negro	#22 AWG
Profinet	Profinet HMI	Gris	

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la Tabla 3-29 se detalla la conexión de alimentación de cada uno de los conectores y comunicación de la pantalla HMI.

Tabla 3-29: Conexión pantalla HMI Siemens

Conectores HMI	Elemento	Color del Cableado	Calibre del Cable
L+	+ VDC Fuente Siemens	Marrón	#22 AWG
M	- VDC Fuente Siemens	Azul	#22 AWG
Tierra	-Sensor Sitrans LR 140	Verde-Amarillo	#22 AWG
Profinet	Profinet PLC	Azul	Ethernet

Realizado por: Jácome Johnny, 2023

3.6. Descripción del *software* de desarrollo

El sistema automatizado es controlado a través del PLC S7-1200 y para la visualización se diseñó la interfaz gráfica en el HMI. En este apartado se detallará el diagrama de flujo, y las instrucciones utilizadas en la programación del sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero.

El software que se utilizara para el sistema automatizado es TIA Portal V16.

3.6.1. TIA Portal V16

Es un *software* de la empresa Siemens que proporciona una gama de soluciones de automatización en ingeniería, con el objetivo de optimizar los procesos.

Esta plataforma de ingeniería de automatización permite la integración de PLC's, pantallas HMI, variadores y motores para lograr una solución integral y completa (SIEMENS, 2021).

3.6.2. SITRANS mobile IQ

Es una aplicación desarrollada por Siemens para dispositivos móviles que permite facilitar el acceso y control remoto de los dispositivos de la familia SITRANS que son instrumentos para medir nivel. Las características principales de esta aplicación son el monitoreo en tiempo real, configuración y ajustes, diagnóstico y mantenimiento (SIEMENS, 2023).

3.6.3. Programación del PLC

Para la programación del sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento de la empresa Novacero se realiza mediante el diagrama Ladder que se encuentra en el **Anexo R** para el cual se utiliza las siguientes instrucciones:

- Instrucción NORM_X

Permite normalizar un valor de la variable de entrada representado en una escala lineal. Los parámetros que dispone esta instrucción NORM_X son MAX y MIN que permite definir los valores límites del rango de valores a escalar, VALUE es el valor que se normaliza, OUT se encuentra el resultado de la normalización (SIEMENS, 2023).

- Instrucción SCALE_X

Permite escalar un valor de entrada VALUE convirtiendo en un rango de valores los cuales son los parámetros MIN que es parámetro inferior y MAX es el parámetro superior, OUT es el parámetro de resultado del valor escalado (SIEMENS, 2023).

- Instrucción TP

Es un impulso que activa la salida Q por un tiempo programado. Esta instrucción inicia cuando el parámetro IN pasa de 0 a 1. El tiempo programado PT inicia a contar al iniciar la instrucción, el parámetro Q se activa por un tiempo PT, el parámetro ET almacena el tiempo transcurrido (SIEMENS, 2023)..

- Instrucción MOVE

Permite copiar el valor de entrada IN al operador de salida OUT1. Los parámetros de esta instrucción son EN que es la entrada de habilitación, EN0 es la salida de habilitación (SIEMENS, 2023).

- Instrucción RD_SYS_T

Permite leer la hora local actual del reloj de la CPU. Los parámetros de esta instrucción son RET_VAL es el estado de la instrucción, OUT emite la salida con la fecha y hora de la CPU (SIEMENS, 2023).

- Instrucción RD_LOC_T

Permite leer la fecha y hora del reloj de la CPU. Los parámetros de esta instrucción son RET_VAL es el estado de la instrucción, OUT emite la salida con la hora local (SIEMENS, 2023).

- Instrucción T_CONV

Permite convertir el dato del parámetro de la entrada IN en el tipo de dato de la salida OUT. En el cuadro de instrucciones se puede seleccionar el formato de conversión de la entrada y de la salida (SIEMENS, 2023).

- Instrucción TONR

Permite acumular valores de tiempo en un periodo definido por el parámetro PT. Cuando cambia el estado de IN a 1, se realiza la medición de tiempo e inicia a contar el tiempo PT.

Durante el transcurso del tiempo PT se acumula los valores de tiempo que se leen cuando el estado lógico del parámetro IN es 1 y en caso contrario cuando el estado de IN es 0 se interrumpe la medición de tiempo. El tiempo acumulado se devuelve dentro del parámetro ET, el parámetro R inicia los parámetros ET y Q (SIEMENS, 2023).

- Instrucción SUB

Permite restar el valor de la entrada IN2 del valor IN1 cuando el parámetro de entrada EN tiene un estado lógico de 1.

El resultado de la diferencia de esta operación se entrega en el parámetro OUT (SIEMENS, 2023).

- Instrucción CTU

Es un contador ascendente que incrementa el valor de la salida del parámetro CV. Cuando el estado lógico del parámetro CU cambia a 1 se realiza la instrucción y el valor de conteo aumenta en uno en el parámetro de la salida CV, en el parámetro Q se puede consultar el estado del contador, PV es el valor con el que se activa Q y R es la entrada de reset del contador (SIEMENS, 2023).

- Instrucción CMP mayor o igual

Permite realizar una comparación mayor o igual si el parámetro operando 1 es mayor igual que el parámetro operando 2, los valores de los operandos deben ser del mismo tipo de dato para ser comparados, el parámetro de salida se activa cuando se cumple la condición antes mencionada (SIEMENS, 2023).

- Instrucción CTU menor o igual

Permite realizar una comparación menor o igual si el parámetro operando 1 es mayor igual que el parámetro operando 2, los valores de los operandos deben ser del mismo tipo de dato para ser comparados, el parámetro de salida se activa cuando se cumple la condición antes mencionada (SIEMENS, 2023).

3.6.4. Diagrama del flujo del programa

En este apartado se desarrolla el diagrama de flujo del programa del sistema automatizado para detallar de una manera ordenada la secuencia de pasos a seguir en las líneas de programación. El diagrama de flujo se dividió en dos diagramas para el modo manual y automático.

El primero se observa en la ilustración 3-23, ilustración 3-24 para el modo automático y el diagrama del modo manual se observa en la ilustración 3-25.

El bloque de Inicialización consta de:

- Una subrutina para el cambio de modo automático a modo manual.
- Declaración de las memorias del programa.
- Visualización de la ventana del modo automático en la HMI.
- Lectura de los valores del sensor de nivel SITRANS LR140.

Los bloques de condición para el modo automático son:

- Si se pulsa el paro de emergencia para el programa.
- Si se abre la tapa del tanque pausa el programa.
- Si se pulsa el botón ir a manual cambia de modo de funcionamiento.
- Si se ingresan los valores de nivel de llenado set nivel max y set nivel max .
- Si se pulsa el botón inicio de la pantalla HMI.
- Si el estado del relé térmico del motor cambia de estado.
- Si el sensor de radar SITRANS LR140 es mayor igual al nivel máximo.
- Si el sensor de boya máximo cambia de estado.
- Si el sensor de radar SITRANS LR140 es menor igual al nivel mínimo.
- Si el botón selección bomba es activado.
- Si el sensor de boya mínimo cambia de estado.

Los bloques de condición para el modo manual son:

- Si se pulsa el paro de emergencia detiene el programa.
- Si se abre la tapa del tanque pausa el programa.
- Si se pulsa el botón ir a automático cambia de modo de funcionamiento.
- Si el estado del relé térmico del motor cambia de estado.
- Si el sensor de radar SITRANS LR140 es mayor igual al nivel máximo.
- Si el sensor de boya máximo cambia de estado.
- Si el sensor de radar SITRANS LR140 es menor igual al nivel mínimo.
- Si el sensor de boya bajo cambia de estado.

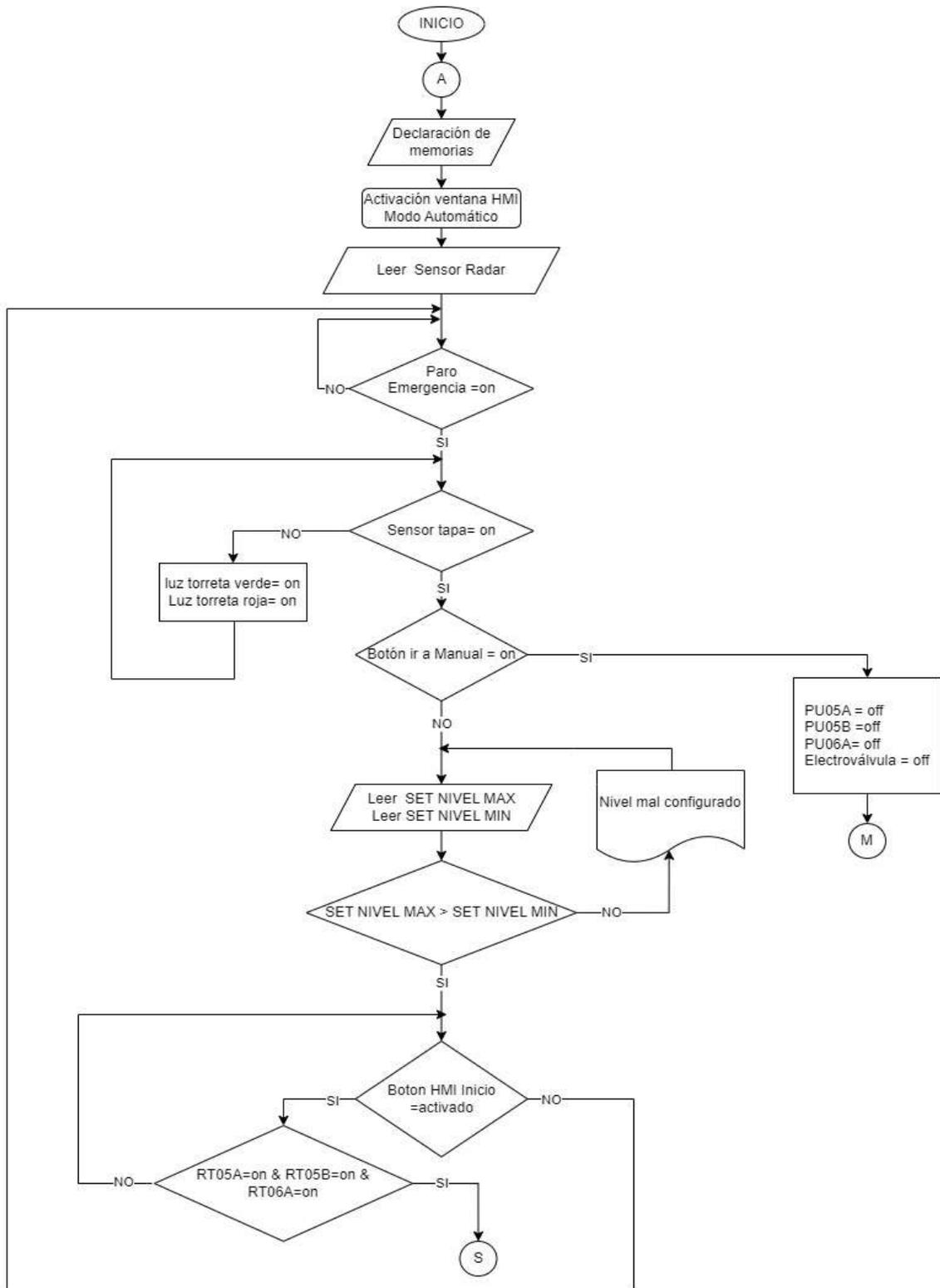


Ilustración 3-23: Diagrama de flujo modo automático parte 1

Realizado por: Jácome Johnny,2023

La segunda parte del diagrama de flujo en el modo de funcionamiento automático se presenta en la ilustración 24-3

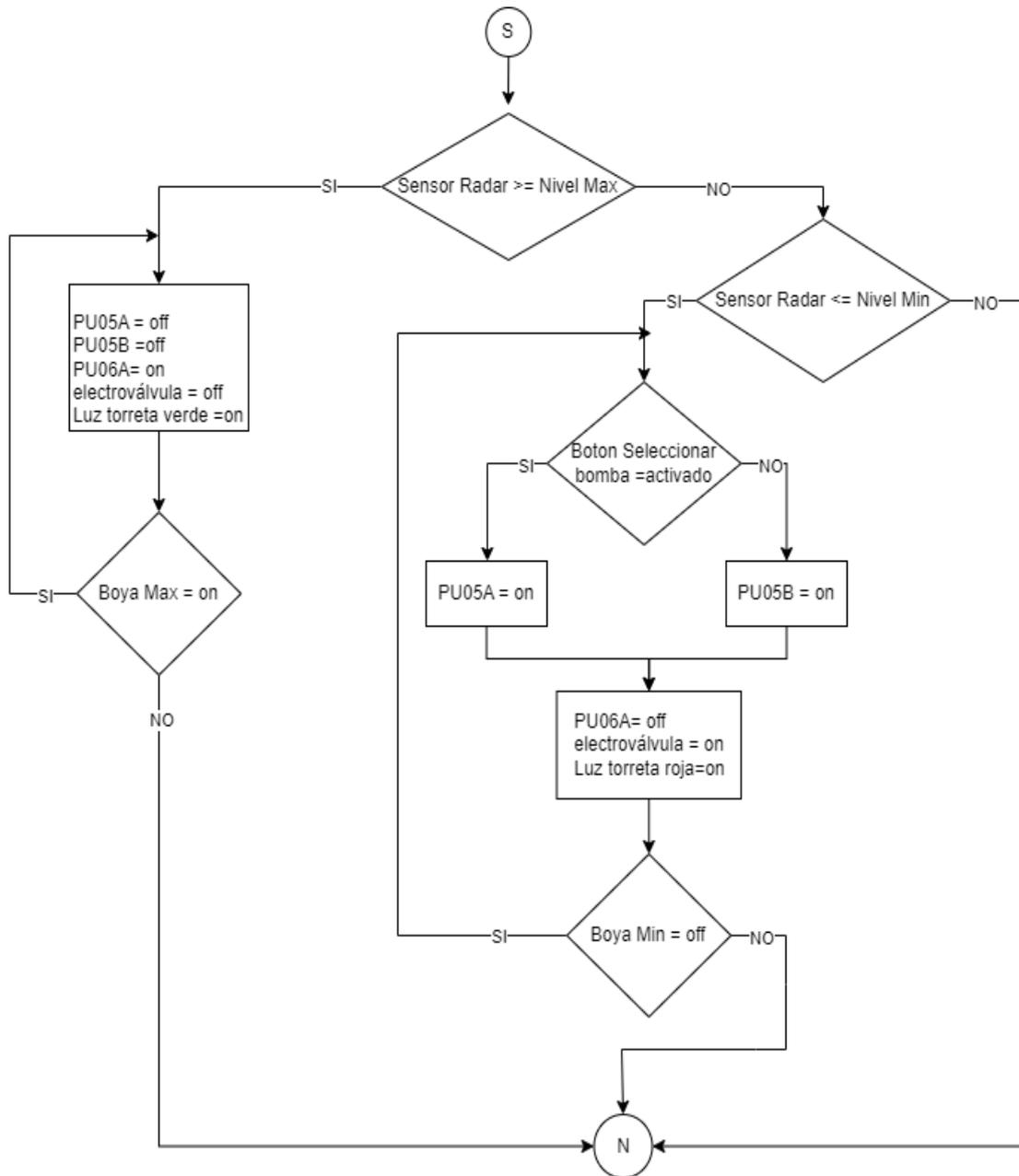


Ilustración 3-24: Diagrama de flujo modo automático parte 2

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la ilustración 3-25 se observa el diagrama de flujo en el modo de funcionamiento manual con sus respectivas instrucciones y bloques de condición

