

**UNIVERSIDAD CATÓLICA SANTO TORIBIO DE MOGROVEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA DE INGENIERÍA MECÁNICA ELÉCTRICA**



**Diseño de un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de  
mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO DE  
INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

**AUTOR**

**Edson Carlomagno Rodriguez Pasco**

**ASESOR**

**Jorge Alberto Villanueva Zapata**

**<https://orcid.org/0000-0002-2529-1161>**

**Chiclayo, 2025**

**Diseño de un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de  
mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo**

PRESENTADA POR

**Edson Carlomagno Rodriguez Pasco**

A la Facultad de Ingeniería de la  
Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo  
para optar el título de

**INGENIERO MECÁNICO ELÉCTRICO**

APROBADA POR

Alexander Querevalu Morante

PRESIDENTE

Luis Alberto Gonzales Bazán

SECRETARIO

Jorge Alberto Villanueva Zapata

VOCAL

## **Dedicatoria**

A mis padres, Carlomagno Rodríguez Tuesta y Sonia María Pasco Merino, a mis hermanos, así como a mi familia y amigos cercanos. Esta tesis constituye el reflejo de su apoyo incondicional y de su constante aliento. Cada uno de ustedes ha sido fuente de inspiración y fortaleza en este proceso académico. Expreso mi más sincero agradecimiento por su presencia y acompañamiento. Este logro es también de ustedes.

## **Agradecimientos**

Extiendo mi gratitud a mis amigos de la universidad, quienes me brindaron su compañía, colaboración y aliento durante este proceso, convirtiendo cada reto en una experiencia de aprendizaje compartida.

De manera especial, agradezco a mi asesor de tesis por su orientación, paciencia y valiosas recomendaciones, que hicieron posible el desarrollo de este trabajo de investigación. Asimismo, expreso mi reconocimiento a la Universidad y a sus docentes, por brindarme los conocimientos, recursos y formación profesional que han sido la base para la culminación de esta etapa académica.

# DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA SUPERVISIÓN Y LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN SISTEMA DE BOMBEO

## INFORME DE ORIGINALIDAD

<b>22%</b> INDICE DE SIMILITUD	<b>20%</b> FUENTES DE INTERNET	<b>4%</b> PUBLICACIONES	<b>9%</b> TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
-----------------------------------	-----------------------------------	----------------------------	--------------------------------------

## FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>repositorio.usanpedro.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>www.coursehero.com</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>repositorio.utc.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>Submitted to Universidad TecMilenio</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Instituto Superior de Artes, Ciencias y Comunicación IACC</b> Trabajo del estudiante	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>hdl.handle.net</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>7</b>	<b>vsip.info</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>8</b>	<b>repositorio.uladech.edu.pe</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>9</b>	<b>repositorio.uta.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>1%</b>
<b>10</b>	<b>dspace.ups.edu.ec</b> Fuente de Internet	<b>&lt;1%</b>

## ÍNDICE

Resumen:.....	9
Abstract .....	10
I. Introducción: .....	11
<b>1.1. Realidad Problemática:</b> .....	11
<b>1.2. Objetivos:</b> .....	12
<b>1.2.1. Objetivo general:</b> .....	12
<b>1.2.2. Objetivos específicos:</b> .....	12
II. Marco teórico:.....	14
<b>2.1. Antecedentes del problema</b> .....	14
<b>2.2. Base teórica científica</b> .....	16
III. Marco metodológico:.....	28
<b>3.1. Enfoque, tipo y nivel de investigación</b> .....	28
<b>3.2. Tipo de proyecto.</b> .....	28
<b>3.3. Técnicas e instrumentos.</b> .....	28
<b>3.4. Población y muestra.</b> .....	29
<b>3.4.1. Población:</b> .....	29
<b>3.4.2. Muestra:</b> .....	29
<b>3.5. Metodología y diseño de la investigación:</b> .....	29
<b>3.6. Diagrama de flujo de la investigación.</b> .....	29
<b>3.7. Formulación de hipótesis:</b> .....	31
<b>3.8. Operacionalización de variables</b> .....	31
IV. Desarrollo y conclusión: .....	33
4.1. Seleccionar los equipos para implementar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo. ....	33
4.2. Determinar los indicadores de mantenimiento que serán proporcionados por el sistema SCADA. ....	58
4.3. Como se conecta el sistema SCADA al punto de supervisión.....	60
4.4. Configurar las pantallas del sistema SCADA mediante la plataforma Siemens para la supervisión y control remoto de los equipos electromecánicos en un sistema de bombeo. ....	60
<b>4.5. Probar funcionamiento del sistema SCADA mediante la simulación</b> .....	78
<b>4.6. Evaluar económicamente la implementación de un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.</b> .....	80
<b>4.5.1 Presupuesto del Proyecto.</b> .....	80
<b>4.5.2. Beneficios económicos al implementarse el sistema SCADA.</b> .....	82
V. Conclusiones:.....	84
VI. Recomendaciones: .....	85

