



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

Implementación de un sistema de control de nivel ON – OFF con histéresis, en una red de piscinas para piscicultura con monitoreo en tiempo real.

Huertas Chanaluisa, Bryan Joao

Departamento de Eléctrica y Electrónica

Carrera de Tecnología Superior en Automatización e Instrumentación.

Monografía, previo a la obtención del título de Tecnólogo Superior en Automatización e Instrumentación.

Ing. Sandoval Vizuite, Paola Nataly Mg.

27 de Enero 2022

Latacunga



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E INSTRUMENTACIÓN

Certificación

Certifico que la monografía, "**Implementación de un sistema de control de nivel ON – OFF con histéresis, en una red de piscinas para piscicultura con monitoreo en tiempo real.**" Fue realizado por el señor **Huertas Chanaluisa, Bryan Joao** el cual ha sido revisado y analizado en su totalidad por la herramienta de verificación de similitud de contenido; por lo tanto, cumple con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, razón por la cual me permito acreditar y autorizar para que lo sustente públicamente.

Latacunga, 27 de enero 2022



Firmado electrónicamente por:

**PAOLA NATALY
SANDOVAL
VIZUETE**

Ing. Sandoval Vizuete, Paola Nataly Mg.
C.C.: 0503254005

Reporte de Verificación de Contenido



HUERTAS BRYAN.docx

Scanned on: 14:35 January 28, 2022 UTC



Overall Similarity Score



Results Found



Total Words in Text

Identical Words	90
Words with Minor Changes	22
Paraphrased Words	48
Omitted Words	0

PAOLA NATALY
SANDOVAL
VIZUETE

Website | Education | Businesses



Firmado electrónicamente por:

**PAOLA NATALY
SANDOVAL
VIZUETE**

Ing. Sandoval Vizquete, Paola Nataly Mg.
C.C.: 0503254005



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E
INSTRUMENTACIÓN**

Responsabilidad de autoría

Yo, **Huertas Chanaluisa, Bryan Joao**, con cédula de ciudadanía N°172661638-4, declaro que el contenido, ideas y criterios de la monografía: **“Implementación de un sistema de control de nivel ON – OFF con histéresis, en una red de piscinas para piscicultura con monitoreo en tiempo real.”** es de mi autoría y responsabilidad, cumpliendo con los requisitos legales, teóricos, científicos, técnicos, y metodológicos establecidos por la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE, respetando los derechos intelectuales de terceros y referenciando las citas bibliográficas.

Latacunga, 27 de enero 2022

Firma

Huertas Chanaluisa, Bryan Joao

C.C.: 1726616384



DEPARTAMENTO DE ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

CARRERA DE TECNOLOGÍA SUPERIOR EN AUTOMATIZACIÓN E

INSTRUMENTACIÓN

Autorización de publicación

Yo, **Huertas Chanaluiza, Bryan Joao**, con cédula de ciudadanía N°172661638-4, autorizo a la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE publicar la monografía: **Implementación de un sistema de control de nivel ON – OFF con histéresis, en una red de piscinas para piscicultura con monitoreo en tiempo real**. En el Repositorio Institucional, cuyo contenido, ideas y criterios son de mi responsabilidad.

Latacunga, 27 de enero 2022

Firma

Huertas Chanaluiza, Bryan Joao

C.C.: 1726616384

Dedicatoria

Cada una de las letras de este proyecto va a mis amados padres como recompensa de su arduo trabajo y labor durante tantos años para que puedan sentirse orgullosos de este gran logro; a mis queridos ingenieros como muestra que el conocimiento que me han inculcado a lo largo de estos años ha sido muy fructífero tanto en el ámbito educativo como en el ámbito personal.

Agradecimiento

Agradecimiento especial va dirigido a Dios por permitirme concluir este proyecto, a mis padres que han sido un pilar fundamental guiándome, dándome sus consejos y sobre todo apoyándome en cada una de las decisiones que he tomado para dar forma a este proyecto; a los ingenieros ya que sin ellos todo el conocimiento impartido de su parte no hubiera alcanzado tal nivel para poder hacer posible la realización del mismo; a mis amigos que supieron apoyarme a su manera para poder seguir adelante y esforzarme día a día para cumplir esta meta que fue concluir este proyecto de grado.

Gracias.

Tabla de Contenidos

Carátula.....	1
Certificación.....	2
Reporte de Verificación de Contenido	3
Responsabilidad de autoría.....	4
Autorización de publicación	5
Dedicatoria.....	6
Agradecimiento	7
Tabla de Contenidos	8
Índice de figuras.....	10
Índice de tablas	11
Resumen	12
Abstract.....	13
Introducción.....	14
Tema.....	14
Antecedentes	14
Planteamiento del problema	15
Justificación.....	15
Objetivos.....	16
<i>Objetivo general.</i>	16
<i>Objetivos específicos</i>	16
Alcance.....	16
Fundamentos teóricos	17
Sistema de control de nivel ON-OFF	17
Sistema de control de nivel ON-OFF con Histéresis	17
Sistema de control de lazo cerrado	18
Control de nivel.....	19
Interfaz Humano Maquina (HMI).....	20
Elementos eléctricos y electrónicos.....	21
<i>PLC SIMATIC S7-1200 1212C AC/DC/RELAY</i>	21
<i>SIMATIC HMI KTP900 Basic</i>	23
<i>Switch HP 1405-8G V2 8 puertos</i>	25
<i>Sensor ultrasónico UK1F/G1-0ESY</i>	26
<i>Breaker para riel DIN</i>	27
<i>Relé relevador de 8 pines</i>	28
<i>Bomba de agua monofásica de 0.5 HP</i>	28

Comunicación PROFINET	29
Desarrollo del tema propuesto	30
Preliminares	30
Programación en TIA PORTAL para el PLC Simatic S7-1200	30
<i>Programación para el sistema de control de nivel ON - OFF</i>	30
<i>Diseño de interfaz para la pantalla HMI KTP900 Basic</i>	34
Armado de las tuberías PVC para las bombas de agua.	36
Conexión de sensor ultrasónico.....	37
Conexión del PLC con los elementos actuadores y el HMI.	38
Cargar los archivos al PLC y HMI	40
Cebado de bombas y comprobación de funcionamiento.	41
Conclusiones y recomendaciones	44
Conclusiones	44
Recomendaciones	45
Glosario.....	46
Bibliografía.....	47
Anexos	49

Índice de figuras

Figura 1	<i>Gráfica de un control ON - OFF</i>	17
Figura 2	<i>Gráfica de control ON-OFF con histéresis</i>	18
Figura 3	<i>Sistema de control de lazo cerrado</i>	18
Figura 4	<i>Composición de un control de nivel</i>	19
Figura 5	<i>Intefaz Humano Maquina</i>	20
Figura 6	<i>Apariencia física del PLC SIMATIC S7-1200 1212C AC/DC/RELAY</i>	23
Figura 7	<i>Apariencia física pantalla HMI KTP900 Basic</i>	24
Figura 8	<i>Apariencia física del Switch HP 1405-8G V2</i>	25
Figura 9	<i>Sensor ultrasónico</i>	27
Figura 10	<i>Breaker para riel DIN</i>	27
Figura 11	<i>Rele relevador de 8 pines</i>	28
Figura 12	<i>Bomba Monofásica de ½ HP marca TEKNO</i>	29
Figura 13	<i>Comunicación PROFINET</i>	29
Figura 14	<i>Escalamiento del sensor ultrasonico</i>	31
Figura 15	<i>Escalamiento inverso</i>	32
Figura 16	<i>Programacion para histeresis de control de nivel</i>	32
Figura 17	<i>Programacion para recirculación</i>	33
Figura 18	<i>Activación de bombas de agua</i>	34
Figura 19	<i>Presentacion en RT Simulator para el HMI</i>	34
Figura 20	<i>Presentacion del Interfaz HMI para el operador</i>	35
Figura 21	<i>Empotramiento de bombas de agua</i>	36
Figura 22	<i>Reduccion de entrada y salida de agua de las bombas</i>	36
Figura 23	<i>Conexiones de las bombas con tubo PVC</i>	37
Figura 24	<i>Conexión sensor ultrasónico</i>	37
Figura 25	<i>Conexión física con el PLC</i>	38
Figura 26	<i>Conexión bombas de agua</i>	39
Figura 27	<i>Conexión física entre el HMI y PLC</i>	39
Figura 28	<i>Compilacion y cargado al PLC</i>	40
Figura 29	<i>Compilacion y cargado de interfaz en HMI</i>	40
Figura 30	<i>Cebado de bomba de agua</i>	41
Figura 31	<i>Comprobacion de funcionamiento</i>	42
Figura 32	<i>Interfaz de control</i>	42
Figura 33	<i>Comprobacion de la bomba de recirculacion</i>	43