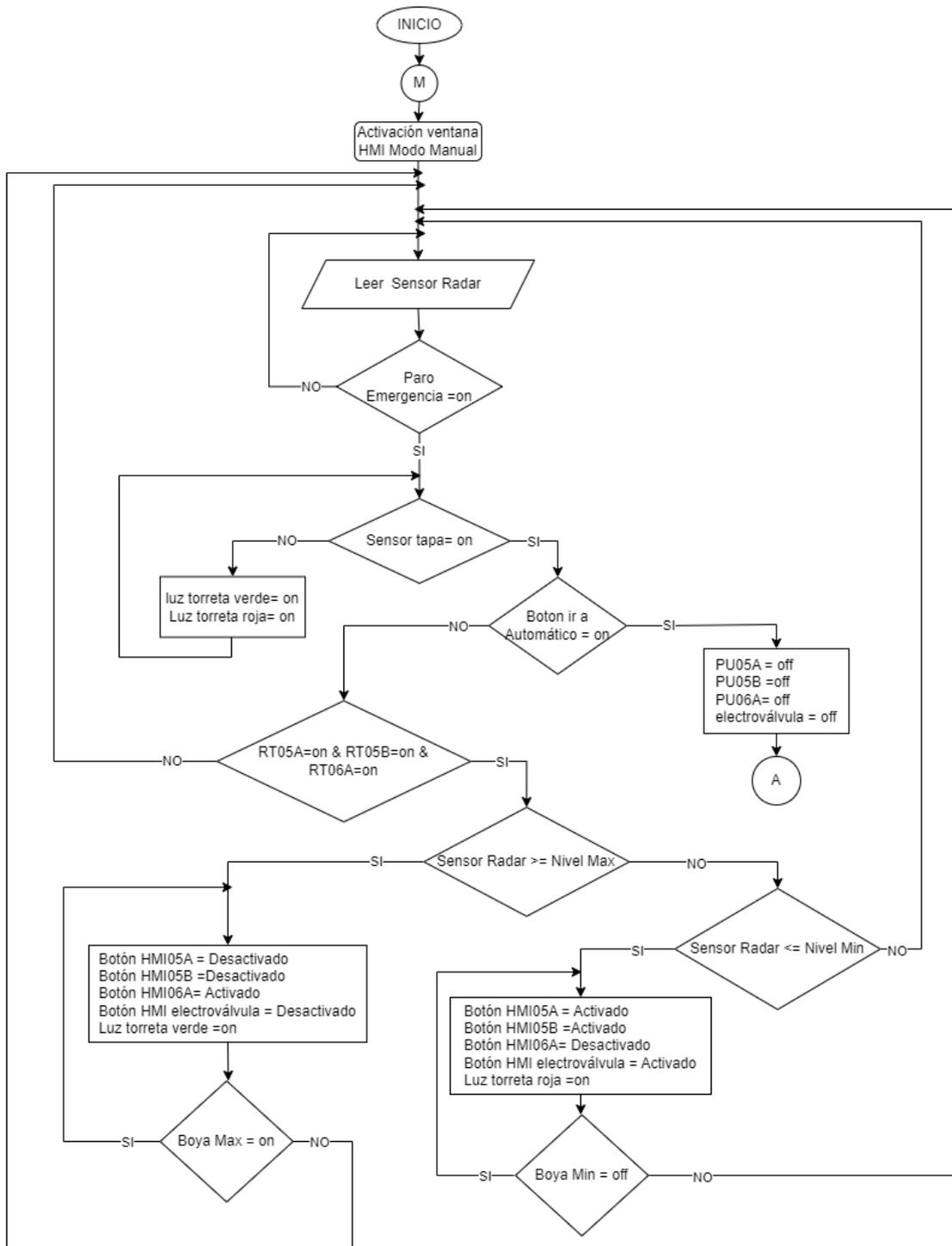


Ilustración 3-25: Diagrama de flujo modo manual

Realizado por: Jácome Johnny, 2023

3.6.5. Diseño de la interfaz HMI

El diseño de la interfaz se realizó en el programa TIA Portal V16 mediante dos ventanas la primera está destinada para el modo automático como se observa en la ilustración 3-24 y la segunda ventana

para el modo manual como se observa en la ilustración 3-25. Para el diseño se consideró los requerimientos y normas mencionadas en la sección 3.1 de requerimientos para el sistema automatizado.

En la ilustración 3-26 se observa la interfaz de la ventana de modo automático la cual consta de indicadores numéricos, barras gráficas, campo de ingreso de datos de configuración y visualización de los equipos instalados en el sistema automatizado. La interfaz fue realiza bajo las normas descritas en la sección 2.12.

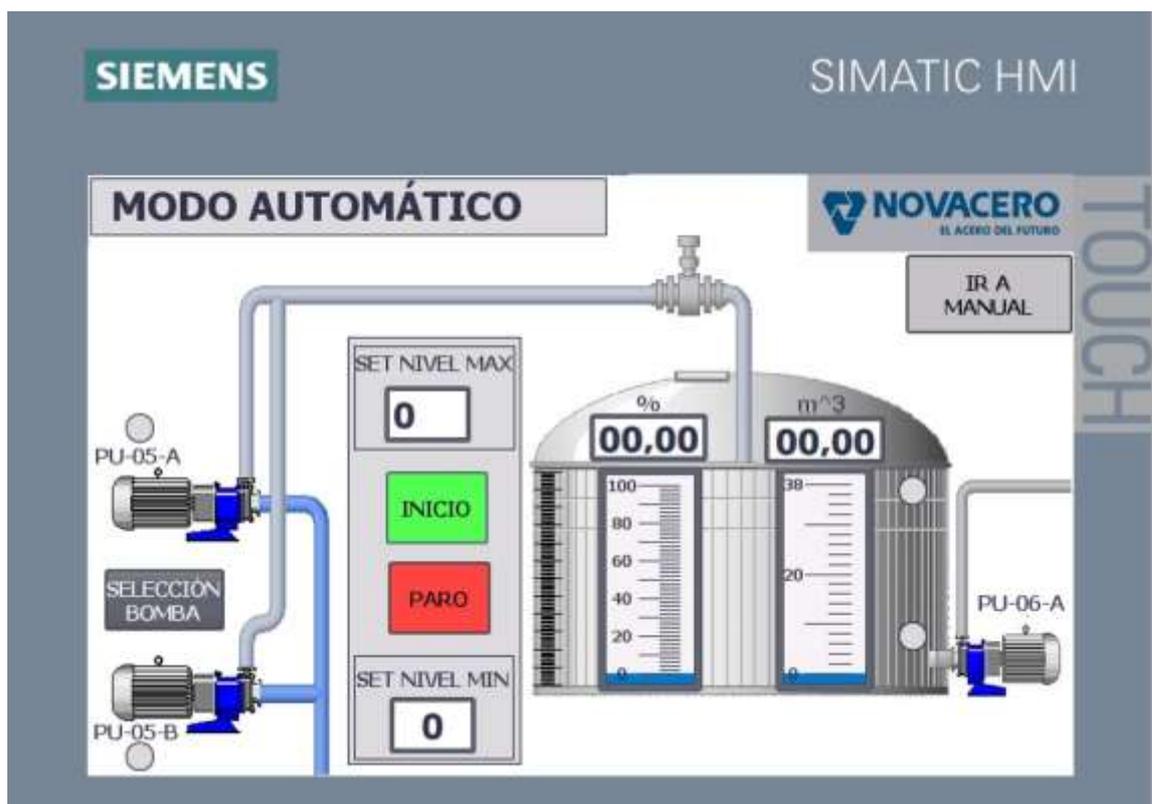


Ilustración 3-26: Interfaz HMI ventana modo automático

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la ilustración 3-27 se observa la interfaz de la ventana de modo manual la cual consta de indicadores numéricos, barras gráficas y botones de activación datos de configuración de los equipos instalados en el sistema automatizado. La interfaz fue realiza bajo las normas descritas en la sección 2.12.

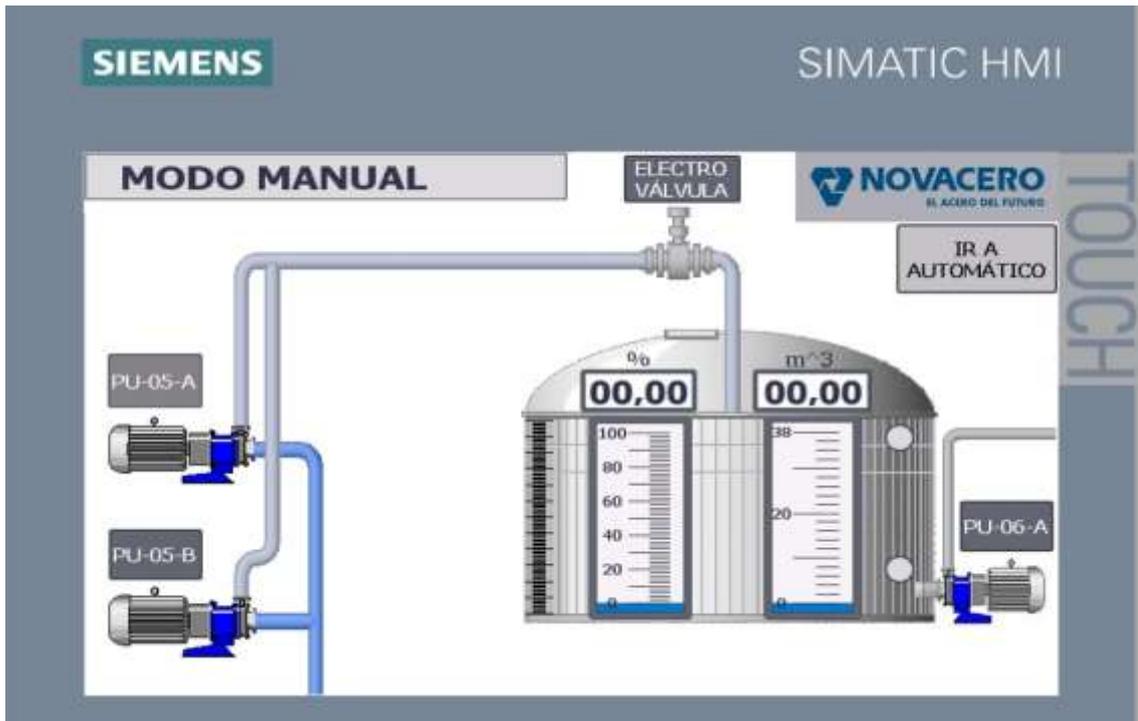


Ilustración 3-27: Interfaz HMI ventana modo manual

Realizado por: Jácome Johnny,2023

3.7. Diseño de la base para el sensor Sitrans LR140

Para el montaje del sensor Sitrans LR140 se realizó una base para fijar con la estructura, esta base se realizó en el *software* SolidWorks como se observa en la ilustración 3-28. Las medidas de esta son la base inferior es de 175 mm de largo por 85 mm de ancho y se dispone de un orificio de 50 mm de diámetro en donde será montado el sensor de nivel, la base superior es de 105 mm de largo por 85 mm de ancho y dispone de 4 orificios de 5 mm de diámetro los cuales servirán para mantener fija la base con la estructura. Las dimensiones y las diferentes vistas de la base se encuentran en el **Anexo S** representadas en una lámina.

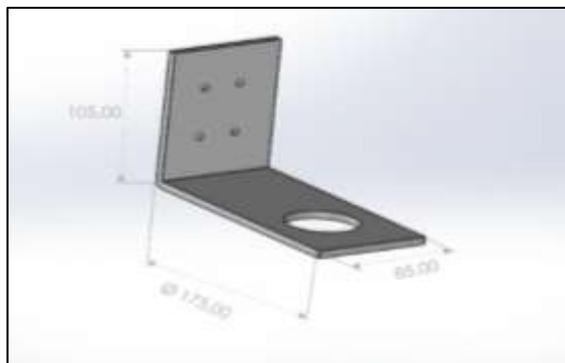


Ilustración 3-28: Base sensor Sitrans LR140

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la ilustración 3-29 se observa la base cortada con el tipo de material acrílico se 6mm de espesor y sus respectivos orificios y medidas según el diseño realizado en la ilustración 3-28.



Ilustración 3-29: Base de acrílico sensor Sitrans LR140

Realizado por: Jácome Johnny,2023

CAPÍTULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En este capítulo se presenta los resultados obtenidos de las pruebas experimentales realizadas en el sistema automatizado para control y visualización de nivel del tanque de almacenamiento en la planta de agua de Novacero, esta evaluación se realizará mediante pruebas de post-funcionamiento, validación de los sensores, estabilidad, comunicación, alertas de seguridad. Tiempo de proceso de visualización de nivel, consumo energético, validación profesional, análisis de costos y una valoración económica comparativa. Estas pruebas se realizarán al sistema automatizado que se observa en la ilustración 4-1.



Ilustración 4-1: Tablero del sistema automatizado

Realizado por: Jácome Johnny, 2023

4.1. Consideraciones Generales

Para la validación del sistema automatizado se llevaron a cabo las pruebas necesarias que permiten el funcionamiento óptimo del sistema.

Las pruebas están basadas en un número mayor de muestras según (Manjarrez, Ruiz y Orozco 2019) con lo cual se determina que utilizando 30 muestras los resultados serían precisos con un margen de error bajo y un porcentaje de confianza del proyecto del 97%.

Para la validación de exactitud y confiabilidad de las mediciones de los sensores se realizará el cálculo del error relativo el cual será sometido a un criterio según (Graciela Lecumberry 2015) indica que si el valor del error relativo es menor al 1% el resultado es óptimo y si el valor se ubica dentro del rango del 1% al 5 % el resultado es bueno, pero si el valor es mayor al 5% el resultado es poco confiable.

Para la validación de estabilidad de los sensores se realizará el cálculo del coeficiente de variación el cual será sometido a un criterio según (Requena Serra 2016) indica que si el valor del coeficiente de variación se aproxima al 0% existe poca variación, pero si es mayor al 30% el resultado carece de representatividad y si el valor es superior al 100% se descarta el equipo.

4.2. Prueba post-funcinamiento del sistema automatizado

Una vez finalizada la etapa de implantación del sistema automatizado para el control y visualización del nivel de agua, se procede a realizar pruebas de verificación del funcionamiento eléctrico de los sensores y actuadores del sistema automatizado que se muestra en la ilustración 1-4 para la identificación de posibles fallos que podrían surgir durante el uso del sistema. Por consiguiente, se llevaron a cabo comprobaciones de accionamiento de cada uno de los elementos y verificar sus niveles de voltaje mediante el uso de un multímetro FLUKE 376 FC cuya precisión es del 1,0% con ± 5 dígitos, las verificaciones se llevaron a cabo mediante la puesta en marcha del sistema automatizado como se observa en la ilustración 4-2.



Ilustración 4-2: Elementos del sistema automatizado

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la tabla 4-1 se presentan los registros de datos del sistema automatizado post-funcionamiento

Tabla 4-1: Valores de Voltajes del sistema automatizado post-funcionamiento.

Elemento	Valor de medición eléctrica	Estado de Funcionamiento
Interruptor Magnetotérmico	222,8 VAC	✓
PLC	222,7 VAC	✓
Fuente Siemens	222,7 VAC	✓
Módulo SM1231 AI	23,8 VDC	✓
Sensor Radar	23,8 VDC	✓
Pantalla HMI	23,8 VDC	✓
Relé R5A	23,8 VDC	✓
Relé R5B	23,8VDC	✓
Relé R6A	23,8 VDC	✓
Relé RV	23,8 VDC	✓
Sensor boya máximo	23,8 VDC	✓
Sensor boya mínimo	23,8 VDC	✓
Sensor final de carrera	23,8 VDC	✓
Torreta luminosa	222,7 VAC	✓
Contactador PU05-A	222,5 VAC	✓
Contactador PU05-B	222,5 VAC	✓
Contactador PU06-A	222,5 VAC	✓
Relé térmico PU05-A	222,5 VAC	✓
Relé térmico PU05-B	222,5 VAC	✓
Relé térmico PU06-A	222,5 VAC	✓

Realizado por: Jácome Johnny,2023

Las verificaciones de la tabla 4-1 demuestran que el sistema automatizado es adecuado para llevar a cabo pruebas que permiten identificar y evaluar los errores que puedan surgir durante su funcionamiento.

4.3. Validación de sensor SITRANS LR140

El objetivo de esta prueba es verificar la precisión del sensor de nivel SITRANS LR140 en el tanque de almacenamiento de agua. Se tomaron 30 muestras aleatoriamente durante tres días, en donde se registraron los valores de la distancia del agua con el sensor por medio de la aplicación SITRANS mobile IQ como se muestra en la ilustración 4-3 A.

El equipo patrón es un flexómetro de marca ACE con las características de una distancia de 5 metros y un error de $\pm 0,5$ mm con el cual se realizó la medición de distancia en el tanque como se observa en la ilustración 4-3 B.



Ilustración 4-3: Prueba sensor SITRANS LR140

Realizado por: Jácome Johnny, 2023

Los datos de estas mediciones se detallan en la tabla 4-2 en donde se registran los valores medidos con el equipo patrón y las mediciones realizadas con el sensor propio.