VII.	Referencias.....	86
VIII.	Anexos:.....	89

## Lista de tablas

<b>Tabla 2:</b> Matriz de problema.....	13
<b>Tabla 3:</b> Datos en la placa de una electrobomba [36]. .....	26
<b>Tabla 1.</b> Formulación de Hipótesis.....	31
<b>Tabla 4:</b> Operacionalización de variables. ....	32
<b>Tabla 5:</b> Lista de exigencias. ....	35
<b>Tabla 6:</b> Detalles de la antena para la selección del Diseño SCADA.....	37
<b>Tabla 7:</b> Detalles del PLC para la selección del Diseño SCADA.....	39
<b>Tabla 8:</b> Detalles de Los UPS para la selección del Diseño SCADA.....	41
<b>Tabla 9:</b> Detalles de los caudalímetros para la selección del Diseño SCADA. ....	47
<b>Tabla 10:</b> Detalles de los sensores digitales de nivel para la selección del Diseño SCADA. .....	49
<b>Tabla 11</b> Entradas digitales PLC .....	65
<b>Tabla 12</b> Entradas analógicas PLC.....	66
<b>Tabla 13</b> Salidas digitales PLC .....	66

## Lista de Figuras

<b>Figura 1:</b> Diagrama de flujo de la investigación. ....	30
<b>Figura 2:</b> Caja negra. ....	33
<b>Figura 3:</b> Estructura de funciones del diseño SCADA. ....	35
Figura 4: Detalles de los módulos para la selección del Diseño SCADA. ....	44
Figura 5: Antena ANT896-4MA. ....	52
Figura 6: PLC SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, DC/DC/relay. ....	53
Figura 7: SIMATIC S7-1200, analog I/O SM 1234. ....	53
Figura 8: UPS1600 40 A Ethernet/ PROFINET. ....	54
Figura 9: CP 1242-7 V2. ....	55
Figura 10: Caudalímetro con batería electromagnético SITRANS FM MAG 8000. ....	56
Figura 11: Sensor de Nivel Serie 36XW. ....	56
Figura 12: Variador de velocidad SD500. ....	57
Figura 13: Flujo de comunicacion. ....	60
Figura 14: Circuito de fuerza de la bomba. ....	62
Figura 15: Alimentación del PLC. ....	62
Figura 16: Alimentación 24VDC. ....	63
Figura 17: Entradas y salidas adicionales PLC. ....	65
Figura 18 Segmento 1 Tia Portal. ....	66
Figura 19 Segmento 2 Tia Portal. ....	67
Figura 20 Segmento 2 Tia Portal. ....	68
Figura 21 Escalado de variable temperatura. ....	69
Figura 22 Escalado de variable Nivel. ....	69
Figura 23 Escalado variable Presión. ....	70
Figura 24 Escalado de la variable Flujo. ....	70
Figura 25 Escalado de variable Corriente. ....	71
Figura 26 Segmento 4 Tia Portal. ....	71
Figura 27 Segmento 5 Tia Portal. ....	72
Figura 28 Segmento 6 Tia Portal. ....	73
Figura 29 Interfaces de visualización. ....	74
Figura 30 Alarma de temperatura electrobomba. ....	75
Figura 31 Fichero de variables Tia Portal. ....	76
Figura 32 Grafica de comportamiento de las variables. ....	76
Figura 33 Grafica de mantenimiento preventivo sistema de bombeo. ....	77
Figura 34 Vista general de la simulación Factorio. ....	78
Figura 35 Entradas y salidas del PLC. ....	79
Figura 36 Tablero eléctrico para la electrobomba. ....	80
Figura 37 Variables del Tia Portal (1-13). ....	89
Figura 38 Variables de Tia Portal (28-44). ....	89
Figura 39 Variables de Tia Portal (14-27). ....	89
Figura 40 Vista general de dispositivos. ....	90
Figura 41 Vista general de dispositivos. ....	90
Figura 42 Vista general de redes. ....	90
Figura 43 Vista general de redes. ....	90
Figura 44 Diagrama PID. ....	90

## Resumen

En base al creciente aumento de la población en el departamento de Lambayeque se genera la necesidad de tener pozos de agua funcionando de una manera óptima y eficiente para de esta manera evitar las paradas por averías, que dejan sin este elemento fundamental a la población lo cual puede generar consecuencias graves. El presente proyecto se trabajará en base a un sistema de bombeo, dicho sistema cuenta con una electrobomba sumergible, este tipo de equipo electromecánico requieren de un organizado plan de mantenimiento para su funcionamiento de manera óptima y así logren su vida útil establecida de acuerdo con cada fabricante.