Índice de tablas

Tabla 1	<i>Especificaciones técnicas del PLC S7-1200 1212C AC/DC/RELAY.....</i>	22
Tabla 2	<i>Características técnicas del HMI KTP900 Basic.....</i>	23
Tabla 3	<i>Características principales del Switch HP 1405-8G V2.....</i>	25
Tabla 4	<i>Características principales del sensor ultrasónico UK1F/G1-0ESY</i>	26

Resumen

Uno de los principales problemas detectados en la piscicultura es el desperdicio de agua con el afán de proveer de oxigenación necesaria para el cultivo de algunas especies de peces. Es por ello que en el presente proyecto se propone un sistema prototipo de control de nivel para una red de piscinas, cuyo objetivo es medir la variable física de nivel de agua mediante el uso de un sensor ultrasónico localizado a un costado del tanque, se encuentra conectado al PLC en una entrada analógica que mediante las señales de medición enviadas activa o desactiva la bomba de agua monofásica la cual se encargara de llenar el estanque hasta el valor establecido por el operario, de acuerdo a las necesidades requeridas; además, constará de un sistema de recirculación entre el estanque y el reservorio, esta acción se controlará a través de un tiempo determinado, ya que permitirá oxigenar y recircular el agua. Para la construcción de este prototipo ha sido primordial hacer un estudio de los recursos que lo conforman, así como los periodos de los circuitos electrónicos de control y circuito de potencia; ya que todo se encuentra controlado a partir de una pantalla HMI (*touch pane*), donde se encuentra todos los elementos que accionan y que se visualizan en la misma, dando como resultado un control que se monitorea a larga distancia gracias a la visualización en tiempo real del nivel del agua en el estanque, todo es accionado por el HMI y ejecutado por el PLC, encontrándose interconectados a través de una comunicación PROFINET.

Palabras clave:

- **CONTROL DE NIVEL**
- **PROFINET**
- **SENSOR ULTRASÓNICO**
- **PLC**
- **HMI**

Abstract

One of the main problems detected in fish farming is the waste of water in order to provide the necessary oxygenation for the cultivation of some fish species. That is why this project proposes a prototype level control system for a network of pools, which aims to measure the physical variable of water level through the use of an ultrasonic sensor located on one side of the tank, is connected to the PLC in an analog input that through the measurement signals sent activates or deactivates the single-phase water pump which will be responsible for filling the pond to the value set by the operator, according to the needs required; In addition, it will have a recirculation system between the pond and the reservoir, this action will be controlled through a determined time, since it will allow oxygenating and recirculating the water. For the construction of this prototype has been essential to make a study of the resources that conform it, as well as the periods of the electronic control circuits and power circuit; Since everything is controlled from a HMI screen (touch panel), where all the elements that operate and are displayed on it, resulting in a control that is monitored over long distances thanks to the real-time display of the water level in the pond, everything is driven by the HMI and executed by the PLC, being interconnected through a PROFINET communication.

Key words:

- **LEVEL CONTROL**
- **PROFINET**
- **ULTRASONIC SENSOR**
- **PLC**
- **HMI**

Capítulo I

1. Introducción

1.1. Tema

Implementación de un sistema de control de nivel ON – OFF con histéresis, en una red de piscinas para piscicultura con monitoreo en tiempo real.

1.2. Antecedentes

La utilización de un sistema de control ha impulsado a optimizar, desarrollar y promover un ahorro energético. Además, en el campo de la piscicultura se ha ido introduciendo sensores, termómetros y métodos que faciliten al cuidado de los peces y al ahorro de agua mediante controles de nivel.

Las piscinas de piscicultura permiten la crianza y reproducción de peces, al mismo tiempo se puede realizar las adecuaciones necesarias para mejorar dicha producción aumentando la calidad de las piscinas, como se muestra en el trabajo titulado “Monitoreo y control de un estanque para producción piscícola” de (Velandia, 2019), se da a conocer sobre el funcionamiento y monitoreo de estanques de piscicultura mediante el diseño de un sistema de automatización que puede mejorar los estanques hasta su etapa de consumo, obteniendo resultados favorables a corto, mediano y largo plazo.

En el artículo “MONITOREO DE NIVEL DE AGUA EN ESTANQUES MEDIANTE RED MODBUS PARA CULTIVO DE TRUCHA ARCOÍRIS EN LA ASOCIACIÓN DE PISCICULTORES DE SOTARÁ” de (Galindez, 2017) se ha evidenciado que en los criaderos se ha registrado pérdidas de peces debido a la disminución de nivel de agua en las piscinas de Sotará, Colombia, lo cual afecta en gran porcentaje a la asociación de piscicultores. Por consiguiente, se recomienda

realizar las adecuaciones necesarias para que este tipo de problemas no incidan en el futuro.

Así mismo la investigación de (Zambrano, 2017), citada en la publicación “Diseño, construcción y evaluación de un sistema acuapónico automatizado de tipo tradicional y doble recirculación en el cultivo de Tilapia Roja (*Oreochromis Mossambicus*) y Lechuga Crespa (*Lactuca Sativa*)” se da a conocer que el desarrollo de un sistema de automatización permite mejorar el rendimiento en las piscinas de piscicultura, así mismo se concluye que este método garantiza la disminución del desperdicio de agua en los estanques.

1.3. Planteamiento del problema

En Ecuador la mayoría de piscicultores son campesinos que se dedican a la venta de peces y la comercialización de su carne. Durante el proceso del cultivo de los peces es importante mantener un nivel adecuado de agua en el estanque para no tener pérdidas de peces, ya que si el nivel del agua es muy bajo o sobrepasa el límite determinado los peces podrían morir. Si esto llega a pasar se debe actuar de inmediato, ya sea colocando otra fuente de agua u oxigenando los estanques que no están monitoreados las 24 horas del día, ya que se necesita solo un poco de tiempo para que ocurra el desabastecimiento de agua ocasionando una pérdida completa de la producción.

1.4. Justificación

Durante el proceso de cultivo los piscicultores se ha registrado pérdidas de peces debido a la disminución del nivel del agua en los estanques. Por este problema es importante la implementación de un sistema electrónico que ayude a medir el nivel del agua y se mantenga en un límite establecido y avisar en tiempo real cuando el nivel del agua no sea el correcto.

1.5. Objetivos.

1.5.1. Objetivo general.

- Implementar un control de nivel ON – OFF con histéresis en una red de piscinas para piscicultura con monitoreo en tiempo real, mediante un HMI y un controlador lógico programable.

1.5.2. Objetivos específicos

- Realizar una investigación de campo y bibliográfica.
- Establecer un diseño que recabe todas las necesidades identificadas.
- Programar el controlador lógico programable y realizar su puesta en marcha.
- Realizar un HMI de usuario y conectarle con el proceso mediante comunicación PROFINET.
- Concluir en base a la funcionalidad del sistema.

1.6. Alcance

Se realizará el prototipo de un control de nivel el cual incluirá un sensor ultrasónico que permite medir el nivel de agua, contará con bombas periféricas de agua para tener una recirculación constante, así provocar una buena oxigenación en los estanques, tendrá una distribución correcta, mejorando la conservación de agua, evitando su desperdicio y optimizando su calidad al aumentar sus valores de oxigenación, mientras tanto, con el HMI se podrá monitorear en tiempo real así alertando si el nivel del agua no es el adecuado y permitiendo de esta manera tomar decisiones rápidas que eviten pérdidas de producción.

Capítulo II

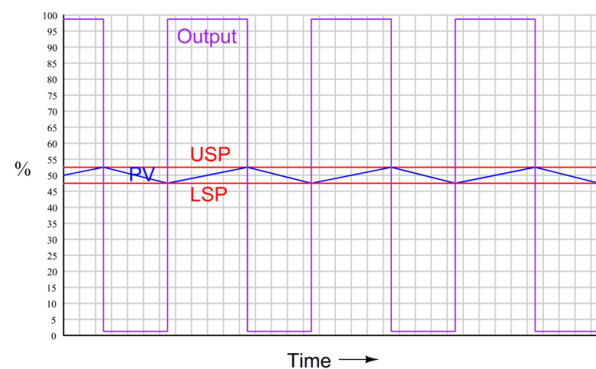
2. Fundamentos teóricos

2.1. Sistema de control de nivel ON-OFF

El proceso que realiza un sistema de control de nivel ON-OFF, es tener dos posiciones fijas como su nombre lo indica de conectado y desconectado para así revisar si la variable del proceso está por encima o por debajo de un *setpoint*. Pero este tipo de accionamiento provoca un control impreciso de las variantes de proceso así afectando a los elementos actuadores y provocando una menor vida útil, esto se lo puede esquematizar en la figura 1. (Villajulca, 2019)

Figura 1.