Tabla 4-2: Mediciones tomadas para la validación sensor SITRANS LR140.

Nº Muestra	Medición equipo patrón	Medición del sensor de nivel	Error absoluto	Error Relativo
1	1,801	1,797	0,004	0,222%
2	1,792	1,788	0,004	0,223%
3	1,761	1,757	0,004	0,227%
4	1,431	1,427	0,004	0,280%
5	0,778	0,774	0,004	0,514%
6	0,552	0,548	0,004	0,725%
7	1,734	1,730	0,004	0,231%
8	1,535	1,531	0,004	0,261%
9	0,525	0,521	0,004	0,762%
10	0,467	0,463	0,004	0,857%

N° Muestra	Medición equipo patrón	Medición del sensor de nivel	Error absoluto	Error Relativo
11	0,457	0,453	0,004	0,875%
12	1,517	1,513	0,004	0,264%
13	0,576	0,572	0,004	0,694%
14	0,615	0,611	0,004	0,650%
15	1,651	1,647	0,004	0,242%
16	1,473	1,469	0,004	0,272%
17	0,434	0,430	0,004	0,922%
18	0,962	0,958	0,004	0,416%
19	0,345	0,341	0,004	1,159%
20	0,383	0,379	0,004	1,044%
21	0,636	0,632	0,004	0,629%
22	1,455	1,451	0,004	0,275%
23	1,134	1,13	0,004	0,353%
24	0,795	0,791	0,004	0,503%
25	1,271	1,267	0,004	0,315%
26	0,375	0,371	0,004	1,067%
27	1,158	1,154	0,004	0,345%
28	1,317	1,313	0,004	0,304%
29	0,492	0,488	0,004	0,813%
30	0,756	0,752	0,004	0,529%
Promedio			0,4%	0,532%

Realizado por: Jácome Johnny, 2023

De la tabla 4-2 se obtiene que el error relativo del sensor SITRANS LR140 es 0,532% por lo cual según el criterio de (Requena Serra 2016) este porcentaje es menor al 1% es decir el resultado es óptimo, el sensor de nivel tiene una exactitud y confiabilidad del 99,468%.

4.4. Prueba de estabilidad de sensores

Esta prueba tiene como objetivo evaluar la exactitud de los sensores instalados en el sistema automatizado, el parámetro que ayuda para esta verificación es mediante el cálculo del coeficiente de variación de los datos medidos.

4.4.1. Estabilidad de sensor SITRANS LR140

El objetivo de esta prueba es determinar la precisión del sensor durante tiempos cortos con las mismas condiciones de funcionamiento.

La prueba se realizó tomando 10 muestras del nivel del agua mediante la aplicación Siemens mobile IQ como se muestra en la ilustración 4-4, para cada medición se cronometro por medio de un celular Huawei Mate 20 lite con un intervalo de 10 segundos por muestra empezando la primera muestra a las 18:00 pm el día 14/07/2023.



Ilustración 4-4: Prueba estabilidad sensor SITRANS LR140

Realizado por: Jácome Johnny,2023

Los datos de estas mediciones se detallan en la tabla 4-3 en donde se registra los valores de nivel y el tiempo en que este valor se estabiliza.

Tabla 4-3: Prueba de estabilidad sensor SITRANS LR140.

N° Muestra	Hora	Medición de nivel
1	18:00:00	0,965 m
2	18:00:10	0,964 m
3	18:00:20	0,964 m
4	18:00:30	0,965 m
5	18:00:40	0,965 m
6	18:00:50	0,964 m
7	18:01:00	0,965 m
8	18:01:10	0,965 m
9	18:01:20	0,964 m
10	18:01:30	0,965 m
Media		0,965
Desviación estándar		0,001
Coefficiente de variación		0,054 %

Realizado por: Jácome Johnny,2023

De la tabla 3-4 se obtiene coeficiente de variación del sensor SITRANS LR140 que es de 0,054% y se concluye que la estabilidad del sensor mediante el criterio de (Requena Serra 2016) se acerca al 0% existe poca variación y no afecta al funcionamiento normal del sistema automatizado.

4.4.2. Estabilidad de sensor de final de carrera

El objetivo de esta prueba es determinar la precisión del sensor en tiempos cortos con las mismas condiciones de funcionamiento. La prueba se realizó tomando 10 muestras de voltaje con la tapa cerrada mediante un multímetro FLUKE 376 FC cuya precisión es del 1,0 % con ± 5 dígitos y cronometrando con un celular Huawei Mate 20 lite en un intervalo de 10 segundos por muestra empezando la primera muestra a las 19:00 pm el día 14/07/2023. Los datos de las mediciones se muestran en la tabla 4-5.

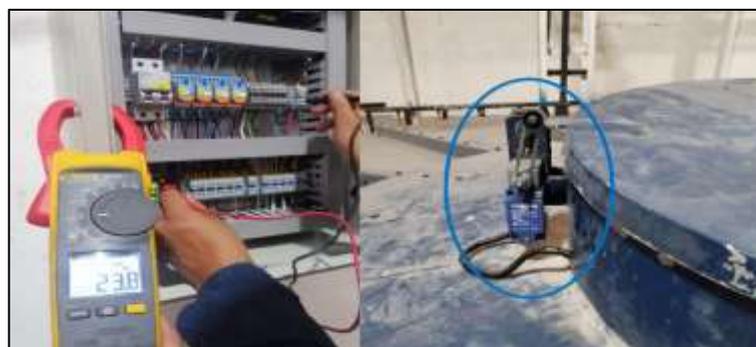


Ilustración 4-5: Prueba sensor final de carrera

Realizado por: Jácome Johnny,2023

Tabla 4-4: Prueba de estabilidad sensor de final de carrera

Nº Muestra	Hora	Medición de voltaje
1	19:00:00	23,8 V
2	19:00:10	23,8 V
3	19:00:20	23,7 V
4	19:00:30	23,8 V
5	19:00:40	23,8 V
6	19:00:50	23,8 V
7	19:01:00	23,7 V
8	19:01:10	23,8 V
9	19:01:20	23,8 V
10	19:01:30	23,8 V
Media		23,78
Desviación estándar		0,042
Coefficiente de variación		0,177 %

Realizado por: Jácome Johnny,2023

De la tabla 4-4 se obtiene coeficiente de variación del sensor de final de carrera es de 0,117 % se concluye que la estabilidad del sensor mediante el criterio de (Requena Serra 2016) se acerca al 0% por lo que existe poca variación y no afecta al funcionamiento normal del sistema automatizado.

4.4.3. Estabilidad de sensor de boya nivel mínimo

El objetivo de esta prueba es determinar la precisión del sensor en tiempos cortos con las mismas condiciones de funcionamiento. La prueba se realizó tomando 10 muestras de voltaje cuando el contacto de la boya de nivel mínimo como se muestra en la ilustración 4-6 se encuentra activa mediante un multímetro FLUKE 376 FC cuya precisión es del 1,0 % con ± 5 dígitos y cronometrando en un intervalo de 10 segundos por muestra empezando la primera muestra a las 20:00 pm el día 14/07/2023. Los datos de las mediciones se muestran en la tabla 4-5.

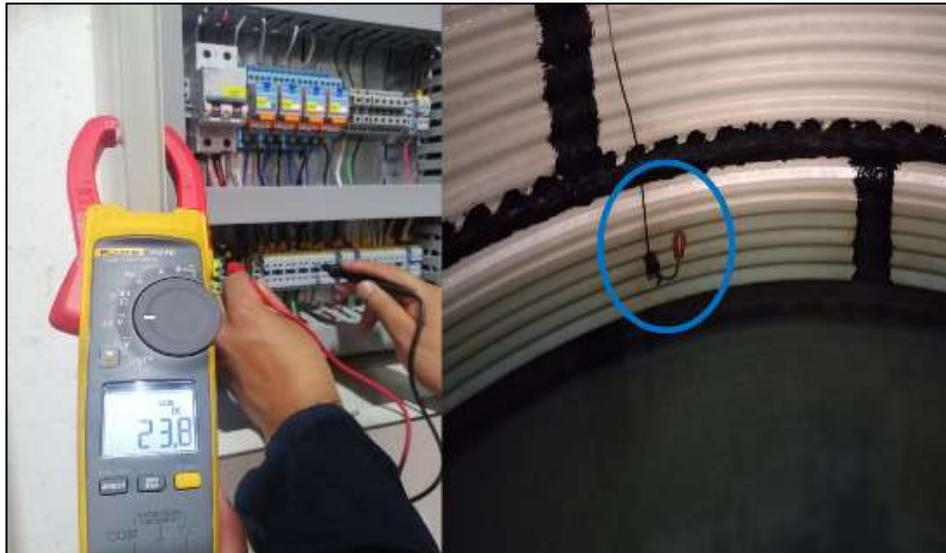


Ilustración 4-6: Estabilidad sensor nivel boya mínimo

Realizado por: Jácome Johnny,2023

Tabla 4-5: Prueba de estabilidad sensor de boya nivel mínimo

Nº Muestra	Hora	Medición de voltaje
1	19:00:00	23,8 V
2	19:00:10	23,7 V
3	19:00:20	23,7 V
4	19:00:30	23,8 V
5	19:00:40	23,8 V
6	19:00:50	23,8 V
7	19:01:00	23,8 V
8	19:01:10	23,7 V
9	19:01:20	23,7 V
10	19:01:30	23,7 V
Media		23,76
Desviación estándar		0,052
Coefficiente de variación		0,217 %

Realizado por: Jácome Johnny,2023

De la tabla 4-5 se obtiene coeficiente de variación del sensor de boya nivel mínimo es de 0,217 % se concluye que la estabilidad del sensor mediante el criterio de (Requena Serra 2016) se acerca al 0% por lo que existe poca variación y no afecta al funcionamiento normal del sistema automatizado.

4.4.4. Estabilidad de sensor de boya nivel máximo

El objetivo de esta prueba es determinar la precisión del sensor en tiempos cortos con las mismas condiciones de funcionamiento. La prueba se realizó tomando 10 muestras de voltaje cuando el contacto de la boya de nivel máximo como se muestra en la ilustración 4-7 se encuentra activa mediante un multímetro FLUKE 376 FC cuya precisión es del 1,0 % con ± 5 dígitos y cronometrando con un celular Huawei Mate 20 lite en un intervalo de 10 segundos por muestra empezando la primera muestra a las 19:50 pm el día 14/07/2023. Los datos de las mediciones se muestran en la tabla 6-4.



Ilustración 4-7: Estabilidad sensor boya nivel máximo

Realizado por: Jácome Johnny,2023

Tabla 4-6: Prueba de estabilidad sensor de boya nivel máximo

N° Muestra	Hora	Medición de voltaje
1	19:00:00	23,8 V
2	19:00:10	23,7 V
3	19:00:20	23,7 V
4	19:00:30	23,8 V
5	19:00:40	23,7 V
6	19:00:50	23,8 V
7	19:01:00	23,7 V
8	19:01:10	23,8 V
9	19:01:20	23,8 V
10	19:01:30	23,7 V
Media		23,75
Desviación estándar		0,053
Coefficiente de variación		0,222 %

Realizado por: Jácome Johnny,2023

De la tabla 4-6 se obtiene coeficiente de variación del sensor de boya nivel máximo es de 0,222 % se concluye que la estabilidad del sensor mediante el criterio de (Requena Serra 2016) se acerca al 0% por lo que existe poca variación y no afecta al funcionamiento normal del sistema automatizado.

4.5. Prueba de Integridad de Comunicación

Esta prueba tiene por objetivo verificar si los datos enviados por el sensor SITRANS LR140 son recibidos por el PLC de forma correcta y completa. La prueba se realizó tomando 10 muestras del nivel del agua cada 1 segundo mediante la función *trace* del *software* TIAPortal y por medio de la aplicación Sitrans mobile IQ. Los datos de las mediciones se muestran en la tabla 4-7.

Tabla 4-7: Integridad de información sensor SITRANS LR140

Nº Muestra	Hora	Datos nivel función trace PLC	Datos nivel Sitrans mobile IQ
1	11:00:10	1,843 m	1,843 m
2	11:00:11	1,841 m	1,840 m
3	11:00:12	1,829 m	1,830 m
4	11:00:13	1,827 m	1,828 m
5	11:00:14	1,822 m	1,822 m
6	11:00:15	1,812 m	1,810 m
7	11:00:16	1,801 m	1,800 m
8	11:00:17	1,789 m	1,790 m
9	11:00:18	1,779 m	1,780 m
10	11:00:19	1,777 m	1,777 m
Media		1,812	1,813
Desviación estándar		0,024	0,023
Coefficiente de variación		1,349%	1,268%
Promedio coeficiente de variación		1,309%	

Realizado por: Jácome Johnny,2023

De la tabla 7-4 se obtiene el coeficiente de variación promedio que es de 1,309% y se concluye mediante el criterio de (Requena Serra 2016) existe poca variación por lo tanto se corrobora que existe comunicación entre el sensor SITRANS LR140 y PLC.

4.6. Prueba de funcionamiento de alerta de seguridad

El objetivo de esta prueba es verificar el accionamiento de la alerta luminosa cuando el nivel de llenado de agua sea máximo y mínimo en el tanque de almacenamiento. La prueba se realizó registrando 10 muestras del porcentaje de llenado del tanque de almacenamiento y observando el encendido de la luz de la torreta como se muestra en la ilustración 4-8.



Ilustración 4-8: Prueba de funcionamiento de alerta de seguridad

Realizado por: Jácome Johnny,2023

En la tabla 4-8 se registran los datos del porcentaje de nivel y el color de la luz activa en la torreta instalada en el sistema automatizado.

Tabla 4-8: Prueba de funcionamiento de alerta de seguridad

N° Muestra	Nivel	Luz activa	Cumple función
1	100%	Verde	Si
2	105,00%	Verde	Si
3	45,10%	Ninguna	Si
4	34,32%	Ninguna	Si
5	80,30%	Ninguna	Si
6	68,34	Ninguna	Si
N° Muestra	Nivel	Luz activa	Cumple función
7	95,54%	Ninguna	Si
8	46,77%	Ninguna	Si
9	11,46%	Roja	Si
10	11,25%	Roja	Si

Realizado por: Jácome Johnny,2023

De los datos obtenidos en la tabla 4-8 se concluye que la luz verde de la torreta se enciende cuando el nivel es mayor igual al 100% y para el caso de la luz roja se enciende cuando el nivel es menor igual al 11,46%.

4.7. Prueba de tiempo de proceso de visualización de nivel de agua

El objetivo de esta prueba es validar el lapso que el operador tarda en visualizar el nivel de agua en el tanque de almacenamiento.

La prueba se realizó tomando 10 muestras y cronometrando por medio de un celular el tiempo de percepción para visualizar el nivel sin el sistema automatizado que consiste en subir al tanque por medio de las escaleras y levantar la tapa como se observa en la ilustración 4.9 A Para la visualización con el sistema automatizado se procede a visualizar el nivel en la pantalla HMI como se observa en la ilustración 4-9 B.

Los datos de las mediciones se muestran en la tabla 4-9.



Ilustración 4-9: Prueba de tiempo de proceso de visualización de nivel de agua

Realizado por: Jácome Johnny,2023

Los datos de las mediciones se muestran en la tabla 4-9.

Tabla 4-9: Prueba de tiempo de proceso de visualización de nivel

Nº Muestra	Tiempo sin el sistema automatizado	Tiempo con el sistema automatizado
1	00:01.00	00:00:10
2	00:01.08	00:00:11
3	00:01.00	00:00:09
4	00:01.04	00:00:10
5	00:01.05	00:00:09
6	00:01.02	00:00:08
7	00:01.09	00:00:11
8	00:00.59	00:00:10
9	00:01.09	00:00:11
10	00:01.07	00:00:09
Promedio	0:01:04	0:00:10
Diferencia de tiempo	0:00:54	

Realizado por: Jácome Johnny,2023

De la tabla 4-9 se concluye que el tiempo promedio que el operador tarda en visualizar el nivel de agua en el tanque de almacenamiento sin el sistema automatizado es de 1 minuto con 4 segundos, y utilizando el sistema automatizado es de 10 segundos. Por lo que la diferencia de 54 segundos mejorando el tiempo de respuesta del operador ante potenciales fallas en el sistema.