Por esta razón, la presente tiene como objetivo la elaboración de un sistema SCADA para la supervisión y control remoto de un sistema de bombeo y gestionar el mantenimiento preventivo de manera efectiva para evitar paradas en la producción. Para lograr este objetivo, fue necesario utilizar softwares de ingeniería especializados. Se empleó TIA Portal V16 para la configuración del PLC, una herramienta fundamental en la automatización industrial. Además, se utilizó Factory I/O, el cual es esencial para probar y validar sistemas SCADA en un entorno controlado antes de su implementación en el mundo real. En este caso, se simuló un sistema SCADA aplicado a un pozo, permitiendo identificar y corregir posibles fallos y asegurar que el sistema operará de manera eficiente y segura una vez instalado en un pozo real.

Como primer resultado de la presente tesis tenemos la selección de equipos (Sensores, RTU, Antena) para poder realizar este sistema SCADA, se consideró las siguientes funciones: Parámetros del sistema, Estructura de funciones, Requerimientos, Detalles de los equipos y Selección de equipos. Como segundo resultado tenemos la identificación de los parámetros que más influyen en la gestión de mantenimiento referido a los sistemas de pozos de agua potable, después se realizó la configuración del PLC mediante el software Siemens para él envió de datos en tiempo real, después mediante la función WinCC se configuro la interfaz para el monitoreo y control del equipo electromecánico. Se concluyó que la inversión inicial de S/18,655.80 es rentable, ya que el proyecto genera un VAN de \$2,421 y una TIR del 14.9%, superior a la tasa de descuento del 10%, lo que indica una rentabilidad atractiva y recuperación de la inversión.

Palabras claves: Sistema SCADA, mantenimiento preventivo, Pozo de agua potable.

## Abstract

Based on the growing increase in the population in the department of Lambayeque, the need is generated to have water wells functioning in an optimal and efficient way in order to avoid shutdowns due to breakdowns, which leave the population without this fundamental element, which can cause serious consequences. This project will be worked based on a pump system, this system has a submersible electric pump, this type of electromechanical equipment requires a organized maintenance plan for optimal operation and thus achieve its useful life established in accordance with each manufacturer.

For this reason, the objective of this document is to develop a SCADA system for the remote supervision and control of a pumping system and to manage preventive maintenance effectively to avoid production stops. To achieve this objective, it was necessary to use specialized engineering software. TIA Portal V16 was used to configure the PLC, a fundamental tool in industrial automation. Additionally, Factory I/O was used, which is essential for testing and validating SCADA systems in a controlled environment before real-world implementation. In this case, a SCADA system applied to a well was simulated, allowing possible failures to be identified and corrected and ensuring that the system will operate efficiently and safely once installed in a real well.

The first result of this thesis is the selection of equipment (sensors, RTU, antenna) to implement this SCADA system, considering the following functions: system parameters, function structure, requirements, equipment details, and equipment selection. The second result is the identification of the parameters that most influence maintenance management in relation to drinking water well systems. Next, the PLC was configured using Siemens software to send data in real time, and then the WinCC function was used to configure the interface for monitoring and controlling the electromechanical equipment. It was concluded that the initial investment of S/18,655.80 is profitable, as the project generates a NPV of \$2,421 and an IRR of 11.3%, which is higher than the discount rate of 10%, indicating attractive profitability and return on investment.

Keywords: SCADA system, preventive maintenance, drinking water well.