Gráfica de un control ON - OFF



Nota. En la figura se muestra un control ON-OFF sin histéresis. Tomado de (Villajulca, 2019)

2.2. Sistema de control de nivel ON-OFF con Histéresis

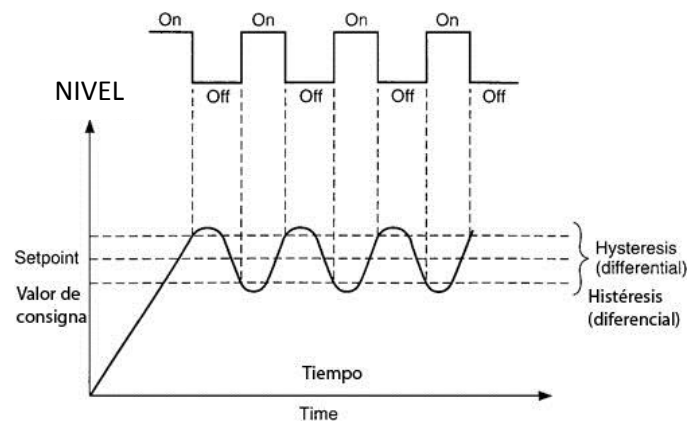
A diferencia de un control ON-OFF normal uno con histéresis se diferencia en que la señal debe de superar la señal medida para que así el controlador pueda cambiar su estado ya sea de apagado a encendido o viceversa, enviando la señal al elemento actuador (figura 2). Llegando a ser un recurso importante cuando se aplica

a controladores de acción ON-OFF, ya que al existir la histéresis los cambios no se producen tan rápido así prolongando la vida útil de los elementos actuadores.

(Instrument, 2018)

Figura 2.

Gráfica de control ON-OFF con histéresis



Nota. En la figura se muestra un control ON-OFF con histéresis. Tomado de (Instrument, 2018)

2.3. Sistema de control de lazo cerrado

Un sistema de control de lazo cerrado es aquel que tiene una realimentación de la señal de salida y un efecto en la señal de control (Perez, 2007). En la figura 3 se puede observar el diagrama de bloques que representa un sistema de control de lazo cerrado.

Figura 3.

Sistema de control de lazo cerrado



Nota. En la figura se muestra la realimentación que existe en un sistema de control de lazo cerrado. Tomado de (Perez, 2007)

2.4. Control de nivel

Su finalidad es mantener el nivel adecuado de fluidos o líquidos dentro de un rango determinado. Para esto se ocupan equipos que ayudan a los procesos de producción y almacenamiento. (Control e Instrumentación Industrial, 2015) En la figura 4 se describe los diferentes componentes que rigen en un sistema de control de nivel.

Figura 4.

Composición de un control de nivel

Principales aplicaciones del sistema de control de nivel

- Medición de nivel
- Controlar los inventarios y derrames de tanques
- Procesos industriales sin contacto

Constitución de un sistema de control de nivel

- Bomba de alta presión
- Controlador lógico programable (PLC)
- Tubería PVC
- Accesorios de unión
- Sensor Ultrasonico
- Deposito o reservorio de liquido

Nota. Se muestra aplicaciones y como está constituido un sistema de control de nivel. Tomado de (Control e Instrumentación Industrial, 2015)

2.5. Interfaz Humano Maquina (HMI)

Es el interfaz que existe entre los procesos y el operario. Es una herramienta muy utilizada por operarios y supervisores en los cuales se puede controlar procesos industriales y de fabricación. Su función principal es mostrar información operativa en tiempo real, también proporcionan gráficos de procesos visuales que aportan sobre el significado y estado de cada componente. Mediante el HMI se puede controlar el encendido y apagado de los elementos actuadores. En la figura 4 se indica una ejemplificación de esta herramienta. (Saltiveri, 2020)

Para la elaboración de un interfaz se debe seguir normas estándares que se rigen a ISA 101.01, ayudando a los operarios a entender de forma más clara la lectura de cada interfaz, también ayuda a personas con problemas visuales ya que gracias a las normas se debe de escoger colores que sean fáciles de identificar y no se confundan para evitar malas operaciones. (AMERICAN NATIONAL STANDARD, 2015)

Figura 5.

Intefaz Humano Maquina



Nota. En la figura se muestra la interacción entre la interfaz que controla los procesos industriales y un operario. Tomado de (Saltiveri, 2020)

2.6. Elementos eléctricos y electrónicos.

2.6.1. PLC SIMATIC S7-1200 1212C AC/DC/RELAY

El controlador S7-1200 tiene un gran potencial para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de la automatización. La CPU combina elementos necesarios para programar dentro de una caja compacta que contiene un microprocesador, fuente de alimentación integrada, entradas analógicas y digitales e incorpora una conexión PROFINET para la comunicación entre dispositivos, su aspecto físico se puede observar en la figura 6.

Una vez cargado el programa al CPU este se encargará de controlar los dispositivos de la aplicación y vigila las entradas y los cambios de estados de la salida según la lógica utilizada por el programador. La función de este controlador lógico programable es la de detectar los diversos tipos de señales del proceso a realizar, elaborar y enviar acciones de acuerdo a lo que se ha programado. Mediante el uso del software TIA PORTAL se realiza una programación en lenguaje ladder el cual posteriormente se compilará y cargará en el PLC SIMATIC S7-1200 el cual reconocerá el programa y lo hará funcionar de acuerdo a la lógica de programación que se le aplico. Con la programación cargada en el CPU se puede comprobar sus entradas con el uso de pulsadores o selectores y sus salidas mediante la visualización de la activación de sus relés en cada uno de sus puestos, (SIEMENS, 2018). Sus características principales se muestran en la tabla 1.

Tabla 1.*Especificaciones técnicas del PLC S7-1200 1212C AC/DC/RELAY*

<i>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</i>	
Modelo	CPU 1212C AC/DC/RELAY
Tensión de alimentación	110 V AC o 220 V a AC
Fuente de alimentación interna	24 V DC
Número de entradas digitales	8; integradas
Salidas digitales	6; relé
Poder de corte de las salidas	2A máximo
Entradas analógicas	2
Rango de entrada	0 a 10V
Salidas analógicas	2
Tipo de interfaz	PROFINET
Grado de protección IP	IP20
Lenguajes de programación	KOP FUP SCL
Dimensiones	
Ancho	90 mm
Altura	100 mm
Profundidad	75 mm
Peso aprox.	425 g

Nota. Se observa las principales características del PLC SIMATIC S7-1200 1212C AC/DC/RELAY. Tomado de (SIEMENS, 2018)

Figura 6.

Apariencia física del PLC SIMATIC S7-1200 1212C AC/DC/RELAY



Nota. Se muestra la apariencia física del PLC SIMATIC S7-1200 1212C AC/DC/RELAY. Tomado de (SIEMENS, 2018).

2.6.2. SIMATIC HMI KTP900 Basic

Es una pantalla táctil en la cual el operador puede realizar controles y conocer el estado de los equipos, así como también controlar la activación y desactivación de procesos si se presenta algún caso su manipulación es fácil y accesible, también cuenta con manejo de teclado en la parte inferior de la pantalla, se puede configurar a partir del WinCC Basic desde la Versión 13 o superior esta pantalla cuenta con 65536 colores, (SIEMENS, SIEMENS, 2021); sus características se presentan en la Tabla 2 y su aspecto físico se puede observar en la figura 7.

Tabla 2.

Características técnicas del HMI KTP900 Basic.

<i>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</i>	
Tensión de alimentación	24 V DC
Intensidad de entrada consumo	230 mA
Consumo de potencia activa	5.5 W
Tipo de procesador	ARM

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Tensión de alimentación	24 V DC
Intensidad de entrada consumo	230 mA
Consumo de potencia activa	5.5 W
Tipo de procesador	ARM
Tipo de display	Pantalla TFT panorámica
Diagonal de pantalla	9 in
Anchura	198 mm
Altura	111,7 mm
Numero de colores	65536
Tipo de interfaz	PROFINET
Grado de protección IP frontal	IP65
Grado de protección IP posterior	IP20

Nota. Se muestra las principales características de la pantalla HMI KTP900 Basic.

Tomado de (SIEMENS, SIEMENS, 2021)

Figura 7.