4.8. Prueba de consumo energético

Esta prueba tiene como objetivo comparar el consumo energético teórico y real de los elementos que componen el sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero. El procedimiento se realizó midiendo la corriente en el breaker magnetotérmico con una pinza amperimétrica multímetro FLUKE 376 FC cuya precisión es del 1,0% con ± 5 dígitos, la medición se llevó a cabo mediante la puesta en marcha del sistema automatizado como se observa en la ilustración 4-10. Los datos de las mediciones se muestran en la tabla 4-10.



Ilustración 4-10: Prueba de consumo de energía

Realizado por: Jácome Johnny,2023

Tabla 4-10: Prueba del consumo energético del sistema automatizado

Elemento	Corriente Teórica	Corriente Medida
PLC	40 mA	20mA
Fuente DC	2,5 A	1,8mA
Bomba PU5-A	12,2 A	8,3 A
Bomba PU05-B	12,2 A	8,4 A
Bomba PU06-A	12,2 A	7,2 A
Torreta luminosa	9 mA	3mA
Electroválvula	100mA	50mA
Corriente total	39,25 A	24 A
Potencia total	8,64 kW	5,34kW

Realizado por: Jácome Johnny,2023

De la tabla 4-10 se observa que el consumo de corriente teórico es de 39,25 A y una potencia de 8,64 kW y el consumo medido con el multímetro de corriente es de 24 A y una potencia de 5,34 kW. Por lo que se concluye que el equipo analizado se encuentra por debajo de la corriente y potencia nominal calculada lo que garantiza que el sistema de control y visualización funcione de manera correcta.

4.9. Prueba de verificación profesional

El objetivo de esta prueba es validar el funcionamiento de la implementación del sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero por medio del operador de planta.

Para lo cual fue evaluado por el operador Téc. Nelson Bustillos desde el día 24 de julio del 2023 hasta el día 7 de agosto del 2023 dando como resultado que el sistema se mantuvo estable, cumple con requerimientos establecidos y es de fácil manejo.

4.10. Análisis de costos

En este apartado se detalla en la tabla 4-11 los costos de cada uno de los equipos y componentes utilizados en la implantación de un sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero. Todos los componentes fueron adquiridos por distribuidores a nivel nacional.

Tabla 4-11: Análisis de costos del sistema automatizado

Componente	Cantidad	Precio Unitario (\$)	Precio Total (\$)
PLC s7-1200 1212C	1	500,00	500,00
Módulo SM1231 AI	1	250,00	250,00
Fuente Siemens 6EP1332-1SH43	1	80,00	80,00
Magnetotérmico 5SL4204-7RC	1	16,50	16,50
HMI KT700 Basic	1	700,00	700,00
Porta fusible EBASEE	1	3,00	3,00
Fusible	1	5,00	5,00
Bornera riel din	30	0,75	22,50
Relé ComatReleco C9	4	10,00	40,00
Tablero gabinete	1	62,70	62,70
Riel Din	6	2,00	12,00
Pulsador para de emergencia	1	4,50	4,50
Canaletas plásticas	2	5,00	10,00
Sensor SITRANS LR140	1	900,00	900,00
Electroválvula	1	70,50	70,50
Final de carrera Siemens	1	7,80	7,80
Torreta Camsco	1	15,70	15,70
Base sensor SITRANS LR140	1	9,75	9,75
Cables y terminales	1	60,00	60,00
Total			\$2769,95

Realizado por: Jácome Johnny,2023

De la tabla 10-4 se determina que el costo total del sistema automatizado que es de \$2769,95 dólares americanos sin contar las horas de desarrollo y programación del sistema automatizado.

CAPÍTULO V

5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

- Se implementó un sistema automatizado para el control y visualización aplicado al proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero.
- De acuerdo con las pruebas de validación del sensor de nivel SITRANS LR140 se evidenció un error relativo del 0,532%, por lo que se determina que los datos de nivel tienen una exactitud y confiabilidad del 99,468% y el sensor es óptimo para el funcionamiento según Requema.
- Basado en los resultados realizados durante la prueba de estabilidad del sensor de nivel SITRANS LR140, sensor de boya máximo, sensor de boya mínimo y final de carga se observó que presentan un coeficiente de variación menor al 1% por lo que se determina que al ser inferior al 5% según Serra los sensores antes mencionados presentan una variabilidad nula.
- En función a la prueba de tiempo de proceso de visualización del nivel de agua se determinó que utilizando el sistema automatizado es 54 segundos más rápido que el sistema tradicional mejorando el tiempo de acción de respuesta del operario ante eventos de falla.
- De acuerdo con la prueba de consumo energético se determinó que el sistema automatizado consume una corriente de 24 A y una potencia de 5,34 kW. Por lo que se evidencia que estos parámetros eléctricos se encuentran dentro del rango nominal de consumo teórico que es de 39,25 A y una potencia de 8,64 kW.
- En base a las pruebas de verificación profesional el sistema automatizado fue validado y aceptado por el operador de planta Téc. Nelson Bustillos que evidenció que el sistema implementado es de fácil acceso y cumple con estándares y normas de funcionamiento.

5.2. RECOMENDACIONES

- Se requiere extender los periodos de prueba del sistema automatizado para identificar posibles mejoras en el control y visualización del sistema.
- Se recomienda utilizar acero inoxidable para la construcción de la base del sensor SITRANS LR140 para proporcionar una alta resistencia y durabilidad del material.
- Se recomienda incorporar inteligencia artificial al sistema automatizado para realizar el control del nivel de agua mediante una cámara.
- Se recomienda incorporar tecnología de internet de las cosas industrial (IIoT) al sistema automatizado para recopilar y analizar y compartir datos en la nube en tiempo real.
- Se recomienda estudiar la posibilidad de implementar un sistema integrado de seguridad (SIS) para proteger la integridad de los operarios y equipos del proceso de distribución de agua del tanque de almacenamiento en la empresa Novacero.
- Se recomienda se analizar la viabilidad de incorporar un sistema de Supervisión Control y Adquisición de Datos (SCADA) para tener con más detalle la supervisión y control de todos los procesos de la planta de agua en la empresa Novacero

BIBLIOGRAFÍA

Altec. 2023. [En línea] 2023. <https://altecindust.com/como-funcionan-las-electrovalvulas-o-valvulas-solenoides-de-uso-general/>.

Arias, Gilmar. 2021. Diseño de sistema para telemetría de caudal y nivel de aguas basado en control por PLC y HMI-Tanque Circular-Veolia Tunja. [En línea] 2021. <https://repository.usta.edu.co/handle/11634/37858>.

Autycom. 2018. Autycom. [En línea] 19 de Diciembre de 2018. <https://www.autycom.com/diferentes-tipos-de-plc/>.

Berrocal, Marcos y Figueroa, Joel. 2022. Diseño e implementación de un sistema automatizado para mejorar el funcionamiento de una línea de producción de Nuggets en una empresa de alimentos de la localidad de Lima, Perú. [En línea] 2022. <https://repositorio.utp.edu.pe/handle/20.500.12867/6746>.

Calderón, Victor y Maza, Cristian. 2018. *Automation prototype applied to the process of packaging water drums of the Villonaco Water Plant.* 2018.

Camsco. 2023. [En línea] 2023. <https://www.camsco.com.tw/spa/floatless-level-control/level-regulator-kf-06.html>.

CDE. 2023. [En línea] 2023. https://www.cde.es/es/normativa_industrial/#:~:text=La%20normalización%20ofrece%20la%20garantía,%20calidad%20eficacia%20y%20fiabilidad..

Cheyhani. 2019. DirectIndustry. [En línea] 29 de Agosto de 2019. <https://guide.directindustry.com/es/que-sensor-de-nivel-elegir/>.

Climas. 2023. [En línea] 2023. <https://www.climasmonterrey.com/que-son-las-valvulas-de-dos-vias>.

ComatReleco. 2023. [En línea] 2023. https://www.comatreleco.com/wp-content/uploads/cr-prod/cr-prod-doc/EN_DAT_CAT_C9-A4x_00001.pdf.

Creus, A. 2009. Instrumentación industrial. [En línea] 2009.

DEBEM. 2018. [En línea] 4 de Diciembre de 2018. <https://www.debem.com/es/como-funciona-bomba-centrifuga/>.

Design and Development of Automatic Water Level Controller System. **Patel, D. V., Patel, M: K. 2017.** s.l. : International Journal of Engineering Research and Applications, 2017.

EATON. 2020. Electric Automation Network. [En línea] 2020. <https://www.electricalautomationnetwork.com/es/eaton-moeller/automatas-programables-ec4p>.

EBASEE. 2023. [En línea] 2023. <https://www.ebasee.com>.

Gallo, Juan. 2021. DISEÑO DE UN SISTEMA DE APERTURA Y CIERRE PARA LA VÁLVULA. [En línea] 2021. <https://repositorio.utp.edu.co/server/api/core/bitstreams/c19c7577-8b30-4b76-8ddc-99e2b18633e0/content>.

Gemü. 2022. Electroválvula de proceso 8253. [En línea] 2022. https://www.gemu-group.com/es_ES/disenos-de-valvulas/electrovalvulas-de-proceso/general-de-productos/electrovalvula-de-proceso-8253/.

Geovany, Matango Nicaragua Darwin. 2015. DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL MONITOREO Y CONTROL AUTOMÁTICO DE PRESIÓN Y TEMPERATURA DE AGUA. [En línea] 2015. <https://core.ac.uk/download/pdf/200326366.pdf>.

Giovanni, Chamorro. 2015. PROTOCOLOS DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL. 2015.

GLS Industrias. 2021. GLS Industrias. [En línea] 1 de Junio de 2021. <https://industriasgsl.com/blogs/automatizacion/que-es-un-plc-y-como-funciona>.

Goulds Pump. 2023. [En línea] 2023. <https://www.pumpcatalog.com/goulds/3656-3756-s-group-cast-iron-bronze-pump-series/3bf1j2a0/>.

Guevara, Marlon. 2013. Diseño e implementación de una red industrial utilizando Protocolo Profinet para monitoreo y control de las estaciones de nivel, flujo, presión y temperatura en el Laboratorio de Redes Industriales y Control de Procesos de la ESPE Extensión Latacunga. [En

[En línea] 2013. <http://repositorio.espe.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/21000/6425/T-ESPEL-ENI-0300.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

INOXMIM. 2021. Bomba centrífuga y periférica. [En línea] 10 de Octubre de 2021. <https://www.inoxmim.com/blog/diferencia-entre-bomba-centrifuga-y-periferica/>.

Inselec. 2023. [En línea] 2023. <file:///C:/Users/USER/Downloads/tablero%20modular%20autosoportadoV2.pdf>.

INSELEC. 2023. [En línea] 2023. <https://inselec.com.ec/store/inicio/2214-gabinete-pesado-600x400x200-ref-i-0317-.html>.

INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL DE NIVEL PARA UN SISTEMA DE TANQUES. **Benítez, Fredy y Pinzón, Fabián. 2019.** Bogotá : s.n., 2019.

ISA. 2015. [En línea] 2015. <https://www.isa.org/products/ansi-isa-101-01-2015-human-machine-interfaces-for>.

Isidro, Lázaro. 2008. *INGENIERÍA DE SISTEMAS DE CONTROL CONTINUO.* México : s.n., 2008.

JAGO. 2023. [En línea] 2023. <https://grupojago.net/product/electrovalvulas/>.

José, Salichs San. 2012. [En línea] 2012. <https://e-archivo.uc3m.es/handle/10016/16073>.

López, Verónica. 2019. Automatización del Proceso de. [En línea] 2019.

Mott, R. 2006. Mecánica de fluidos. México : Pearson educación, 2006.

Murko, Vinko. 2023. <https://www.proface.com>. [En línea] 2023. https://www.proface.com/en/product/soft/remotehmi_client/top.

NORMA ISA S5.1. [En línea] <https://biblioteca.utb.edu.co/notas/tesis/0062398.pdf>.

Novacero. 2022. Novacero. [En línea] 28 de Septiembre de 2022. [Citado el: 17 de Abril de 2023.] <https://www.novacero.com/>.

Ponce, Juan,Carlos. El cilindro. [En línea] https://www.researchgate.net/profile/Juan-Ponce-Campuzano/publication/236618941_Modelacion_Vaciado_de_recipientes/links/004635185bbdc11d6e000000/Modelacion-Vaciado-de-recipientes.pdf.

Promesa. 2022. Productos Metalúrgicos S.A. [En línea] 2022. <https://www.promesa.com.ec/producto/bomba-de-agua-periferica-uvpm3708-1-2-hp>.
Protocolos de comunicaciones industriales. Estrada, José. 2017. Mexico : s.n., 2017.

Ramos, Francisco. 2012. Las interfaces humano-máquina (HMI) y su importancia en el control de procesos industriales. [En línea] 2012.

REDCOIND. 2023. [En línea] 2023. <https://redcoind.pe/producto/lmb-bs5-pulsador-metalico-de-emergencia-rojo-tipo-hongo-cabecal-40mm-diam-22mm-1nc-c-retencion/>.

Rockwell Automation. 2023. [En línea] 2023. <https://www.rockwellautomation.com/es-es/products/hardware/allen-bradley/human-machine-interface/graphic-terminals.html>.

RSánchez. 2022. IGD – Interruptor de Nivel Tipo Flotador – Inprocess. [En línea] 2022.

Sánchez, Juan. 2011. Boveda de seguridad programable con pantallas HMI "Interfas Hombre Maquina". [En línea] 2011. <https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/1188>.

Schneider Electric. 2023. [En línea] 2023. <https://www.se.com/es/es/product/HMIST6200/terminal-hmi-4w-basico/?%3Frange=65770-harmony-st6-y-stw6-&parent-subcategory-id=2140&selected-node-id=12368282352>.

SHI. 2018. Servicio Hidráulico Industrial. [En línea] 2018. <https://valvulas-hidraulicas.mx/las-electrovalvulas/>.

SIEMENS. 2023. [En línea] 2023. <https://new.siemens.com/es/es/productos/automatizacion/sistemas/simatic/hmi.html>.

Solutions, Ebasnet Web. 2023. MCSsystems. [En línea] 5 de Abril de 2023. <https://mcsystems.es/es/b/blog/p/sensor-de-nivel-de-liquidos-43>.

TechDesign. 2023. <http://techdesign.com.ec/techw/>. [En línea] 2023. <http://techdesign.com.ec/techw/pantallas-tactiles-touch-panel-hmi-compatible-siemens-s7-1200-panel-tactil/>.

Tituaña, Roberto. 2015. Diseño y construcción de dos tableros eléctricos de control para el funcionamiento automático y manual de cuatro bombas eléctricas, para el abastecimiento de agua en la comunidad Alamor. [En línea] 2015. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/9104>.

Torres, Johan. 2021. [En línea] 10 de Diciembre de 2021. <https://repository.unab.edu.co/handle/20.500.12749/15847>.

VEGA. 2018. VEGASON S61. [En línea] 2018. [Citado el: 22 de Abril de 2023.] <https://www.vega.com/es-us/productos/catalogo-de-productos/medicion-de-nivel/ultrasonidos/vegason-s61>.

Vera, Bryan. 2019. Diseño e implementación de un prototipo controlador de temperatura, salinidad y oxígeno disuelto para la supervivencia del camarón usando controladores p, pi, pid y lógica difusa. [En línea] Marzo de 2019.

ANEXOS

ANEXO A: FICHAS ESTADO TÉCNICO EQUIPOS NOVACERO

ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
NOVACERO	FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA		
Planta: Lasso	Área: Planta de Agua	Equipo: Termomagnético-PU06-A	Fecha Revisión: 01/01/15
Encargado del Mantenimiento: Ton. Raúl Díaz		Próxima Revisión: 01/01/16	
Marca: Schneider			
Manuales:	Planos de Montaje:	Repuestos:	
Si: No: Y	Si: No: X	Si: No: Z	
Datos de equipo:			
Modelo: D09A43			
Corriente Nominal: 20 A			
Voltaje: 400 VAC			
Número de polos: 3 P			
Contactos Auxiliares: 1 NA + 3NC			
Estado Técnico:			
Malo (0.00)	Regular (0.05)	Bueno (0.1)	
Estado de la Carcasa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Estado de Bornetas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado de enclavamiento bobina	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado contactos NA	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado contactos NC	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Conclusión: Estado técnico del equipo (bueno) -> OK			
Observaciones: Realizar un chequeo de bobinas.			

ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
NOVACERO	FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA		
Planta: Lasso	Área: Planta de Agua	Equipo: Contactor-PU06-A	Fecha Revisión: 01/01/15
Encargado del Mantenimiento: Ton. Raúl Díaz		Próxima Revisión: 01/01/16	
Marca: SIEMENS			
Manuales:	Planos de Montaje:	Repuestos:	
Si: No: X	Si: No: C	Si: No: Z	
Datos de equipo:			
Modelo: 3RT2027-1AN20			
Voltaje bobina: 230 VAC			
Corriente del contacto: 50 A			
Número de polos: 3 P			
Contactos Auxiliares: 1 NA + 3NC			
Estado Técnico:			
Malo (0.00)	Regular (0.05)	Bueno (0.1)	
Estado de la Carcasa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado de Bornetas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado de enclavamiento bobina	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado contactos NA	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado contactos NC	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Conclusión: Estado técnico del equipo (bueno) -> OK			
Observaciones:			

ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
NOVACERO	FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA		
Planta: Lasso	Área: Planta de Agua	Equipo: Relé Térmico-PU06-A	Fecha Revisión: 01/01/15
Encargado del Mantenimiento: Ton. Raúl Díaz		Próxima Revisión: 01/01/16	
Marca: SIEMENS			
Manuales:	Planos de Montaje:	Repuestos:	
Si: No: Y	Si: No: X	Si: No: Z	
Datos de equipo:			
Modelo: 3RU0125-4B00			
Clase: 20			
Voltaje Nominal: 400 VAC			
Corriente de disparo: 14-20 A			
Número contactos: 1 NA + 3NC			
Estado Técnico:			
Malo (0.00)	Regular (0.05)	Bueno (0.1)	
Estado de la Carcasa	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado de Bornetas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado botón stop	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado botón reset	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado regulador de Corriente	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado regulador manual/automático	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Conclusión: Estado técnico del equipo (bueno) -> OK			
Observaciones:			

ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
NOVACERO	FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA		
Planta: Lasso	Área: Planta de Agua	Equipo: Termomagnético-PL05-A	Fecha Revisión: 01/01/15
Encargado del Mantenimiento: Ton. Raúl Díaz		Próxima Revisión: 01/01/16	
Marca: Schneider			
Manuales:	Planos de Montaje:	Repuestos:	
Si: No: X	Si: No: Y	Si: No: Z	
Datos de equipo:			
Modelo: D09A43			
Corriente Nominal: 20 A			
Voltaje: 400 VAC			
Número de polos: 3 P			
Contactos Auxiliares: 1 NA + 3NC			
Estado Técnico:			
Malo (0.00)	Regular (0.05)	Bueno (0.1)	
Estado de la Carcasa	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	
Estado de Bornetas	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado de enclavamiento bobina	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado contactos NA	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado contactos NC	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
Conclusión: Estado técnico del equipo (bueno) -> OK			
Observaciones: Realizar un chequeo de bobinas.			

ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
NOVACERO		FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA	
Planta: Lasso	Área: Planta de Agua	Equipo: Termomagnético-PU05-A	
Encargado del Mantenimiento: T. R. Ruiz Díaz		Fecha Revisión: 06/02/17	Próxima Revisión: 06/02/18
Marca: Schneider			
Manuales:	Planos de Montaje:	Repuestos:	
Si: No: X	Si: No: X	Si: No: X	
Datos de equipo:			
Modelo: DomA43			
Corriente Nominal: 20 A			
Voltaje: 400 VAC			
Número de polos: 3 P			
Contactos Auxiliares: 1 NA + 1NC			
Estado Técnico:			
Estado de la Carcasa	Malo (0.02)	Regular (0.05)	Buena (0.1)
Estado de Bornetas			/
Estado de enclavamiento bobina			/
Estado contactos NA			/
Estado contactos NC			/
Conclusión: Estado Técnico del equipo (Buena) -> OK			
Observaciones: Falta un seguro de bobina			

ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
NOVACERO		FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA	
Planta: Lasso	Área: Planta de Agua	Equipo: Relé Térmico-PU05B	
Encargado del Mantenimiento: T. R. Ruiz Díaz		Fecha Revisión: 06/02/17	Próxima Revisión: 06/02/18
Marca: SIEMENS			
Manuales:	Planos de Montaje:	Repuestos:	
Si: No: X	Si: No: X	Si: No: X	
Datos de equipo:			
Modelo: 3RL2126-4000			
Clase: 20			
Voltaje Nominal: 400 VAC			
Corriente de Disparo: 14 20 A			
Número contactos: 1 NA + 1NC			
Estado Técnico:			
Estado de la Carcasa	Malo (0.02)	Regular (0.05)	Buena (0.1)
Estado de Bornetas			/
Estado botón stop			/
Estado botón reset			/
Estado regulador de Corriente			/
Estado regulador manual/automático			/
Conclusión: Estado Técnico del equipo (Buena) -> OK			
Observaciones:			

ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
NOVACERO		FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA	
Planta: Lasso	Área: Planta de Agua	Equipo: Termomagnético-PU05-B	
Encargado del Mantenimiento: T. R. Ruiz Díaz		Fecha Revisión: 06/02/17	Próxima Revisión: 06/02/18
Marca: Schneider			
Manuales:	Planos de Montaje:	Repuestos:	
Si: No: X	Si: No: X	Si: No: X	
Datos de equipo:			
Modelo: DomA43			
Corriente Nominal: 20 A			
Voltaje: 400 VAC			
Número de polos: 3 P			
Contactos Auxiliares: 1 NA + 1NC			
Estado Técnico:			
Estado de la Carcasa	Malo (0.02)	Regular (0.05)	Buena (0.1)
Estado de Bornetas			/
Estado de enclavamiento bobina			/
Estado contactos NA			/
Estado contactos NC			/
Conclusión: Estado Técnico del equipo (Buena) -> OK			
Observaciones:			

ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
NOVACERO		FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA	
Planta: Lasso	Área: Planta de Agua	Equipo: Termomagnético-PU05-B	
Encargado del Mantenimiento: T. R. Ruiz Díaz		Fecha Revisión: 06/02/17	Próxima Revisión: 06/02/18
Marca: Schneider			
Manuales:	Planos de Montaje:	Repuestos:	
Si: No: X	Si: No: X	Si: No: X	
Datos de equipo:			
Modelo: DomA43			
Corriente Nominal: 20 A			
Voltaje: 400 VAC			
Número de polos: 3 P			
Contactos Auxiliares: 1 NA + 1NC			
Estado Técnico:			
Estado de la Carcasa	Malo (0.02)	Regular (0.05)	Buena (0.1)
Estado de Bornetas			/
Estado de enclavamiento bobina			/
Estado contactos NA			/
Estado contactos NC			/
Conclusión: Estado Técnico del equipo (Buena) -> OK			
Observaciones:			

ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
NOVACERO		FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA	
Planta: Lasso	Área: Planta de Agua	Máquina: Bomba PU-DS-A	Fecha Revisión: 20/02/2023
Encargado del Mantenimiento: <i>Ta. Paul Day</i>		Próxima Revisión: 20/02/2023	
Manuales:	Planos de Montaje:	Repuestos:	
Si No <i>✓</i>	Si No <i>✓</i>	Si <i>✓</i> No	
Datos de Placa Motor Eléctrico:		Datos Bomba:	
CAT. No: JMM3212T		Índice: 30F112A0	
SPEC: 35N8357481		Modelo: 3036	
RPM: 3470		Caudal que maneja: agua	
HP: 5		Tipo de Bomba: centrífuga	
V: 208-230/460		V: 208-230/460	
Hz: 60		Hz: 60	
PH: 3		Capacidad (GPM): 550 GPM 3500RPM	
		Máx. Presión de trabajo: 175 PSIG	
		PH: 3	
Estado Técnico:		Malo (0.02)	Regular (0.05)
Estado del Armario			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado de la Carcasa-bomba			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado de Empaques			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado del aislamiento lado libre del motor			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado libre de la bomba			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado de Acople motor-bomba			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado eléctrico del tablero de fuerza			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado eléctrico del tablero de control		<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado del Motor eléctrico			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado aislamiento del bobinado del motor			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado de Carcasa Motor			<input checked="" type="checkbox"/>
Conclusión: <i>Estado bueno del equipo. Verbo > 95%</i>			
Observaciones: <i>Revisar estado empacado motor</i>			

ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
NOVACERO		FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA	
Planta: Lasso	Área: Planta de Agua	Equipo: Contactos PUC-A	Fecha Revisión: 20/02/2023
Encargado del Mantenimiento: <i>Ta. Paul Day</i>		Próxima Revisión: 20/02/2023	
Manuales:	Planos de Montaje:	Repuestos:	
Si No <i>✓</i>	Si No <i>✓</i>	Si No <i>✓</i>	
Datos de equipo:			
Modelo: 387207-1AN20			
Voltaje bobina: 220 VAC			
Corriente del contacto: 50A			
Número de polos: 3P			
Contactos Auxiliares: 1 NA + 1 NC			
Estado Técnico:			
Estado de la Carcasa			
Estado de Borneras			
Estado de enclavamiento bobina			
Estado contactos NA			
Estado contactos NC			
Conclusión: <i>Estado bueno del equipo. Verbo > 95%</i>			
Observaciones:			

ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
NOVACERO		FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA	
Planta: Lasso	Área: Planta de Agua	Máquina: Bomba PU-DS-B	Fecha Revisión: 20/02/2023
Encargado del Mantenimiento: <i>Ta. Paul Day</i>		Próxima Revisión: 20/02/2023	
Manuales:	Planos de Montaje:	Repuestos:	
Si No <i>✓</i>	Si No <i>✓</i>	Si <i>✓</i> No	
Datos de Placa Motor Eléctrico:		Datos Bomba:	
CAT. No: JMM3212T		Índice: 30F112A0	
SPEC: 35N8357481		Modelo: 3036	
RPM: 3470		Caudal que maneja: agua	
HP: 5		Tipo de Bomba: centrífuga	
V: 208-230/460		V: 208-230/460	
Hz: 60		Hz: 60	
PH: 3		Capacidad (GPM): 550 GPM 3500RPM	
		Máx. Presión de trabajo: 175 PSIG	
		PH: 3	
Estado Técnico:		Malo (0.02)	Regular (0.05)
Estado del Armario			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado de la Carcasa bomba			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado de Empaques			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado del aislamiento lado libre del motor			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado libre de la bomba			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado de Acople motor-bomba			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado eléctrico del tablero de fuerza			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado eléctrico del tablero de control		<input checked="" type="checkbox"/>	
Estado del Motor eléctrico			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado aislamiento del bobinado del motor			<input checked="" type="checkbox"/>
Estado de Carcasa Motor			<input checked="" type="checkbox"/>
Conclusión: <i>Estado bueno del equipo. Verbo > 95%</i>			
Observaciones: <i>Revisar estado empacado motor</i>			

ESTADO TÉCNICO ACTUAL DE LOS EQUIPOS DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA			
NOVACERO		FICHA DE EVALUACIÓN TÉCNICA	
Planta: Lasso	Área: Planta de Agua	Equipo: PLC	Fecha Revisión: 20/02/2023
Encargado del Mantenimiento: <i>Ta. Paul Day</i>		Próxima Revisión: 20/02/2023	
Manuales:	Planos de Montaje:	Repuestos:	
Si No <i>✓</i>	Si No <i>✓</i>	Si No <i>✓</i>	
Datos de PLC:			
Modelo: 6ES7217-1BE40-0AB0			
Tipo: CPU 1212C AC/DC/RLY			
Voltaje Nominal: 120-230 VAC			
Frecuencia: 47-63 Hz			
Número I/O: 8/8			
Intensidad de entrada: 80 mA con 120 VAC, 40 mA con 240 VAC			
Estado Técnico:			
Estado de la Carcasa			
Estado de Entradas y Salidas			
Estado de Borneras			
Estado de Tapas			
Estado Interno Placa			
Conclusión: <i>Estado bueno del PLC. Verbo > 95%</i>			
Observaciones: <i>Revisar estado empacado motor</i>			

ANEXO F: HOJA DE DATOS HMI KTP700 BASIC

SIEMENS

Data sheet

6AV2123-2GA03-0AX0

EMATIC HMI KTP700 BASIC DP, BASIC PANEL, KEY AND TOUCH OPERATION, 7" TFT DISPLAY, 65536 COLORS, PROFINET INTERFACE, CONFIGURATION FROM WINCC BASIC V13.5 SP7 BASIC V13, CONTAINS OPEN SOURCE SW WHICH IS PROVIDED FREE OF CHARGE FOR DETAILS SEE CD



Product type designation	
Display	
Design of display	TFT, wide-screen display, LED backlighting
Screen diagonal	7 in
Display width	184.1 mm
Display height	88.9 mm
Number of colors	65 536
Resolution (pixels)	
• Horizontal image resolution	650
• Vertical image resolution	480
Backlighting	
• MTBF backlighting (at 25 °C)	20 000 h
• Dimmable backlight	Yes
Control technology	
Keyboard	
• Function keys	
— Number of function keys	0
• Keys with LED	No
• System keys	No
• Numerical/alphabetical input	
— Numeric keyboard	Yes, Onscreen keyboard
— Alphanumeric keyboard	Yes, Onscreen keyboard
Touch operation	
• Design as touch screen	Yes

• With software interface	No
Industrial Ethernet	
• Number of industrial Ethernet interfaces	0
• Industrial Ethernet interface (IO)	0
PROFINET	
PROFINET ID	No
PROFINET ID	No
PROFINET	No
Power supply	
• DC24V	No
• DC12V	No
• DC5V	No
• DC3V	No
• DC1.5V	No
Power consumption	
• ATX	No
• ATX	No
Other interfaces	
• CAN	No
• CANopen	Yes, maximum 3000 baud rate
• Supply protocol for EtherCAT	No
Diagnostic messages	
• Diagnostic information available	No
LED	
Operation of LEDs (red/green/amber, 5, 24, 30, 36)	
• LED state A, for use in industrial areas	Yes
• LED state B, for use in residential areas	No
Operating conditions and approvals	
IP all-round	IP 65
Protection Type (at the front)	Yes
Compliance with CE mark	Yes
IP mark	IP 65
Environmental conditions	
CE mark	Yes
CE approval	Yes
UL mark	Yes

Installation requirements	
Mounting in portrait format possible	Yes
Mounting in landscape format possible	Yes
Maximum permissible angle of inclination without external ventilation	30°
Supply voltage	
Type of supply voltage	24 V DC
Rated value (DC)	24 V
permissible range, lower limit (DC)	18.0 V
permissible range, upper limit (DC)	28.8 V
Load capacity	
Current consumption (rated value)	230 mA
Starting current (max. PI)	0.2 A/s
Power	
Power consumption, typ.	5.5 W
Processor	
Processor type	ARM
Memory	
Flash	Yes
RAM	Yes
Usable memory for user data	10 MByte
Type of software	
Animation	
• BGM	Yes
• DYN	No
Class of use	
Class	
• Hardware clock (real-time clock)	Yes
• Software clock	Yes
• Battery-backed	Yes
• Synchronizable	Yes
Interfaces	
Number of RS 485 interfaces	1
Number of USB interfaces	1
Number of RS 485 interfaces (TV)	0
Number of RS 232 interfaces	0, with optional adapter
Number of RS 422 interfaces	1, together with RS485
Number of parallel interfaces	0
Number of other interfaces	0
Number of I/O card slots	0

• Non-Archival (NEMA)	Yes
EMC/Immunity class	
• ATX Class I	No
• ATX Class II	No
• CE Class I	No
• CE Class II	No
• CE Class I/Division 2	No
• CE Class I/Division 2	No
• CE Class I/Division 2	No
• CE Class I/Division 2	No
• CE Class I/Division 2	No
Operating conditions	
Ambient temperature in operation	
• Operation (vertical installation)	
— For vertical installation, min.	0 °C
— For vertical installation, max.	50 °C
• Operation (non-90 angle)	
— At maximum 90 angle, min.	0 °C
— At maximum 90 angle, max.	50 °C
• Operation (vertical installation, portrait format)	
— For vertical installation, min.	0 °C
— For vertical installation, max.	50 °C
• Operation (non-90 angle, portrait format)	
— At maximum 90 angle, min.	0 °C
— At maximum 90 angle, max.	50 °C
Storage/transport temperature	
• Min.	-20 °C
• Max.	60 °C
Relative humidity	
• Operation, max.	85 %
Operating system	
Pre-installed operating system	
• Windows CE	No
proprietary	Yes
Connectivity	
Storage indicator	Yes
Main logging system (incl. buffer and acknowledgment)	Yes
Process value display (output)	Yes
Process value display (input)	Yes
Process administration	Yes
Software licenses	
• 32-bit / 64-bit / 16-bit	Yes, no program for CE Basic (TA Panel)

ANEXO G: HOJA DE DATOS GABINETE BEAUCOUP

GABINETE DE PARED SERVICIO LIVIANO

CARACTERÍSTICAS DESTACADAS

- FRONTAL METALIC
- ESPALDA METALIC
- ACEROS Y ALUMINIO
- PUERTE Y ALZOS ENCLAVES
- BOLETA PARA SUAFERAMANT

ESPECIFICACIONES

- IP** Protección frente a agua
- IK** Resistencia al impacto

- MATERIALES**
El gabinete está fabricado en acero inoxidable con un espesor de 1.0mm en la parte posterior y 1.2mm en el resto del gabinete. El gabinete está fabricado en acero inoxidable con un espesor de 1.0mm en la parte posterior y 1.2mm en el resto del gabinete.
- ESPECIFICACIONES FUNCIONALES**
Gabinete de pared para servicios livianos con un solo compartimento, con una puerta y un alzo. Puede ser instalado en un espacio de 100mm de profundidad y también puede ser instalado en un espacio de 150mm de profundidad.
- ANILAJE**
Anilaje por perforación en la parte posterior.
- ACCESOS**
Una llave con doble filigrana en la parte inferior del gabinete permite el acceso al gabinete desde el interior y desde el exterior. El gabinete puede ser instalado en un espacio de 100mm de profundidad y también puede ser instalado en un espacio de 150mm de profundidad.
- PROTECCIONES**
El gabinete está fabricado en acero inoxidable con un espesor de 1.0mm en la parte posterior y 1.2mm en el resto del gabinete. El gabinete puede ser instalado en un espacio de 100mm de profundidad y también puede ser instalado en un espacio de 150mm de profundidad.