## **I. Introducción:**

### **1.1. Realidad Problemática:**

El Machine Learning (ML) ha emergido como una herramienta indispensable en el seguimiento del estado de los sistemas de energía, el mantenimiento preventivo se ha destacado como la estrategia más eficiente para identificar y solucionar posibles problemas antes de que impacten el rendimiento [1], el sistema SCADA permite la gestión de datos en tiempo real y la generación de alarmas para detectar y prevenir posibles fallos en el sistema, sin embargo, esto implica desafíos, tales como la selección su configuración óptima para adaptarse a las necesidades específicas del sistema, la integración con otros dispositivos y sistemas, la garantía de la seguridad y la fiabilidad de la comunicación de datos, estas consideraciones son fundamentales para maximizar la eficiencia operativa y minimizar el riesgo de paradas no planificadas [2], siendo el sistema SCADA una herramienta eficaz para el monitoreo de condición [4], ya que ofrece ventajas en tres ámbitos: la capacidad de pronóstico del mantenimiento preventivo y predictivo, la mejora de la calidad del producto mecanizado y la reducción de los tiempos de avería [5].

El agua es un recurso natural renovable, esencial, amenazado y de importancia estratégica para el desarrollo sostenible del país. Sin cantidades suficientes, no se pueden realizar diversas actividades poblacionales y productivas, y no se pueden mantener los ecosistemas y ciclos naturales que son esenciales para la seguridad nacional, por ello es de vital importancia que los equipos electromecánicos ubicados en los pozos encargados de suministrar este recurso a la población cuenten con un nivel de confiabilidad óptimo, para así no dejar a la población sin agua a causa de fallas que inhabilitan la producción, por esta razón es que se necesita un sistema que mejore el mantenimiento preventivo [6].

La introducción de soluciones de automatización industrial en las empresas ha generado muchísimas opciones para monitorear y controlar la producción de distintos procesos industriales. Un ejemplo de este tipo de aplicación de software es un sistema SCADA. Los sistemas SCADA están diseñados específicamente para su uso con computadoras diseñadas para controlar la producción vinculada a la planta a través de sensores y otros elementos que permiten a los operadores e ingenieros un control absoluto. [7].

El presente proyecto es una propuesta para el diseño de un sistema SCADA para cualquier pozo de extracción de agua potable, debido a que la mayoría de las empresas dedicadas al rubro de saneamiento no cuentan con un sistema capaz de recolectar datos

y dirigir el proceso de extracción de agua en los pozos de manera remota mediante un ordenador o panel de control.

Esta investigación tiene como objetivo la elaboración de un sistema SCADA para la supervisión y control remoto en los sistemas de bombeo y gestionar el mantenimiento de manera efectiva para evitar paradas en la producción.

## **1.2. Objetivos:**

### **1.2.1. Objetivo general:**

Diseñar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.

### **1.2.2. Objetivos específicos:**

- Seleccionar los equipos para implementar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.
- Determinar los indicadores de mantenimiento que serán proporcionados por el sistema SCADA.
- Configurar las pantallas del sistema SCADA mediante la plataforma Siemens para la supervisión y control remoto de los equipos electromecánicos en un sistema de bombeo.
- Probar funcionamiento del sistema SCADA mediante la simulación en el software Factorio.
- Evaluar económicamente la implementación de un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo

**Tabla 1:** Matriz de problema.

DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA SUPERVISION Y GESTION DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN SISTEMA DE BOMBEO				
PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	METODOLOGIA
¿El diseño de un sistema SCADA para los sistemas de bombeo permitirá tener un monitoreo de la producción en tiempo real?	General	General	VARIABLE INDEPENDIENTE:	Diseño de investigación
	Diseñar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.	El diseño de un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo permite supervisar y controlar las variables del proceso en tiempo real.	Sistema SCADA	Tipo aplicada-cuantitativa con utilización de los softwares Tia Portal, WinCC y Factory IO.
	Específicos	Específicos	INDICADORES	TECNICA: Recolección de datos
	Seleccionar los equipos para implementar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.	Existen los equipos necesarios para implementar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.	VARIABLE DEPENDIENTE:	
	Determinar los indicadores de mantenimiento para implementar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.	Se pueden determinar los indicadores de mantenimiento para implementar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.	Mantenimiento preventivo	POBLACION Y MUESTRA
	Configurar las pantallas del sistema SCADA mediante la plataforma Siemens para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.	La configuración las pantallas del sistema SCADA mediante la plataforma Siemens para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo se realizó con éxito.	INDICADOR	La unidad de estudio son los sistemas SCADA aplicados en los sistemas de bombeo de agua potable
	Probar funcionamiento del sistema SCADA mediante la simulación en el software Factorio.	Se podrá simular el sistema para ver el correcto funcionamiento del SCADA.		
	Evaluar económicamente la implementación de un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.	Se aprecia mejoría en la evaluación económica de la implementación de un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.	Temperatura, nivel de pozo, caudal, corriente, presión	La población serán los sistemas de bombeo.