Apariencia física pantalla HMI KTP900 Basic



Nota. Se muestra la apariencia física de la pantalla HMI KTP900 Basic. Tomado de (SIEMENS, SIEMENS, 2021)

2.6.3. Switch HP 1405-8G V2 8 puertos

Es un conmutador sin administración con puerto fijo, están configurados con conexiones que usan cable de cobre Ethernet. Son compatibles para realizar una conexión entre equipos que utilizan conexiones PROFINET tienen una larga vida útil y son de bajo consumo energético, (Intercompras, 2019). Sus principales características se presentan en la Tabla 3 y su aspecto físico se puede observar en la figura 8.

Tabla 3.

Características principales del Switch HP 1405-8G V2.

<i>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</i>	
Voltaje de entrada	110 V
Puertos básicos de conmutación	8

Nota. Se indica los datos principales del Switch HP 1405-8G V2. Tomado de (Intercompras, 2019)

Figura 8.

Apariencia física del Switch HP 1405-8G V2



Nota. Se muestra la apariencia del Switch HP 1405-8G V2. Tomado de (Intercompras, 2019)

2.6.4. Sensor ultrasónico UK1F/G1-0ESY

Este sensor utiliza ondas ultrasónicas que se emiten por el cabezal del sensor para afectar a un plano como la superficie del agua, una pared o una placa de metal, siempre que el área sea lo suficientemente grande las ondas que se emitirán por el cabezal regresarán al momento de topar con la superficie. La señal de salida analógica es de 0 a 10 V la cual se envía al PLC. Tiene un botón de configuración el cual ayuda a establecer el punto máximo a medir. (JSC, 2019) Sus principales características se muestran en la Tabla 4 y su aspecto físico se puede observar en la figura 9.

Tabla 4.

Características principales del sensor ultrasónico UK1F/G1-0ESY

<i>CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS</i>	
<i>Tensión de alimentación</i>	<i>10-30 V DC</i>
<i>Corriente de carga</i>	<i>100 mA</i>
<i>Indicadores LED</i>	<i>Verde: eco – Amarillo: salida</i>
<i>Tipo de salida</i>	<i>Salida analógica de tensión 0 a 10 V</i>
<i>Alcance nominal</i>	<i>2200 mm</i>
<i>Angulo de haz</i>	<i>14° ± 2°</i>
<i>Ajuste de sensibilidad</i>	<i>Pulsador de autoajuste</i>
<i>Histéresis</i>	<i>1%</i>
<i>Alcance mínimo (zona muerta)</i>	<i>200 mm</i>
<i>Error de linealidad</i>	<i>1%</i>

Nota. Se indica los datos principales del sensor ultrasónico. Tomado de (MicroDetectors, s.f.)

Figura 9.

Sensor ultrasónico.



Nota. Se observa la apariencia física del sensor ultrasónico UK1F/G1-0ESY.

Tomado de (MicroDetectors, s.f.)

2.6.5. Breaker para riel DIN

Un Este tipo de breaker es un interruptor automático que protege a los circuitos contra las sobrecargas y cortocircuitos principalmente su montaje se lo realiza en riel DIN, sus usos pueden ser residencia, comercial e industrial esto depende de la carga y el amperaje a proteger. (MEJIA, s.f.). Su aspecto físico se puede observar en la figura 10.

Figura 10.

Breaker para riel DIN



Nota. Se observa la apariencia física del breaker para riel DIN. Tomado de (MEJIA, s.f.)

2.6.6. Relé relevador de 8 pines

Estos son dispositivos electromecánicos que al momento de excitar su bobina mediante el uso de corriente los contactos normalmente cerrados se desactivan y se activan los normalmente abiertos los cuales activan a los elementos actuadores. Sirven como protección para las salidas del PLC ya que estos soportan solo hasta 2 A y los relés soportan hasta una corriente máxima de 10 A. (Gonzaga & Rodriguez, s.f.). Su aspecto físico se puede observar en la figura 11.

Figura 11.

Rele relevador de 8 pines.



Nota. Se muestra la apariencia física de un relé de 8 pines. Tomado de (Gonzaga & Rodriguez, s.f.)

2.6.7. Bomba de agua monofásica de 0.5 HP

Las bombas de agua de área horizontales monofásicas poseen la característica de funcionar fuera del agua. Tienen un ingreso de auto aspiración a la bomba (por donde absorbe el agua) y otra salida de expulsión (donde empuja el agua por el circuito), como se observa en la figura 12. (Acom y Bombas, 2021)

Figura 12.

Bomba Monofásica de ½ HP marca TEKNO



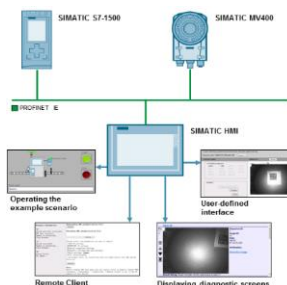
Nota. Se observa una bomba monofásica de ½ HP. Tomado de (Acom y Bombas, 2021)

2.6.8. Comunicación PROFINET

Es un protocolo de comunicación Ethernet industrial, es empleado para realizar el intercambio de datos entre controladores que son los autómatas programables como los PLC, Sistemas de Control de Distribución y los dispositivos (figura 13) que son los módulos de entrada y salida, lectores de sistemas, instrumentos de procesos y varios accionamientos que se pueden realizar mediante este tipo de comunicación. (Ayllon, 2020)

Figura 13.

Comunicación PROFINET



Nota. Comunicación PROFINET entre controladores y dispositivos. Tomado de (Ayllon, 2020)

Capítulo III

3. Desarrollo del tema propuesto

3.1. Preliminares

En el presente proyecto de titulación se desarrolló el prototipo de un sistema de control de nivel ON – OFF que permita la recirculación de agua para que exista oxigenación constate, cuenta con un sensor ultrasónico que mide el nivel del líquido, el cual acciona o desactiva la bomba de agua monofásica controlada por relés relevadores a través del paso de corriente, en el PLC se cuenta con un temporizador que acciona una segunda bomba de las mismas características de la primera, que se acciona para que exista la recirculación y oxigenación necesaria durante un cierto tiempo, después de eso se apaga. Cabe recalcar que tanto los circuitos de potencia como los de control, se encuentran sobre un módulo con riel DIN.

A continuación, se detalla la programación y prototipo realizado para la construcción del sistema.

Como punto inicial se realizó la programación para un sistema de control de nivel con un tanque reservorio, posteriormente se comunicó mediante PROFINET con un HMI desde donde se va a realizar la activación y desactivación de los circuitos. Finalmente se realizó la red hidráulica con tuberías PVC que van conectadas a las bombas de agua, así también como las conexiones de potencia y circuito eléctrico.

3.2. Programación en TIA PORTAL para el PLC Simatic S7-1200

3.2.1. Programación para el sistema de control de nivel ON - OFF

El sensor ultrasónico al tener una señal analógica de 0 a 10 V necesita ser normalizado en una escala lineal, para ello se utilizó el bloque de programación NORM_X, en donde se ingresan los parámetros MIN y MAX que sirven para definir

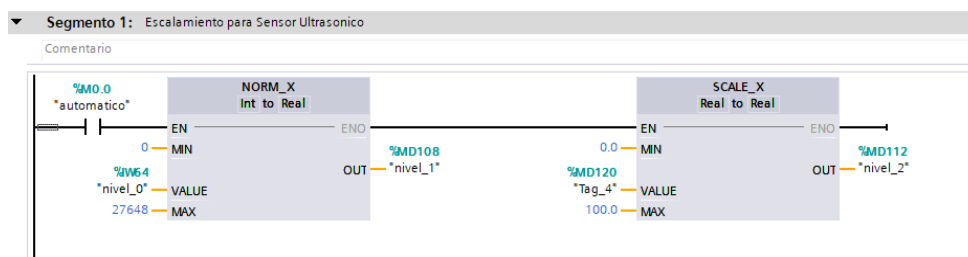
los límites de un rango de valores que se reflejan en la escala. Este bloque normaliza los niveles dentro de este rango, se calcula y se depositan en la salida OUT.

Subsiguientemente se usó el bloque SCALE_X el cual mapea un determinado rango de valores que se encuentra en la entrada VALUE y este se encarga de escalar al rango de valores definido por los parámetros MIN y MAX así dándonos un número entero que se deposita en la salida OUT.

Al combinar estas dos operaciones se escala la señal analógica del sensor; esta programación se indica en la figura 14.

Figura 14.