NOMENCLATURA

1.000.000.000

1.000.000.000

1.000.000.000

1.000.000.000

100

H

APLICACIONES

- Protección de equipos electrónicos
- Protección de equipos de comunicación
- Protección de equipos de control
- Protección de equipos de medición

GABINETE DE PARED SERVICIO LIVIANO

ACABADOS

FINITIMOS
El gabinete está fabricado en acero inoxidable con un espesor de 1.0mm en la parte posterior y 1.2mm en el resto del gabinete.

COLORES DE PINTURA
El gabinete está fabricado en acero inoxidable con un espesor de 1.0mm en la parte posterior y 1.2mm en el resto del gabinete.

SISTEMA DE ENCLAVES
Una llave con doble filigrana en la parte inferior del gabinete permite el acceso al gabinete desde el interior y desde el exterior. El gabinete puede ser instalado en un espacio de 100mm de profundidad y también puede ser instalado en un espacio de 150mm de profundidad.

MODELOS DISPONIBLES

Modelo	Material	Alto	Ancho	Profundidad	Peso
1000	Acero inoxidable	100	100	100	1.0
1001	Acero inoxidable	100	150	100	1.5
1002	Acero inoxidable	100	200	100	2.0
1003	Acero inoxidable	100	250	100	2.5
1004	Acero inoxidable	100	300	100	3.0
1005	Acero inoxidable	100	350	100	3.5
1006	Acero inoxidable	100	400	100	4.0

ACCESORIOS

Incluye accesorios para montaje del producto en la pared.

- Tornillos y tuerca fijador.
- Doble fondo para montaje de equipos.
- Llave metálica para montaje.

VISTA GABINETE DE PARED SERVICIO LIVIANO

VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL

VISTA SUPERIOR



KF-06 LEVEL REGULATOR



May be used for direct level control, in accordance with product electrical specifications.

In the case of approved products, the ground wire will always be included and the ground wire sheath will always be yellow/green. In this case, the two remaining wires are supplied for "high closure" or, specific request, "low closure".

INSTRUCTIONS FOR INSTALLATION



ELECTRICAL CONNECTIONS

Use wires:
"Black" and "Blue"
With these contacts the regulator
Closes when down
Opens when up

Use wires:
"Black" and "Brown"
With these contacts the regulator
Closes when up
Opens when down

The wire that is not used must be correctly insulated

- 1 Insert the cable in the counterweight, from the conical part and rotate it, thus causing the plastic ring inserted in the opening to become detached (if necessary this operation can be facilitated with the use of a screwdriver). The ring should then be positioned in the point where it is desired to block the counterweight.
- 2 Force the counterweight on the ring by rotating it, using a slight pressure.

THE COUNTERWEIGHT IS FURNISHED ONLY ON REQUEST.

AVOID JOINTS IN THE LEVEL REGULATOR CABLE.
NEVER IMMERGE POSSIBLE CABLE JOINTS IN THE WATER.



ANEXO L: HOJA DE DATOS TERMOMAGNÉTICO SCHNEIDER DOMA43

Ficha técnica del producto

Equipamiento



Interruptor termomagnético Easy9 3P 20A 10kA curva C

EZ9F56320

Principales

Serie	Easy9
Aplicación del Dispositivo	Dispositivo de Protección y Control
Tipo de Protección o Complementario	Interruptor automático en residual
Número Ciclo del Dispositivo	Easy M-0
Fases	3P
Número de polos protegidos	3
Corriente nominal (In)	20 A
Tipo de red	AC
Tecnología de unidad de disparo	Termo-magnético
Grado de curva	C
Factor de corte	1000 A (curva C) o 500 A (curva B) a 230 V AC; 600 A (curva C) o 300 A (curva B) a 400 V AC
Aplic. para autoconfinamiento	SI según la CEI 60439-1

Complementario

Frecuencia de Red	50 Hz
[3] Ancho asignado de ancho	100 x 100 mm (100 x 100 mm)
Límite de ancho máximo	100 x 100 mm
[3] Poder de corte en servicio	4 kA (100 A) en AC 230 V o 20 kA (100 A) en AC 400 V
[3] Corriente asignada de aislamiento	100 A AC 230 V o 20 kA (100 A) en AC 400 V
[3] [4] Tensión asignada de resistencia a los choques	4 kV según la CEI 60898-1
Indicador de posición del contacto	SI
Tipo de Control	Mano
Instalación local	En
Tipo de montaje	Montaje en DIN
	50 x 75 mm

Altura de 0 mm	5
Altura	87 mm
Anchura	54 mm
Profundidad	60 mm
Color	Blanco (R012) o Negro (R01)
Dinamismo mecánico	10000 ciclos
Durabilidad mecánica	4000 ciclos
Condiciones de instalación	Temperatura: 0°C (sin cable) o hasta +40°C (con cable) Temperatura: 0°C (sin cable) o hasta +40°C (con cable)
PIU de servicio	2.5 kV (según la CEI)

Entorno

Normas	EN 60898-1
Certificaciones de Producto	CE, IEC
Grado de protección IP	IP20 (según la CEI 60932)
Grado de contaminación	2
Temperatura	0
Humedad relativa	95% (a 40°C)
Temperatura ambiente de funcionamiento	-5...40°C
Temperatura ambiente de almacenamiento	-40...85°C

Unidades de ensayo

Tipo de unidad de ensayo 1	PIE
Número de unidades en el dispositivo 1	1
Respeto 1 Altura	7.5 mm
Respeto 1 Ancho	5.0 mm
Respeto 1 Longitud	32.0 mm
Respeto 1 Peso	110 g
Tipo de unidad de ensayo 2	mm
Número de unidades en el dispositivo 2	4
Respeto 2 Altura	9.0 mm
Respeto 2 Ancho	4.0 mm
Respeto 2 Longitud	22.0 mm
Respeto 2 Peso	1.21 kg
Tipo de unidad de ensayo 3	mm
Número de unidades en el dispositivo 3	40
Respeto 3 Altura	30 mm
Respeto 3 Ancho	30 mm
Respeto 3 Longitud	40 mm
Respeto 3 Peso	15.74 kg

4

Figura

EN60898-1

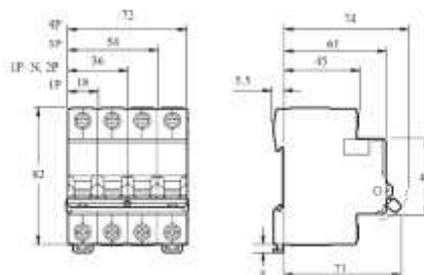
Ficha técnica del producto

EZ9F56320

Ilustración técnica

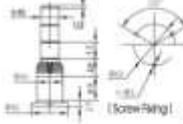
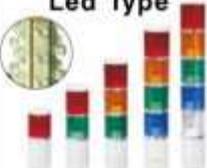
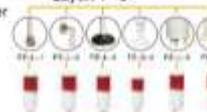
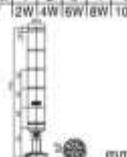
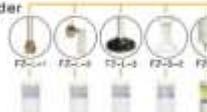
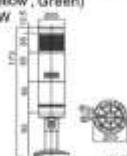
Dimensiones

Dimensiones (mm)

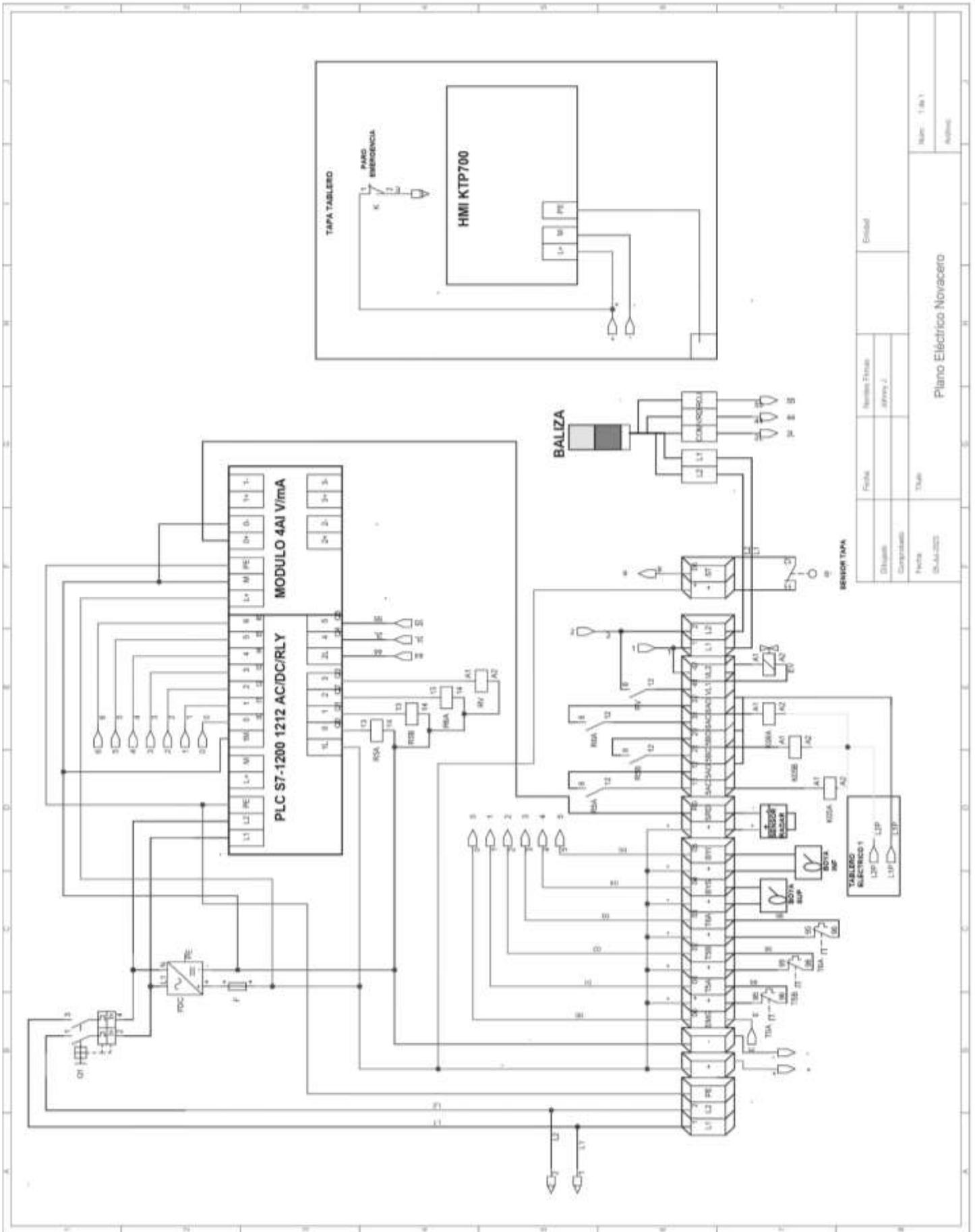


Reservados todos los derechos.

ANEXO O: HOJA DE DATOS TORRETA CAMSCO LMB-BS5

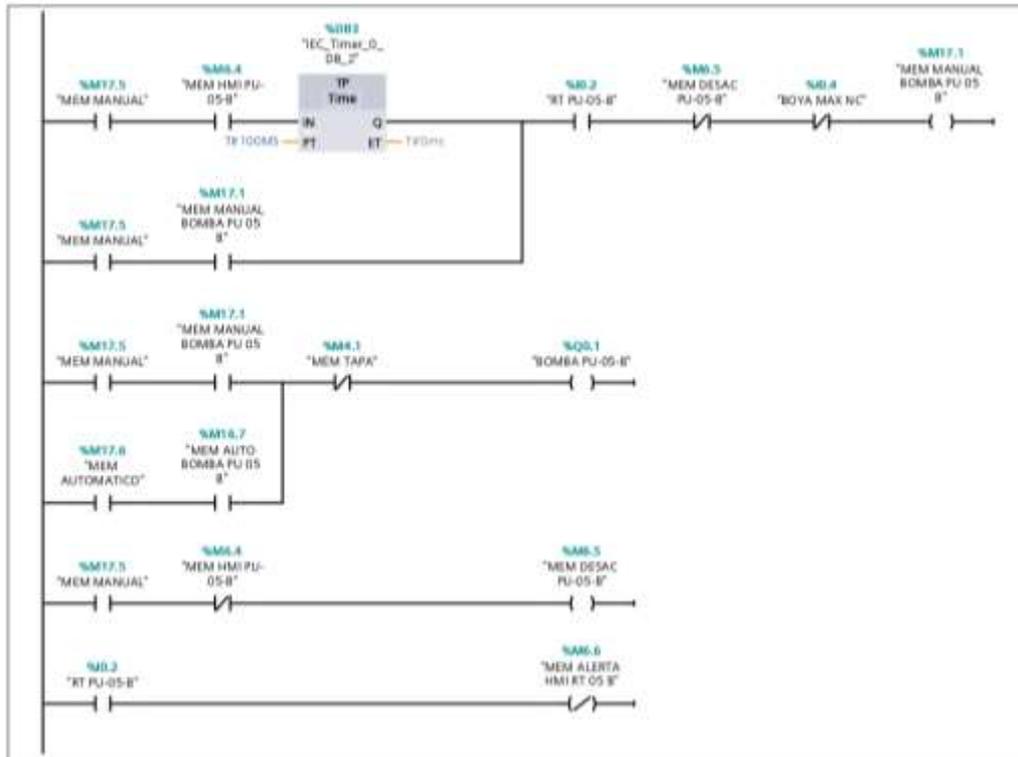
<p>Signal Tower</p>  <p>LTA-203 Series IP34</p>	<p>Description & Specifications</p> <ul style="list-style-type: none"> • Model Note LTA-203-□-□-□-□-Holder, Please advice as below J: With Buzzer, Blank: Without Buzzer Working mode: T: Shining, W: Flashing Layer: 1-4 • Option for holder  • Voltage: DC12V, 24V AC110V, 220V • Color: Red, Yellow, Blue, Green, • Light Power: Layer 1 2 3 4 W 3W 6W 9W 12W • Dimensions:  <p>★ Dimensions for holder, Please see page 306</p>
<p>Signal Tower</p>  <p>LTA-205 Series IP34</p>	<p>Description & Specifications</p> <ul style="list-style-type: none"> • Model Note LTA-205-□-□-□-□-Holder, Please advice as below J: With Buzzer, Blank: Without Buzzer Working mode: T: Shining, W: Flashing Layer: 1-5 • Option for holder  • Voltage: DC12V, 24V AC110V, 220V • Color: Red, Yellow, Blue, Green, White • Light Power: Layer 1 2 3 4 5 W 15W 10W 15W 20W 25W • Dimensions:  <p>★ Dimensions for holder, Please see page 306</p>
<p>Signal Tower Led Type</p>  <p>LTA-505 Series IP34</p>	<p>Description & Specifications</p> <ul style="list-style-type: none"> • Model Note LTA-505-□-□-□-□-Holder, Please advice as below J: With Buzzer, Blank: Without Buzzer Working mode: T: Shining, W: Flashing Layer: 1-5 • Option for holder  • Voltage: DC12V, 24V AC110V, 220V • Color: Red, Yellow, Blue, Green, White • Light Power: Layer 1 2 3 4 5 W 12W 14W 15W 18W 10W • Dimensions:  <p>★ Dimensions for holder, Please see page 306</p>
<p>Signal Tower Led Type</p>  <p>LTA-5001 IP34</p>	<p>Description & Specifications</p> <ul style="list-style-type: none"> • Model Note NLT-5001: □-□-Holder, Please advice as below • Option for holder  • Voltage: DC12V, 24V AC110V, 220V • Color: Contains 3 Colors, Selectable by Connecting. (Red, Yellow, Green) • Light Power: 6W • Dimensions:  <p>★ Dimensions for holder, Please see page 306</p>