Fuente: Elaboración propia.

## II. Marco teórico:

### 2.1. Antecedentes del problema

[8] En el artículo “A Novel Approach to Achieve MPPT for Photovoltaic System Based SCADA”, se propuso un algoritmo mejorado de inteligencia artificial para el seguimiento del punto de máxima potencia (MPPT) en sistemas fotovoltaicos (PV), basado en Internet de las cosas (IoT), con el objetivo general de facilitar el mantenimiento preventivo, la detección de fallas y el análisis histórico de la planta, junto con el monitoreo en tiempo real. Se adoptó un enfoque cuantitativo, no experimental, de tipo aplicado y nivel descriptivo, se utilizó simulación para validar el rendimiento del algoritmo sugerido, demostrando su superioridad sobre métodos convencionales como los algoritmos de búsqueda de cuco y el enfoque de conductancia incremental, mediante una comparación de rendimiento, los resultados mostraron una convergencia más rápida y menos oscilaciones de potencia con el algoritmo propuesto, lo que indica su capacidad para rastrear el punto de máxima potencia global (GMPP), se observó una eficiencia promedio del 88% en el seguimiento del GMPP, con un tiempo de respuesta promedio de 0,029 s, se destaca su viabilidad y la eficacia del enfoque propuesto, subrayando su potencial para mejorar el rendimiento de los sistemas fotovoltaicos, en conclusión, el algoritmo de inteligencia artificial propuesto representa una herramienta prometedora para optimizar la operación de sistemas fotovoltaicos, ofreciendo beneficios significativos en términos de eficiencia y confiabilidad.

[9] En la investigación “Implementación de un sistema SCADA en el sistema de bombeo de estación 59 y 172 de refinería talara”, este trabajo fue de tipo no experimental, descriptivo, transversal y tuvo como objetivo la implementación de un sistema SCADA para los sistemas de bombeo de las Estaciones 59 y 172 de la Refinería de Tarará. Mejorar el control del bombeo de crudo al patio de tanques de Tabrazo. Según los datos recibidos, 87 operadores están insatisfechos con su actual sistema de bombeo, mientras que el 13% está satisfecho. Luego le pregunté qué pensaba sobre la falta de una bomba automática. El 75 % de los operadores admiten que tienen problemas sin una bomba automática, pero el 25 % no está de acuerdo. Finalmente, 87 empresas sugirieron implementar un sistema SCADA.

[10] En la investigación “Desarrollo de un sistema scada para el abastecimineto de agua en la estación de bombeo Yuyucocha de la empresa municipal de agua potable y

alcantarillado de Ibarra”, el autor tiene como objetivo el desarrollar un sistema SCADA para el sistema de abastecimiento de agua de la estación de bombardeo de Yuyucocha , a través de conexiones de fibra óptica entre tres puntos de control .El sistema permite un continuo monitoreo y control de los sistemas de abastecimiento de agua . Los parámetros operativos y las alarmas se pueden monitorear a través de HMI y se pueden tomar medidas de control en caso de anomalías, como resultados se obtuvo que el sensor de presión tuvo una tasa de error de 2,05% y el de nivel de 0,3%. Se ha demostrado que los sistemas SCADA tienen una precisión de más del 97 %.

[11] En la investigación “Aplicación de un sistema SCADA rsvew32 para la automatización de bombas sumergibles en una mina a cielo abierto”, la siguiente investigación fue realizada considerando la problemática que se presenta en el sector minero en áreas de pozos profundos en el cual se instalan equipos de bombeo debido a las fuertes lluvias y las malas condiciones hidrológicas del país. En este estudio, al aplicar un sistema de control para equipos (bombas y motores) y monitorear constantemente su funcionamiento detallado, se pueden detectar fallas que ocurren en el desarrollo y la construcción de pozos profundos. Después de la ejecución de esta tesis, las fallas desarrolladas por los equipos sumergibles llevados a su trabajo en el pozo profundo pudieron identificarse utilizando el programa de automatización minera Scada rsvew 32, que muestra el desempeño detallado de los equipos de bombeo.