Escalamiento del sensor ultrasonico

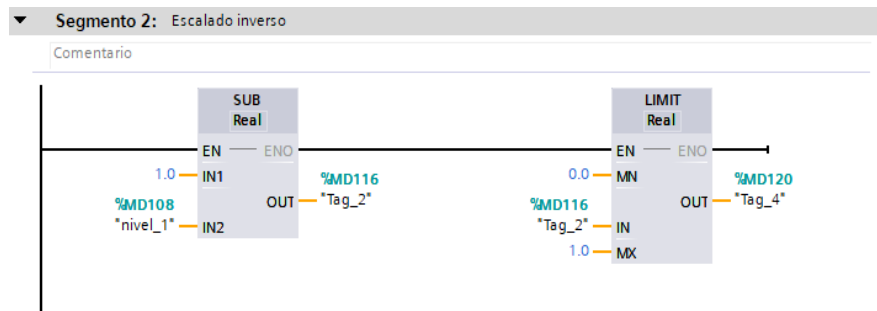


Nota. Se muestra el escalamiento necesario para la entrada analógica del sensor.

Se realiza un escalado inverso mediante el uso de la operación matemática SUB (restar) ya que al momento de realizar las pruebas con el sensor ultrasónico este arroja valores contrarios, adicionalmente se agregó un LIMIT el cual cuando se produce un sobre impulso por parte del sensor no permite que vaya a cero, así evitando una mala medida del nivel, enviando a la marca MD120 al SCALE_X entregando resultados positivos en la medición de nivel; esta programación se indica en la figura 15.

Figura 15.

Escalamiento inverso

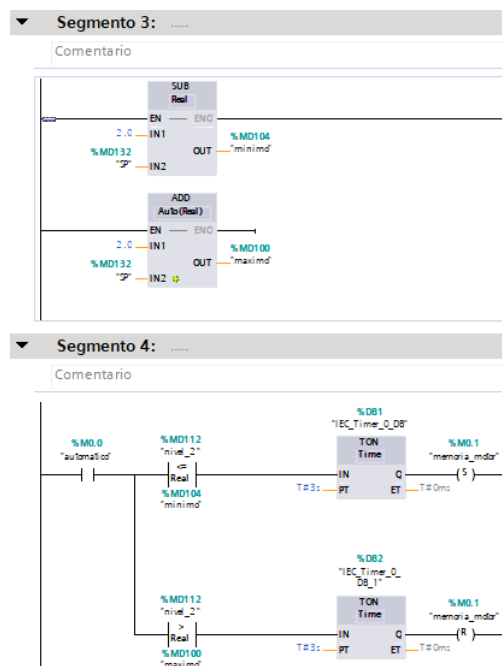


Nota. Se observa en el segmento 2 el escalamiento inverso para el sensor ultrasónico.

En el segmento 3 y 4 se tiene la marca (MD132) donde se colocará el *Setpoint* a través de la pantalla HMI esto ayudará a controlar el nivel aplicando la lógica de programación de SET y RESET para encender o apagar las bombas de agua según sea el caso; esta programación se indica en la figura 16.

Figura 16.

Programacion para histéresis de control de nivel

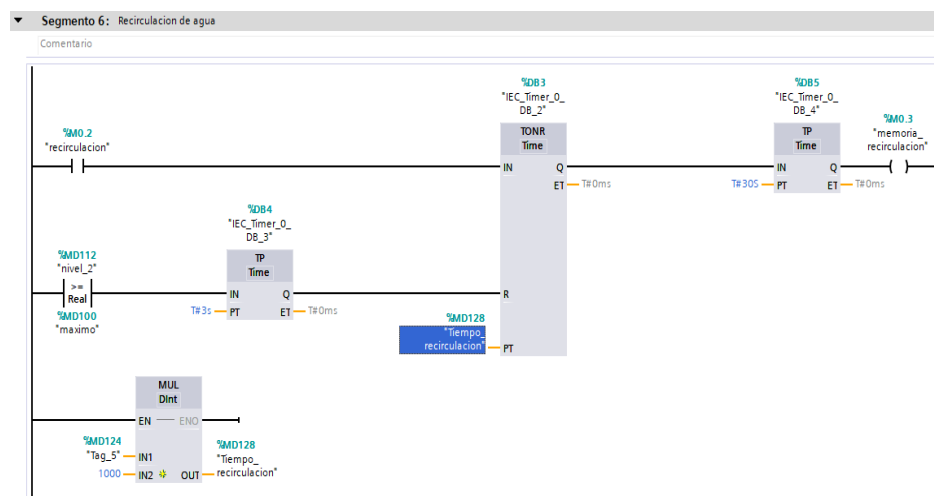


Nota. La histéresis la tenemos de ± 2 .

Se añade un segmento para que la segunda bomba se encienda según el tiempo en el que el operario necesite la recirculación de agua entre el tanque reservorio y el estanque, en lo cual se aplica un temporizador que acumula el tiempo (TONR) en la entrada se coloca la marca (M0.2) la cual se activará desde la pantalla HMI para la recirculación, el punto de RESET el cual al llegar al nivel máximo establecido por el SETPOINT se reseteará y el acumulador de tiempo comenzará a contar desde 0 nuevamente para que tiempo después este active la marca de la memoria de recirculación (M0.3) adicionalmente se agregó una operación de multiplicación (MUL) para transformar de milisegundos a minutos; esta programación se indica en la figura 17

Figura 17.

Programacion para recirculación

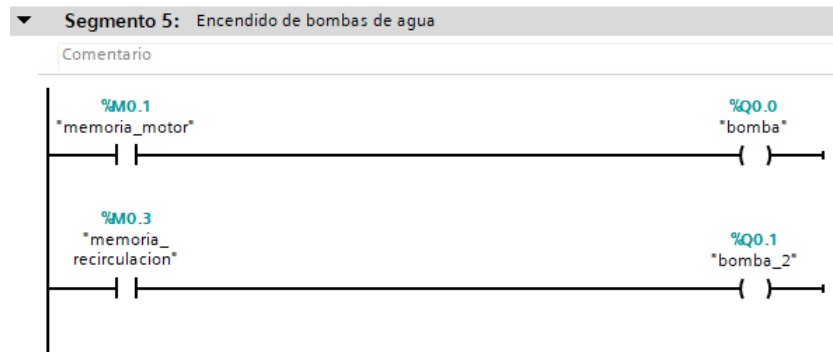


Nota. Se observa la programación utilizada para la activación de la bomba de agua y recircule el agua por los estanques.

Como punto final se colocó las marcas que activarán los elementos actuadores que son la bomba (Q0.0) y la bomba_2 (Q0.1); esta programación se indica en la figura 18

Figura 18.

Activación de bombas de agua



Nota. Se observa la programación utilizada para la activación de las bombas de agua a través de marcas.

3.2.2. Diseño de interfaz para la pantalla HMI KTP900 Basic

Mediante el uso de la norma ISA 101.01 la cual hace referencia a las características estándar del Interfaz Humano Maquina (HMI), se diseñó un interfaz el cual será utilizado para la activación y desactivación de los elementos actuadores (figura 19). En la imagen raíz se colocó una introducción y un botón que nos dirigirá al monitoreo del estanque.

Figura 19.

Presentación en RT Simulator para el HMI

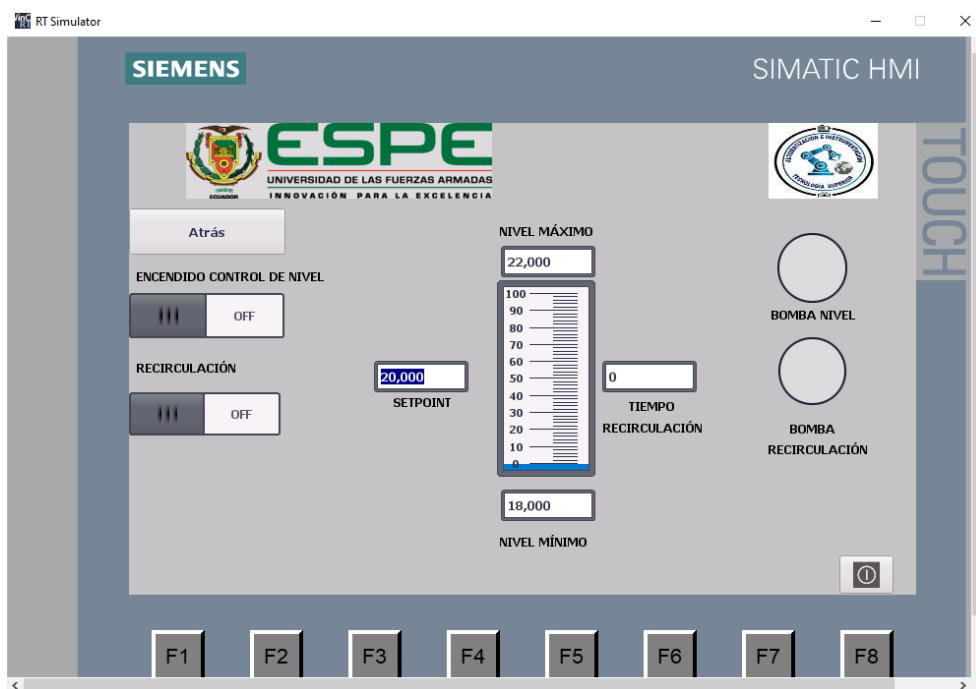


Nota. Se observa la presentación mediante el uso del RT Simulator.