ANEXO Q: PLANO CIRCUITO ELÉCTRICO SISTEMA AUTOMATIZADO

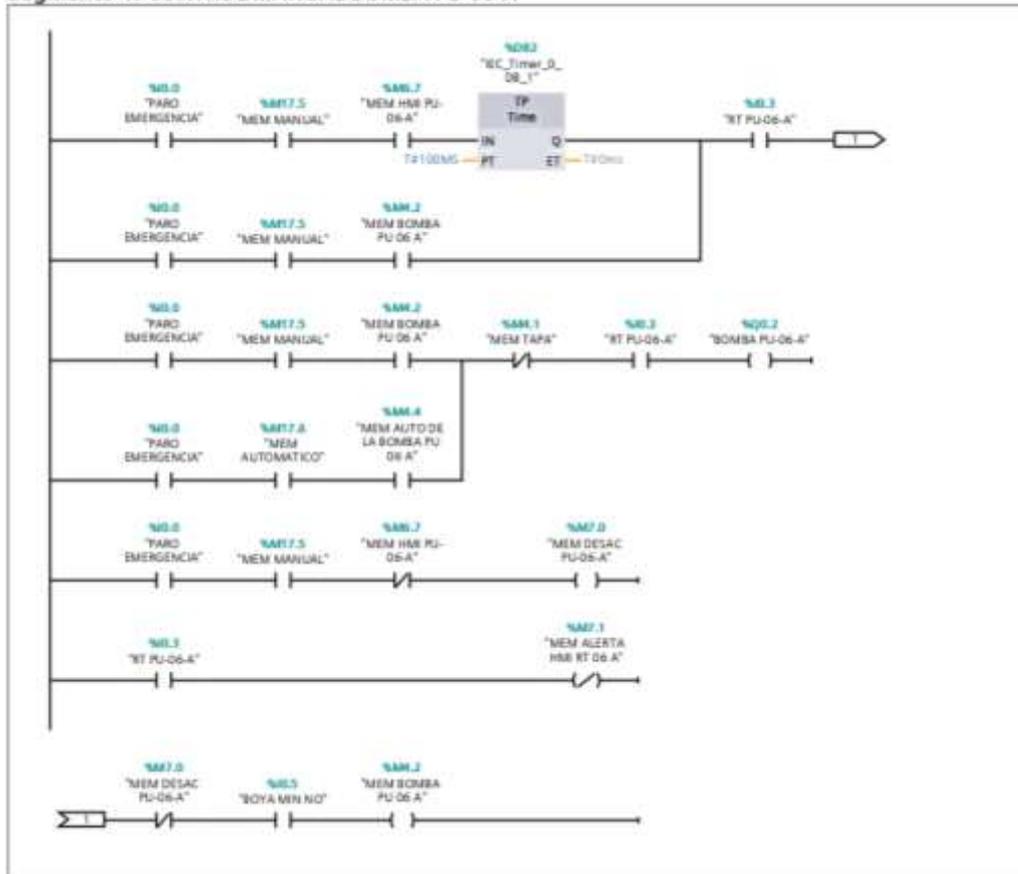


Fecha:	Nombre Tapa:	Enchufe:
Dibujante:	Abril 2023	
Comprobado:		
Fecha:	Título:	Módulo: 1 de 1
05-Abr-2023	Plano Eléctrico Novacero	Aplicación:

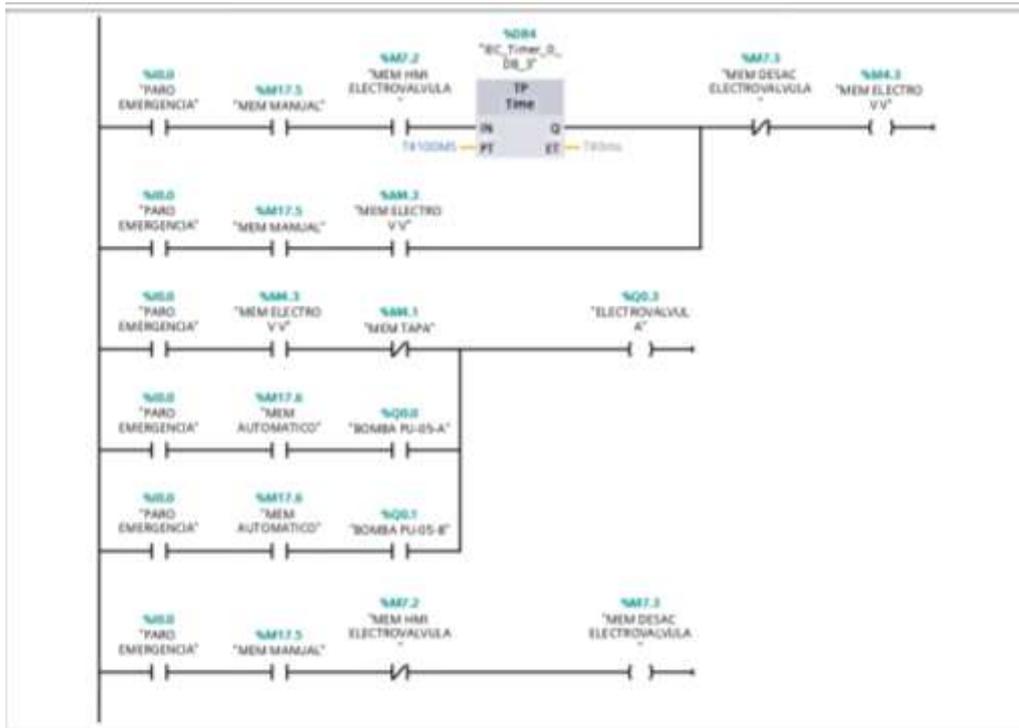
Segmento 3: CONTROL MANUAL BOMBA PU-05-B



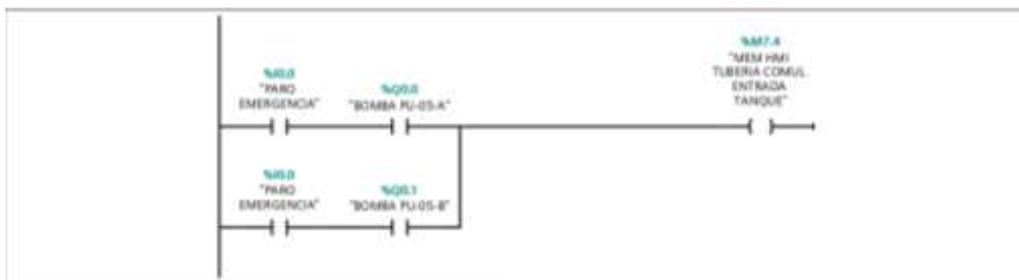
Segmento 4: CONTROL MANUAL BOMBA PU-06-A