Al presionar el botón de MONITOREO se dirige a la pantalla donde se controla el proceso del control de nivel y la recirculación del agua, se colocó dos botones que activarán y desactivarán los procesos respectivos cada uno está unido a la variable del PLC que se asignó anteriormente en la programación, en el SETPOINT se colocara la cantidad de agua que se debe de medir en el estanque, así también como indicadores del NIVEL MÁXIMO y NIVEL MÍNIMO de agua el cual será visible en el HMI, se colocó un campo de entrada y salida para especificar el tiempo que se activará la segunda bomba para la recirculación y oxigenación del agua, finalmente se puso indicadores visuales que avisen cuando las bombas estén prendidas o apagadas (figura 20).

Figura 20.

Presentacion del Interfaz HMI para el operador



Nota. Se observa la presentación mediante el uso del RT Simulator.

3.3. Armado de las tuberías PVC para las bombas de agua.

Se realizó el armado de las tuberías PVC que van conectadas a las bombas y a sus respectivos tanques con las cuales se visualizará el prototipo del sistema de control de nivel, como primer punto se realizó el empotramiento de las bombas hidráulicas sobre una superficie (figura 21), después se utilizó cuatro reductores de $\frac{3}{4}$ " a $\frac{1}{2}$ " ya que las bombas tenían entradas y salidas de $\frac{3}{4}$ ", para este prototipo se utilizó tubería de $\frac{1}{2}$ " para lo cual fue necesario estos reductores a sus salidas (figura 22), para unirlos se utilizaron codos de PVC de $\frac{1}{2}$ " con estas conexiones se implementó la red para el paso de agua entre estanques (figura 23).

Figura 21.

Empotramiento de bombas de agua.



Nota. Se observa el empotramiento de la bomba de agua sobre una superficie plana

Figura 22.

Reduccion de entrada y salida de agua de las bombas.



Nota. Se observa las reducciones utilizadas.

Figura 23.

Conexiones de las bombas con tubo PVC



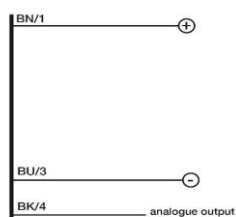
Nota. Se observa las conexiones del tubo PVC utilizadas para el control de nivel de los estanques.

3.4. Conexión de sensor ultrasónico.

En este apartado se detalla la conexión del sensor ultrasónico con el PLC el cual tiene una salida analógica y sus conexiones se las identifica diferenciando los colores de sus terminales, BN o marrón va conectado a los 24 voltios positivos, el BU o azul va conectado al negativo y el BK o negro va conectado a la salida analógica del PLC que a su vez está alimentada con el negativo de los 24 V DC de la fuente interna del PLC. Como se observa en la figura 24 y 25.

Figura 24.

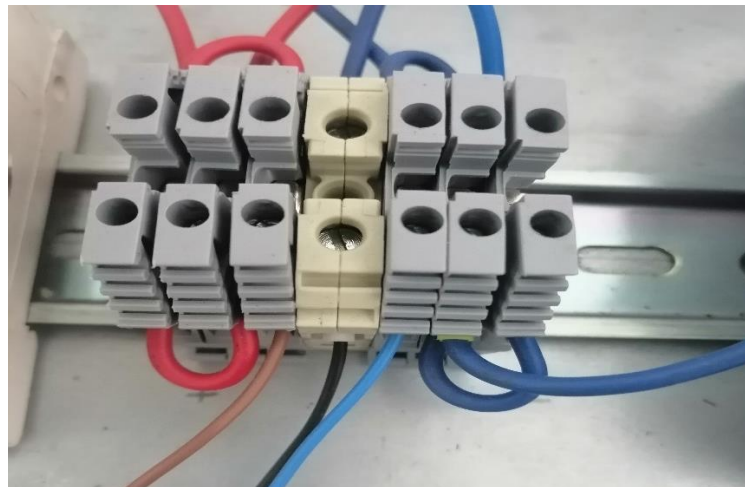
Conexión sensor ultrasónico.



Nota. Se observa la conexión del fabricante. Tomado de (MicroDetectors, s.f.)

Figura 25.

Conexión física con el PLC.



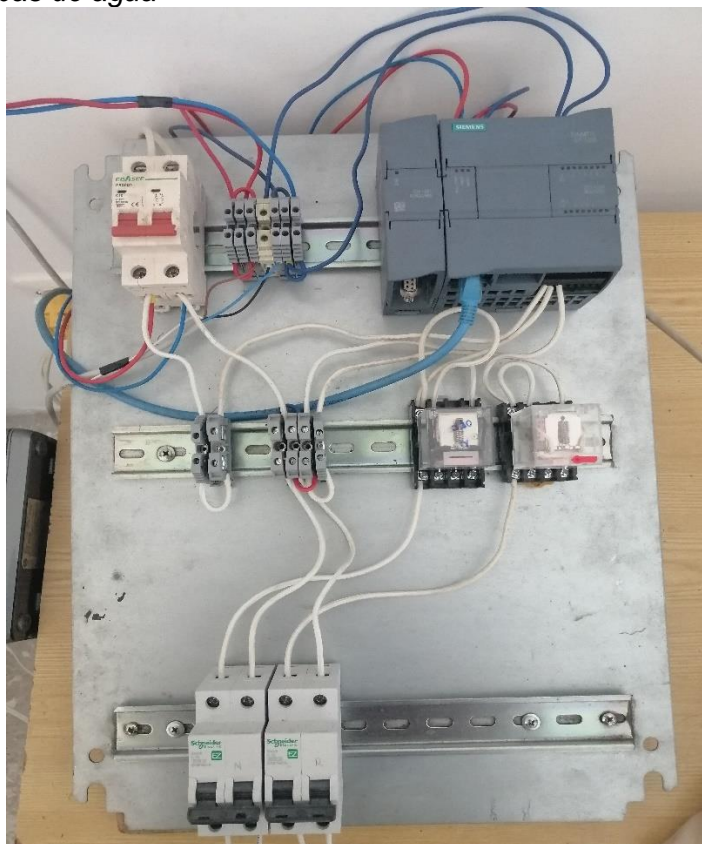
Nota. Se evidencia la conexión física del sensor con el PLC.

3.5. Conexión del PLC con los elementos actuadores y el HMI.

Se realiza las conexiones para los elementos de potencia que son las bombas de agua de ½HP que se conectan a la salida Q0.0 y Q0.1 del PLC y a su vez alimentada con 110V AC para lo cual se utiliza borneras para riel DIN para la conexión de los componentes. A la salida del PLC se conecta relevadores que protegen las salidas, ya que el PLC soporta hasta 2A mientras que los relevadores una corriente de hasta 10, mediante el uso de estos elementos las salidas del PLC excitan la bobina del relevador haciendo que su contacto normalmente abierto (NO) se cierre así accionando las bombas de agua, se agregó dos breakers para la protección del PLC y las bombas en caso de sobre corriente o cortocircuito, esto se puede observar en la figura 26.

Figura 26.

Conexión bombas de agua

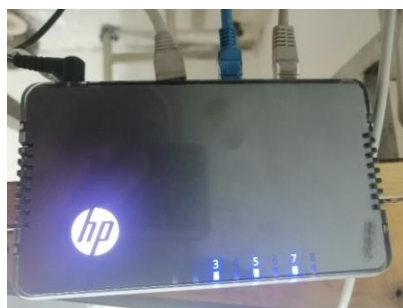


Nota. Se evidencia la conexión física de las bombas de agua con el PLC.

Mediante el uso de la fuente interna del PLC se extrae a las borneras los 24V DC que se utilizarán para la alimentación de tensión de la pantalla HMI, también se utilizó el Switch HP 1405-8G V2 (figura 27) para que exista la comunicación entre el PLC, el HMI y un computador por el cual se podrán realizar modificaciones a futuro.

Figura 27.

Conexión física entre el HMI y PLC.



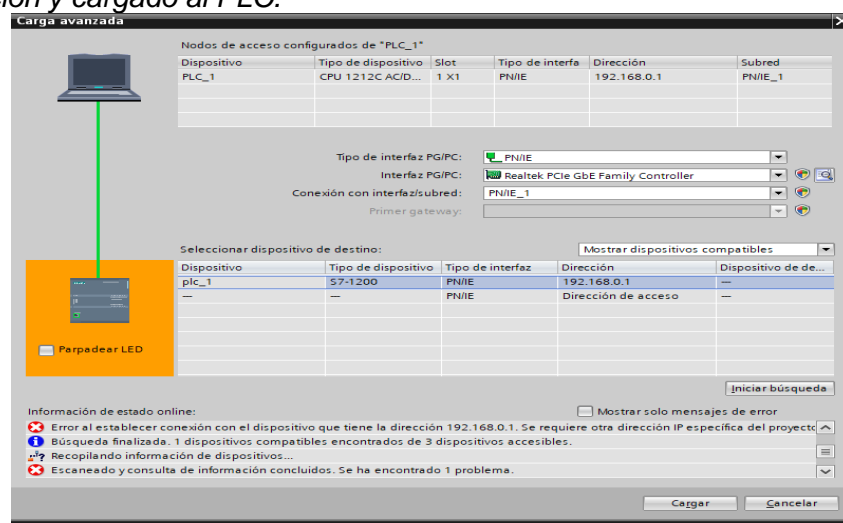
Nota. Se evidencia la conexión física del HMI con el PLC a través del Switch

3.6. Cargar los archivos al PLC y HMI

Mediante el uso de un computador con el software TIA PORTAL se carga la programación para el PLC y el interfaz para el HMI en el cual se debe de establecer una comunicación PROFINET entre los 3 dispositivos para que se puedan registrar, esto se lo realiza iniciando una búsqueda para que se reconozca el PLC y HMI utilizados. Dicha configuración se puede evidenciar en la gráfica de la figura 28 y 29.

Figura 28.

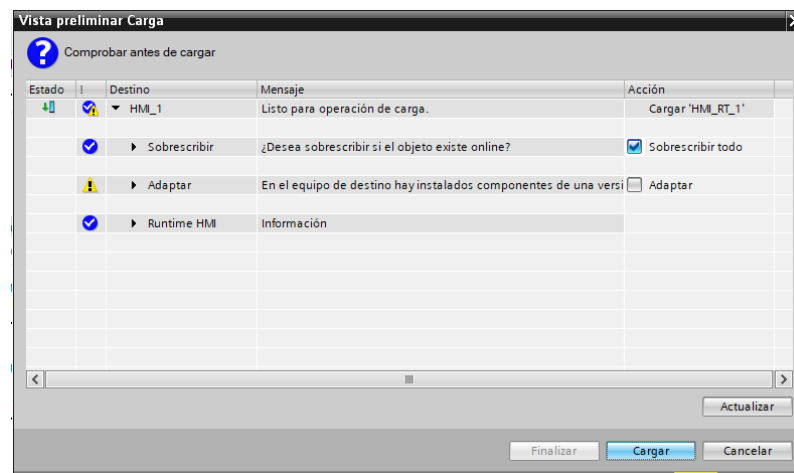
Compilacion y cargado al PLC.



Nota. Se visualiza la carga de la programación al PLC.

Figura 29.

Compilacion y cargado de interfaz en HMI



Nota. Se visualiza la carga del interfaz al HMI.

3.7. Cebado de bombas y comprobación de funcionamiento.

Se realiza el cebado de las bombas que consiste en llenar de líquido la tubería de succión y la carcasa de la bomba para facilitar el funcionamiento (figura 30). Esto evita que queden bolsas de aire en el interior y asegurar que todos los gases sean eliminados de la bomba. Para lo cual se procedió a retirar el tapón de la bomba y a llenar su interior con agua para que así tenga fuerza al momento de utilizarla y así evitar que se dañe.

Figura 30.

Cebado de bomba de agua.

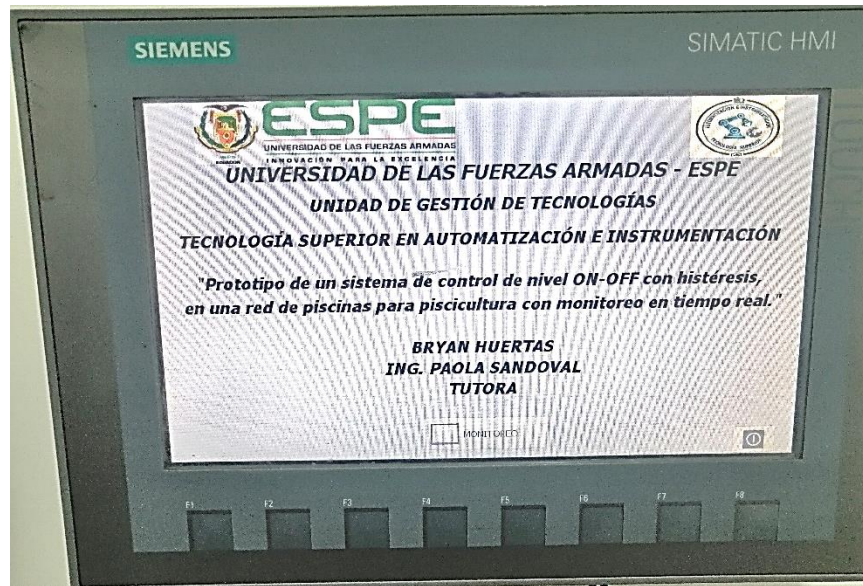


Nota. Se muestra la manera en que se cebó cada bomba.

Se comprueba el funcionamiento de PLC al momento de detectar el nivel del agua el cual estaba bajo así que su bomba estaba encendida, se realizó la comprobación de la recirculación entre los estanques verificándose su estado correcto y según lo programado, en las figuras siguientes se muestra el funcionamiento del sistema.

Figura 31.

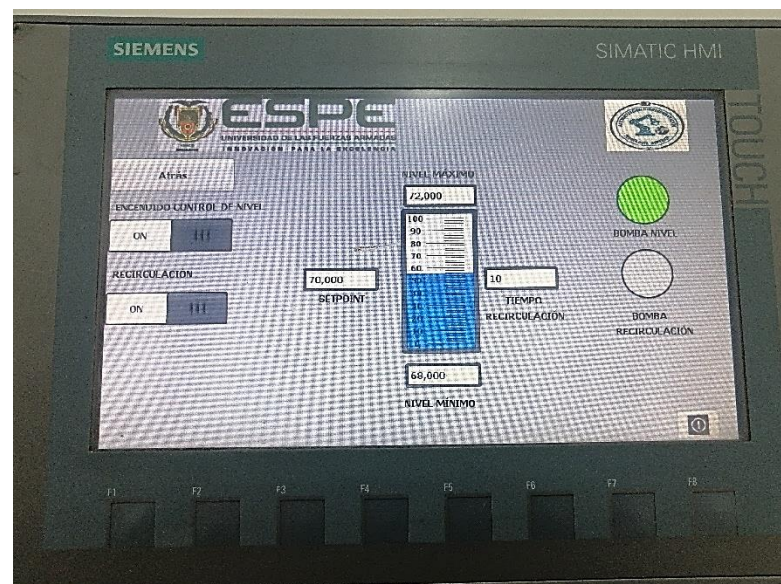
Comprobacion de funcionamiento



Nota. Se muestra la interfaz principal para el control de nivel.

Figura 32.

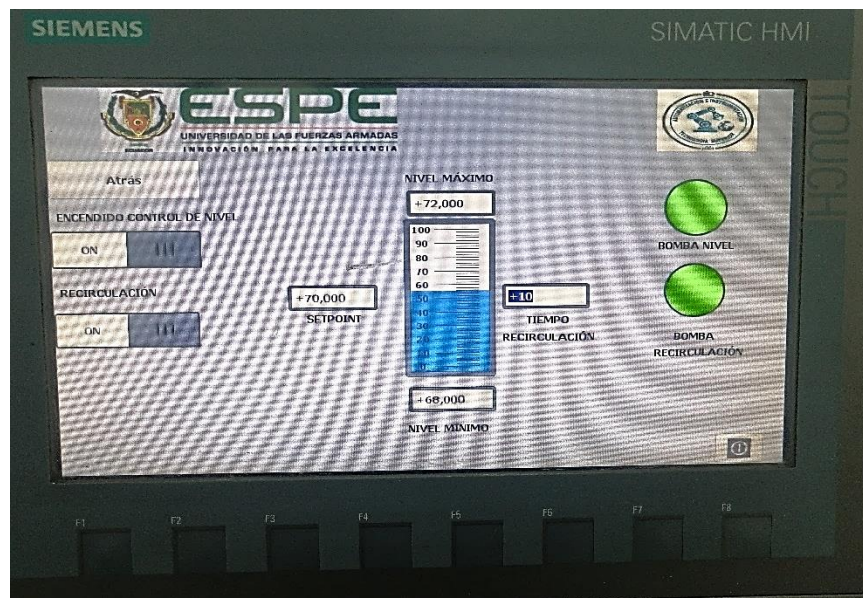
Interfaz de control



Nota. Se muestra la que la bomba de nivel está encendida hasta llegar al nivel máximo y al momento de llegar se apagará.