Segmento 5: ELECTROVALVULA



Segmento 6: ENCENDIDO TUBERIA HMI



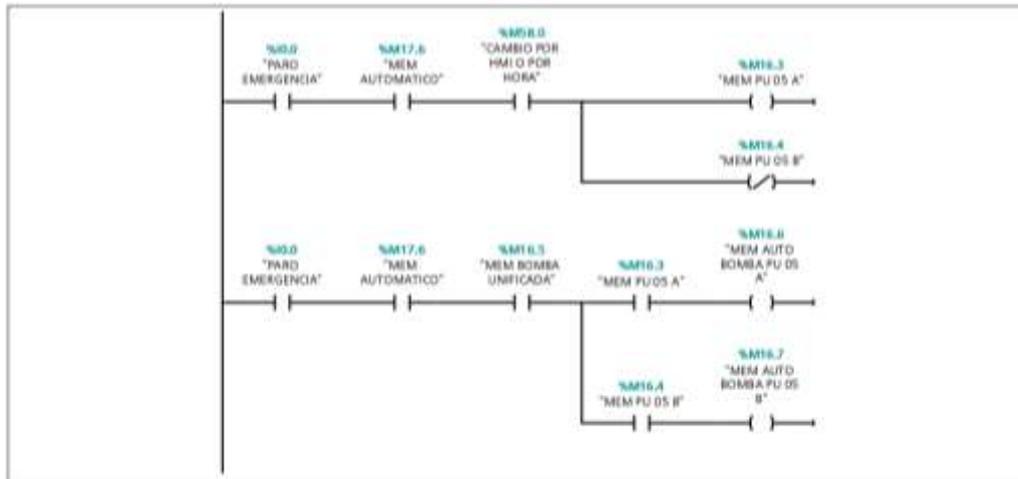
Segmento 7: HMI ALARMA TAPA LEVENTADA



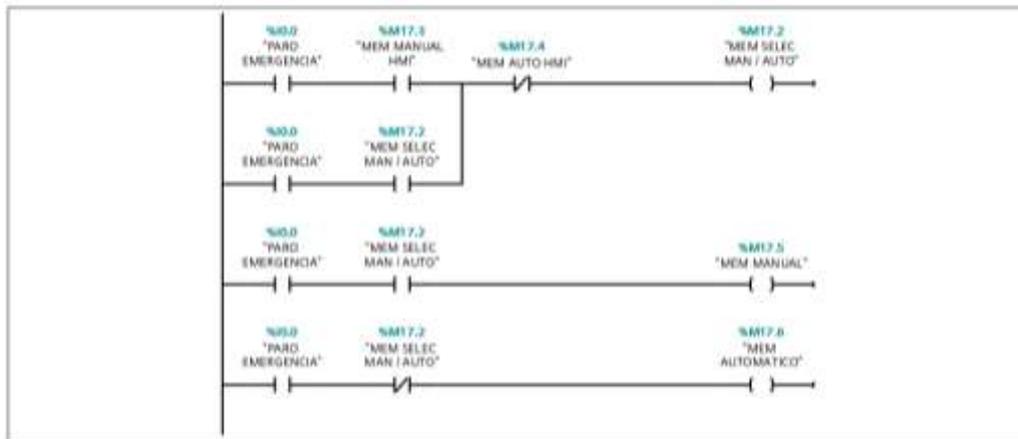
Segmento 8: BOYAS



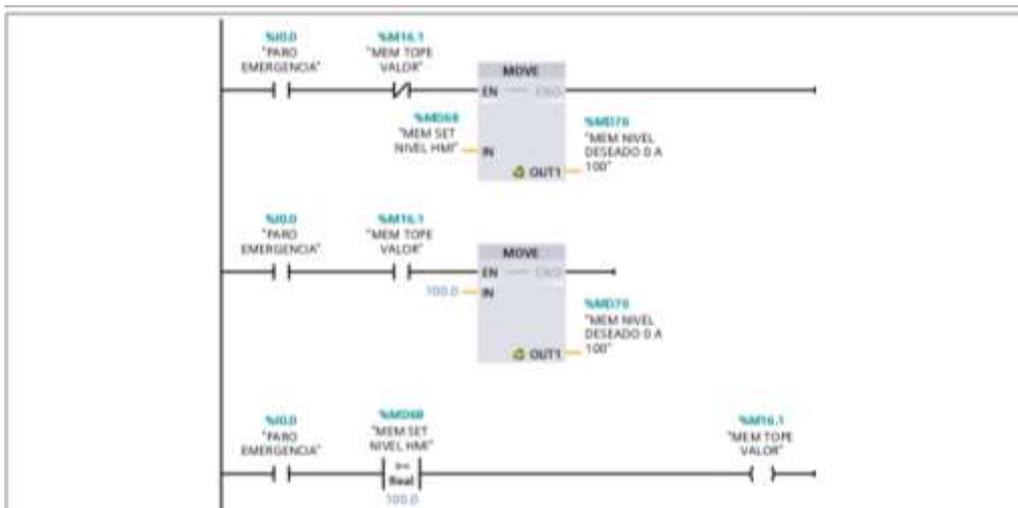
Segmento 9: SELECCIÓN BOMBA

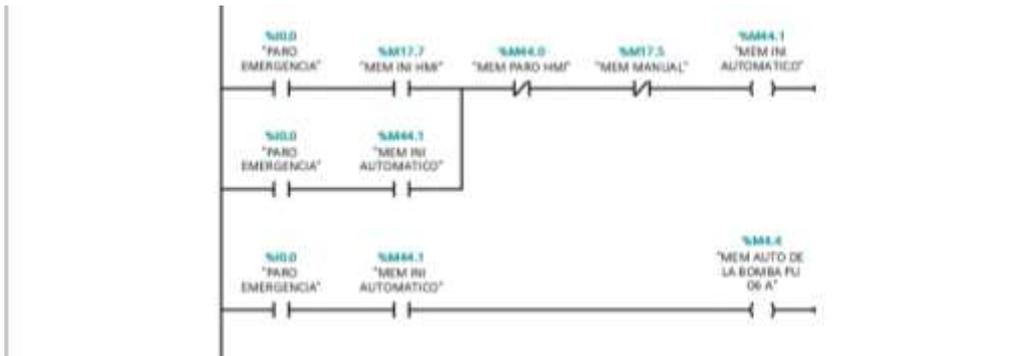


Segmento 10: SELECCION MANUAL Y AUTOMATICO

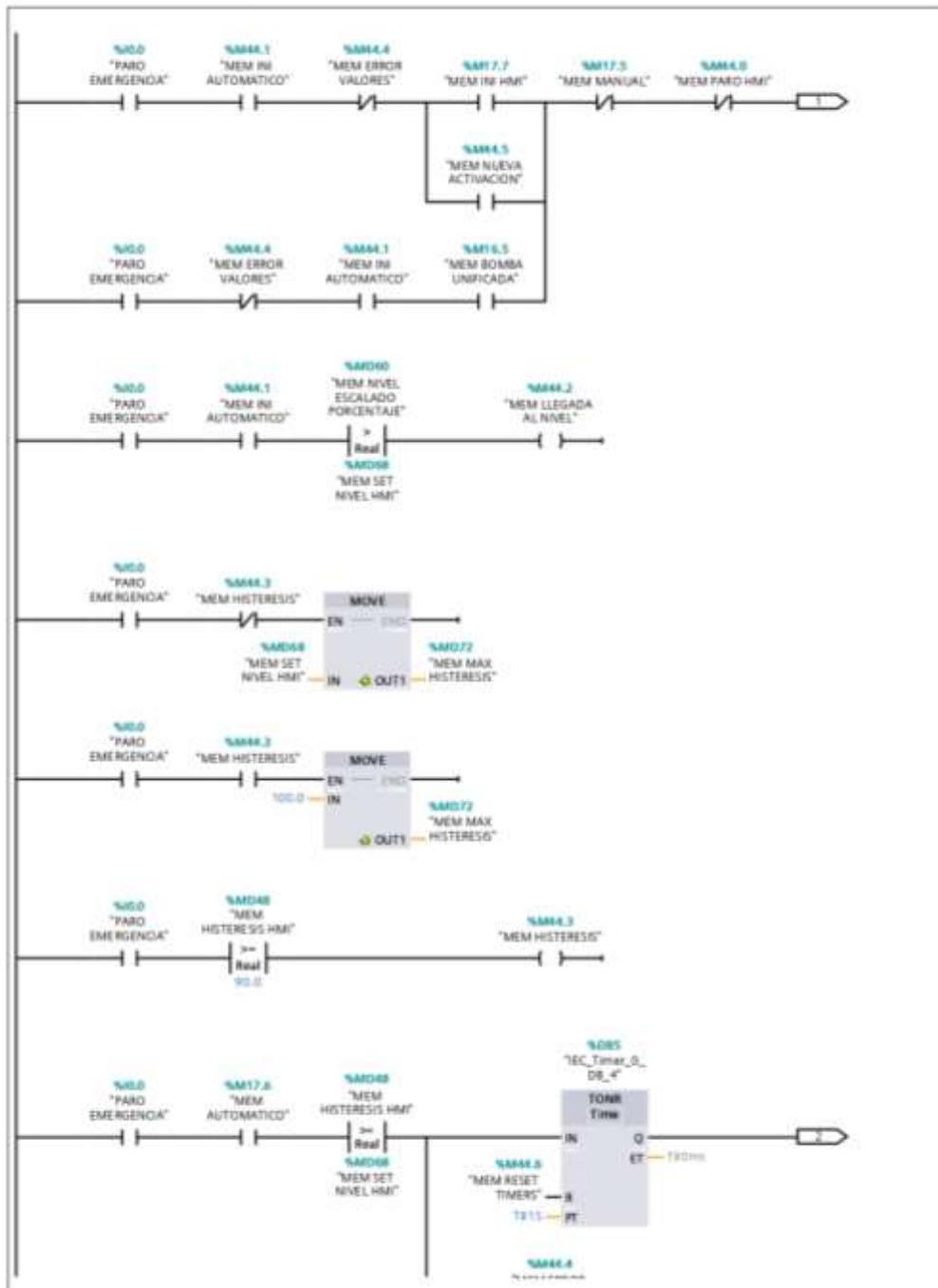


Segmento 11: CONDICIONES SET NIVEL MAX Y SET NIVEL MIN

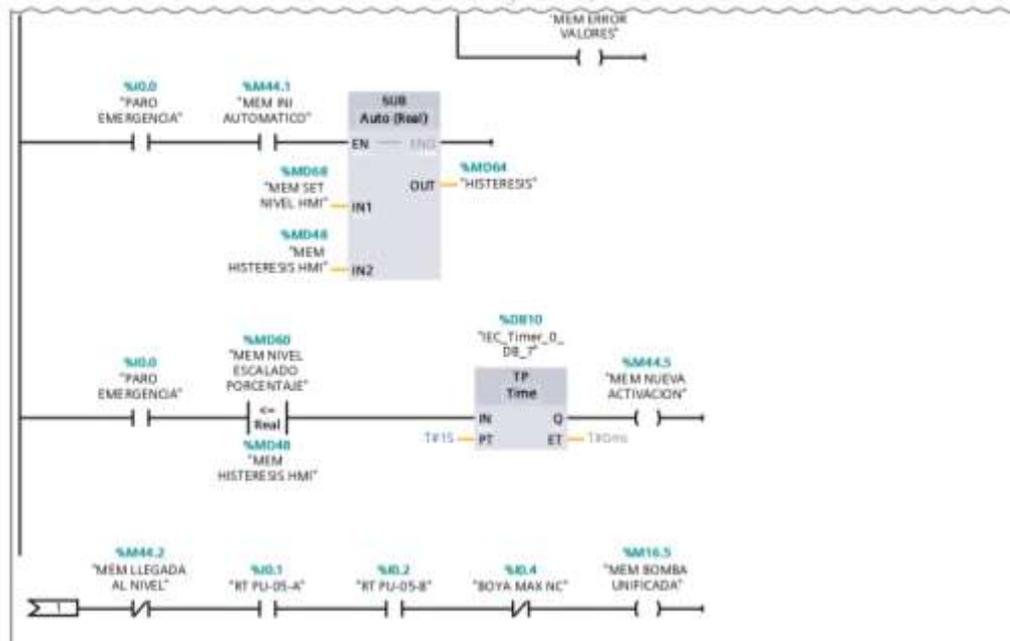




Segmento 12: HISTERESIS (1.1 / 3.1)



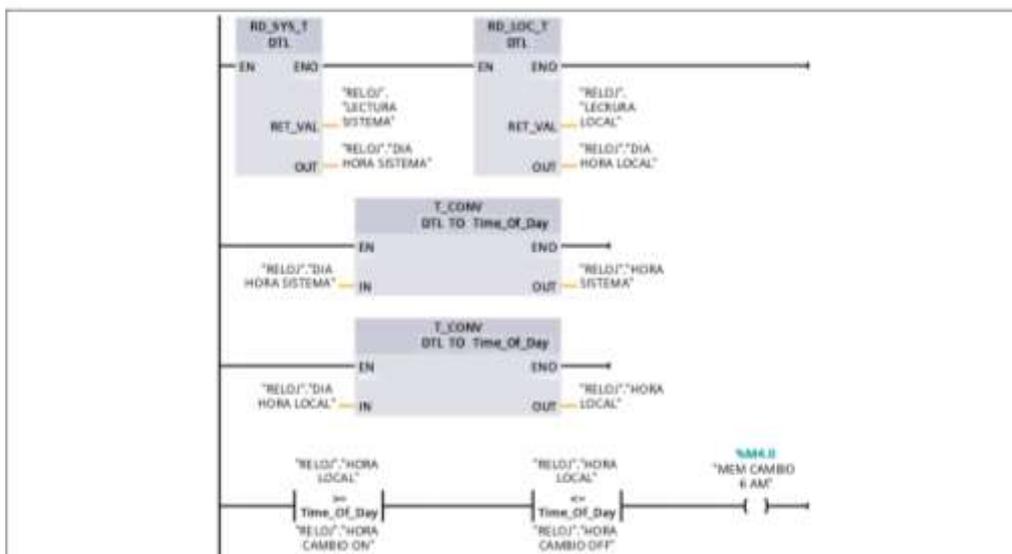
Segmento 12: HISTERESIS (2.1 / 3.1)



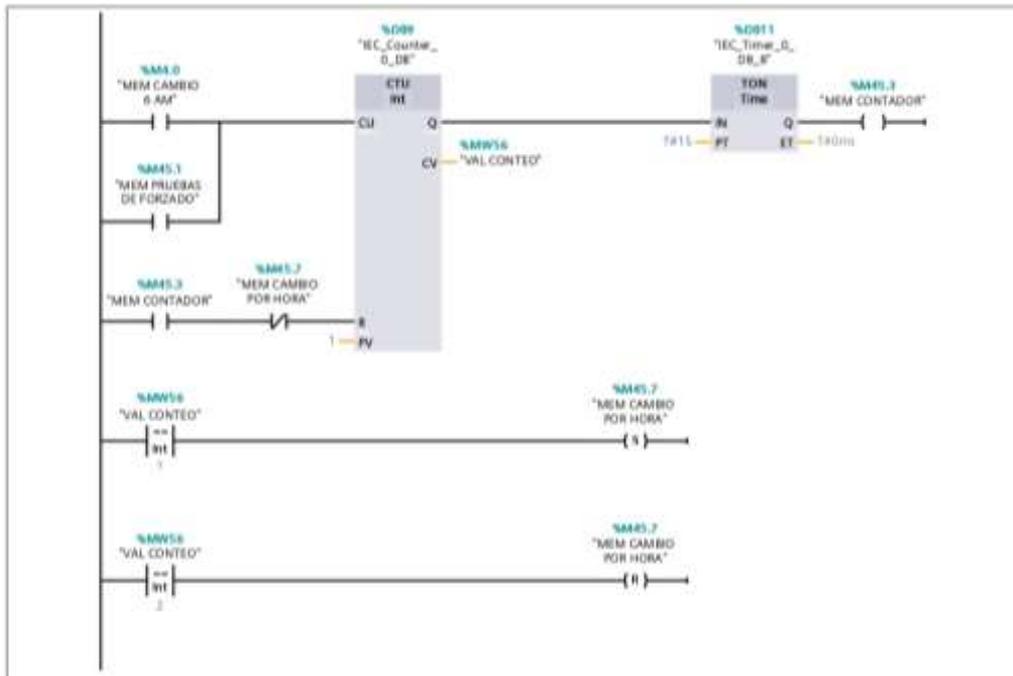
Segmento 12: HISTERESIS (3.1 / 3.1)



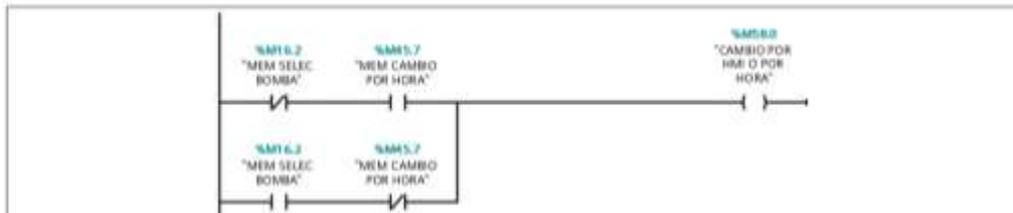
Segmento 13: LECTURA HORA SISTEMA Y HORA LOCAL



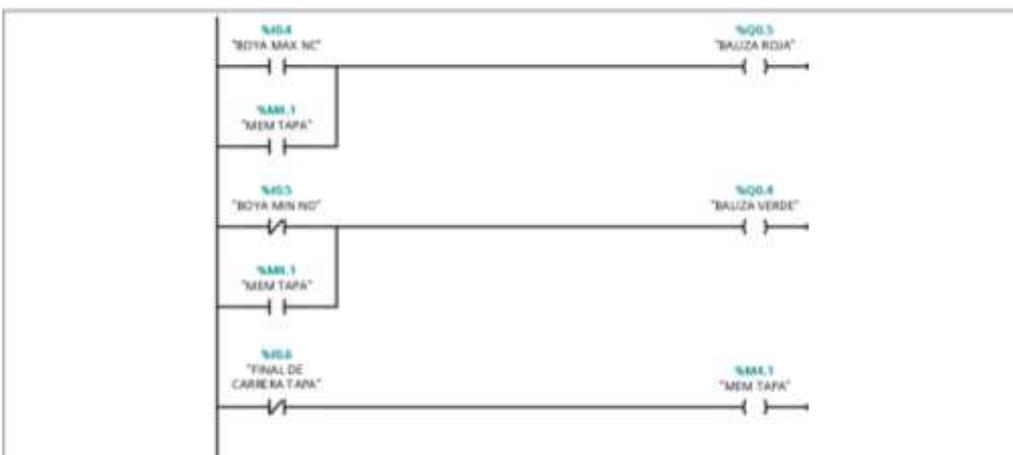
Segmento 14: CONTADOR PARA CAMBO DE HORA



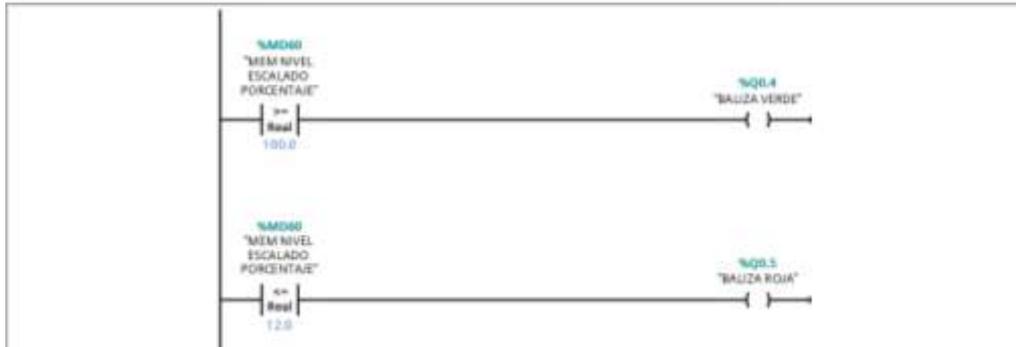
Segmento 15: EXCLUSIVIDAD (CAMBIO POR HORA O POR SELECCIÓN HMI)



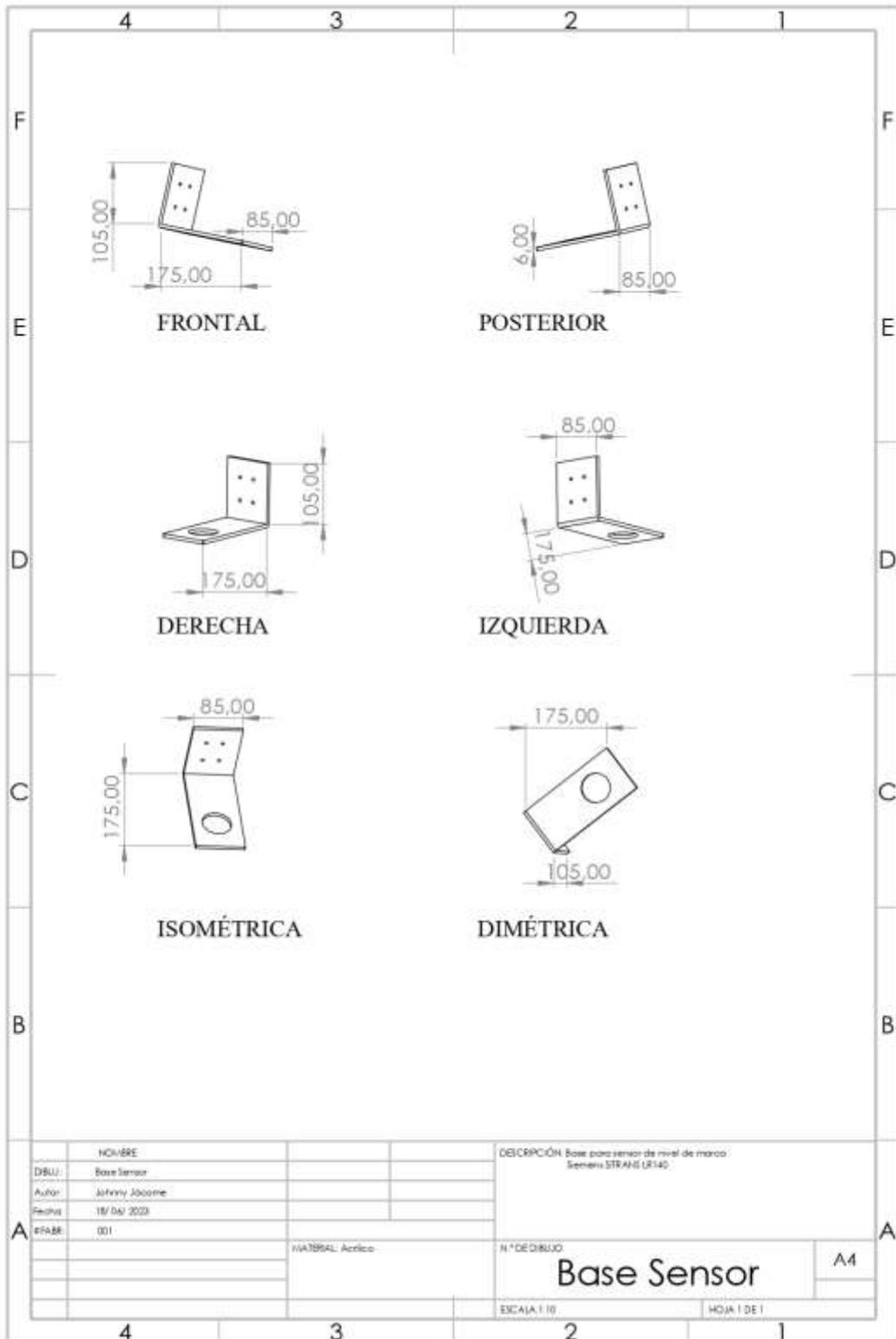
Segmento 16: ALARMA BALIZA (BOYAS) Y TAPA



Segmento 17: ALARMA BALIZA SENSOR RADAR



ANEXO S: LÁMINA BASE DE SENSOR SITRANS LR140





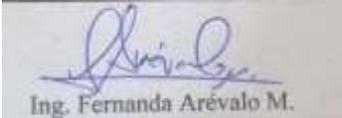
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL
APRENDIZAJE



UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS
REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 29/ 09 / 2021

INFORMACIÓN DE LOS AUTORES	
Nombres – Apellidos:	Johnny Micael Jácome Corrales
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL	
Facultad:	Informática y Electrónica
Carrera:	Electrónica y Automatización
Título a optar:	Ingeniero en Electrónica y Automatización
f. Analista de Biblioteca responsable:	 Ing. Fernanda Arévalo M.