Figura 33.

Comprobacion de la bomba de recirculacion.



Nota. Se muestra la que la bomba de recirculación está encendida y se apagará después del tiempo determinado.

Capítulo IV

4. Conclusiones y recomendaciones

4.1. Conclusiones

- Se realizó el prototipo de un sistema de control de nivel con histéresis, mediante el uso de elementos eléctricos, electrónicos como: relevadores, breaker, sensor ultrasónico, bombas de agua monofásicas, PLC, pantalla HMI; determinando la importancia del controlador como cerebro del sistema, al igual que la interfaz que permite al usuario el acceso al monitoreo y control del sistema de una forma intuitiva y en tiempo real, todo esto en base a la señal obtenida del sensor que mide el nivel del tanque, obteniendo como producto un automatismo aplicable a cualquier red de piscinas para piscicultura.
- Según la investigación bibliográfica realizada, un sistema de control de nivel no es más que un conjunto de elementos eléctricos, electrónicos y mecánicos encargados de llegar y mantener un nivel establecido el cual es impulsado por una bomba de agua monofásica que se activa mediante la señal enviada por el sensor ultrasónico y accionadas mediante pulsadores que están dentro de un HMI.
- Previo a la implementación del prototipo de control de nivel se ha comprobado su funcionamiento mediante la simulación en PLC-SIM y el interfaz del HMI, ayudando a tomar decisiones adecuadas y perfeccionando el sistema y evitando errores futuros.
- El prototipo del sistema de control de nivel se realizó por fases puesto que primeramente se tuvo que calibrar el sensor para que de medidas en tiempo real y no exista ningún error, en vista que estos elementos requieren de pruebas para ser ajustados o configurados mediante programación, para las pruebas del

sensor ultrasónico se usó una superficie plana sólida con diferentes escalas llegando a determinar exitosamente sus medidas exactas.

- Con el fin de automatizar un sistema que se encienda según el tiempo que el operador necesite ha sido necesario agregar fragmentos de programación que cumplan estas funciones puesto a que dichos segmentos encenderán y apagarán una de las bombas para la recirculación y oxigenación de agua.
- Se ensambló todos los circuitos electrónicos, así como la parte estructural, cabe recalcar que antes de energizar las bombas de agua se comprobó solamente con los relés dando los resultados esperados para así dar paso al uso de estos actuadores.

4.2. Recomendaciones

- Previo a la puesta en marcha del prototipo se recomienda leer el manual de funcionamiento del mismo, el cual se encuentra en el Anexo.
- La fuente de alimentación requiere de un toma corriente externo por lo que debería ser instalada lo más cerca posible a él.
- Para la manipulación de los elementos eléctricos y electrónicos dentro del módulo siempre se debe desconectar toda alimentación eléctrica.
- Cuando se desee modificar la programación asegurarse de deshacer la conexión online del software TIA PORTAL
- Con la simulación de una pantalla virtual para el interfaz HMI facilita a corregir errores que no se ven dentro de la propia interfaz.

Glosario

- **Automatización.** _ f. Acción y efecto de automatizar. Tomado de: REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.4 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [10 de agosto de 2021]
- **Sensor.**_m. Dispositivo que detecta una determinada acción externa, temperatura, presión, etc., y la transmite adecuadamente. Tomado de: REAL ACADEMIA ESPAÑOLA: *Diccionario de la lengua española*, 23.^a ed., [versión 23.4 en línea]. <<https://dle.rae.es>> [10 de agosto de 2021]
- **Bobinados.**_m. Electr. Conjunto de bobinas que forman parte de un circuito eléctrico. Tomado de la página de la Real Academia Española, 2021 (Española, 2021)
- **Luz piloto.** _ Las luces piloto indican el estatus de la maquinaria y los procesos en el panel de control. (OMRON ELECTRONICS LLC, 2007)

Bibliografía

- Acom y Bombas.* (05 de septiembre de 2021). Obtenido de <http://www.acomybombas.com/archivos/catalogo/gamma-qb60>
- AMERICAN NATIONAL STANDARD.* (09 de julio de 2015).
- Ayllon, N. (01 de agosto de 2020). *PROFIBUS-PROFINET NORTH AMERICAN* . Obtenido de <https://us.profinet.com/canales-de-comunicacion-profinet/>
- Control e Instrumentación Industrial.* (14 de diciembre de 2015). Obtenido de <http://ceiisa.blogspot.com/2015/02/control-de-nivel.html>
- Española, R. A. (2021). *Real Academia Española.* Obtenido de <https://dle.rae.es/automatizaci%C3%B3n>
- Galindez, D. C. (2017). *CORPORACIÓN UNIVERSITARIA AUTÓNOMA DEL CAUCA.* Obtenido de <https://repositorio.uniautonomo.edu.co/bitstream/handle/123456789/359/T%20E-M%20051%202017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Gonzaga & Rodriguez.* (s.f.). Obtenido de <https://electricoindustrial.com.ec/producto/relay-encapsulados-camsco-8-pines-redondos-2-polos-2na-2nc/>
- Instrument, W. (2018). Obtenido de West Instrument: http://www.sapiensman.com/tecnoficio/electricidad/instrumentación_industrial4.php
- Intercompras.* (2019). Obtenido de <https://intercompras.com/p/switch-hp-8g-v2-puertos-gig-no-administrable-j9794a-62405>
- JSC, V. A. (17 de 05 de 2019). Obtenido de <https://vnautomation.net/cach-cai-dat-khoang-cach-cam-bien-sieu-am-micro-detectors/>
- MEJIA, C. (s.f.). Obtenido de <https://www.grupoecmejia.com/breaker-schneider-para-riel#:~:text=Interruptor%20automático%20con%20protección%20contra,de%20carga%20con%20riel%20DIN.&text=Ideal%20para%20uso%20residencial%2C%20comercial%20e%20industrial.&text=Fabricantes%20de%20equipo%20or>
- MicroDetectors. (s.f.). Obtenido de <https://www.electricalautomationnetwork.com/es/micro-detectors/uk1f-g1-0esy-micro-detectors-sensor-de-ultrasonidos-m18-analogica-0-10-v-200-2200-mm-conector-m12-con-boton->
- OMRON ELECTRONICS LLC. (2007). *Botones de Presión, Interruptores de Selección y Luces Piloto.* Obtenido de OMRON : webddigital.com/fabricantes/omron/pdf/pulsadores/A16_Brochure_Esp.pdf
- Perez, M. A. (2007). *Universidad Nacional de San Juan.* Obtenido de <http://dea.unsj.edu.ar/control1/apuntes/unidad1y2.pdf>
- Saltiveri. (14 de octubre de 2020). Obtenido de <https://blogespanol.se.com/industria/2020/10/14/interfaz-humano-maquina-hmi-una-solución-completa-para-tender-puentes-entre-it-y-ot/>

SIEMENS. (2018). Obtenido de

<https://support.industry.siemens.com/cs/pd/279623?pdtdi=td&dl=es&lc=es-ES>

SIEMENS. (08 de 10 de 2021). *SIEMENS*. Obtenido de

<https://support.industry.siemens.com/cs/pd/136172?pdtdi=td&dl=es&lc=es-ES>

Velandia, C. H. (13 de Agosto de 2019). *Universidad Autonoma de Occidente*. Obtenido de

<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/11594/T08756.pdf?sequence=6&isAllowed=y>

Villajulca, J. C. (18 de Junio de 2019). *Instrumentación y control.net*. Obtenido de

<https://instrumentacionycontrol.net/control-on-off-o-todo-nada/>

Zambrano, L. F. (2017). *Universidad Nacional de Colombia*. Obtenido de

<https://1library.co/document/z33l3kdz-luis-felipe-hernández-zambrano.html>

Anexos