[12] En la investigación titulada "Elaboración de un sistema SCADA para la recopilación de datos en la identificación de curvas características en bombas de torbellino conectadas tanto en serie como en paralelo", la meta principal de este proyecto consistió en implementar un sistema que facilitara la recopilación de datos en la identificación de curvas características. El propósito subyacente era establecer un banco de datos confiable y manejable, destinado a proporcionar conocimientos y experiencia a los usuarios respecto a las peculiaridades de los sistemas de bombeo en serie y paralelo, mediante la presentación de marcadores y gráficos de las curvas del sistema. Esto se hizo usando un software, Siemens PLC LOGO y una pantalla delta HMI que contenía las ecuaciones obtenidas para cada sensor después de la calibración. Con base en los registros, se pueden considerar las propiedades y se encuentra que el sistema de bomba en línea tiene 91,03 m de altura con un caudal de 0 m<sup>3</sup>/s y 25,15 m de alto con un caudal de 0,0003. m<sup>3</sup>/s. La eficiencia del sistema es del 6%, 74,05 m de altura a 0 m<sup>3</sup>/s de caudal y 41,4 m<sup>3</sup>/s de altura a 0,00043 m<sup>3</sup>/s de caudal para el sistema de bombeo paralelo m, es

decir, la eficiencia del sistema es del 14%. El módulo experimental permitió analizar el comportamiento de las bombas vortex en relación con las curvas características, tensión - caudal (V-Q), corriente - caudal (I-Q), altura de la bomba - caudal (H-Q) y rendimiento - caudal (n-Q) en serie y en paralelo. bombas y finalmente determinar el punto de rendimiento óptimo para bombas en serie y en paralelo.

[13] En la investigación “Desarrollo de un sistema scada para una estación de bombeo de agua a presión constante”, el presente proyecto tuvo como objetivo desarrollar e implementar un sistema SCADA en una estación de bombeo continuo de agua a presión, lo cual se relaciona con la falta de prácticas en el campo de la automatización y control de procesos industriales mediante lógica programable para analizar la recopilación de datos de acuerdo con las necesidades del usuario, ya sea de forma local o remoto. Los resultados muestran que el mejor método de ajuste para el proceso es Robust Lambda, con un tiempo de establecimiento de 237,6 segundos y una sobrecarga de 0,21%. Este es un buen método de ajuste ya que no fluctúa significativamente en estado estacionario. tendido al infinito. Al implementar un sistema SCADA, logramos toda la parte de monitoreo y control en forma local usando KTP y remotamente usando HMI en software con una diferencia de tiempo de 500ms entre la ejecución de cada acción.

## **2.2. Base teórica científica**

### **2.2.1. Sistema SCADA**

Consta de varias aplicaciones de software que se ejecutan en una computadora para controlar y monitorear la producción y permitir la comunicación con un PLC [14].

### **2.2.2. ¿Qué es un sistema SCADA?**

SCADA, que representa la abreviatura de Supervisory Control And Data Acquisition, se emplea para el monitoreo, gestión y recopilación de información en entornos industriales y de producción. En otras palabras, se trata de un sistema que recoge información proveniente de sensores distribuidos en diversas ubicaciones, como fábricas, plantas o lugares remotos, y posteriormente transmite estos datos a un equipo central mediante una red de comunicaciones especializada que se encarga de su supervisión y control. [15] Ayuda a gestionar este complejo proceso industrial manteniendo la eficiencia, impulsando decisiones más inteligentes a través de tecnología de procesamiento de datos y comunicando problemas del sistema para reducir el tiempo de inactividad.

### 2.2.3. Objetivos del sistema SCADA

Según UNIR [16] los beneficios más sobresalientes de tener un sistema SCADA son los siguientes:

- **Captura de datos:** Para llevar a cabo esta tarea, estos sistemas establecen conexiones utilizando diversas tecnologías o protocolos de comunicación con las máquinas. Por ejemplo, en el caso de los autómatas programables de Siemens, se hace uso de SIMATIC [16].
- **Vigilancia de las máquinas:** Este proceso implica la supervisión de una serie de parámetros proporcionados por los autómatas, sensores y otros elementos de las líneas de producción. Estos parámetros pueden abarcar aspectos como la temperatura, el peso, la corriente, entre otros. Cuando estos valores exceden los límites predefinidos, el sistema SCADA genera notificaciones de alerta. Además, ofrece informes y paneles de control que presentan datos en tiempo real sobre la producción, incluyendo los valores de los diversos parámetros y los indicadores de producción. [16].
- **Gestión de las máquinas:** Este sistema proporciona a los operadores responsables de las líneas de producción la capacidad de tomar de forma inmediata en relación con los diferentes componentes de la cadena de producción. Además, posibilita la ejecución automática de acciones en situaciones como la generación de una alerta, permitiendo así una respuesta rápida y eficiente a las incidencias. [16].

### 2.2.4. Requisitos para poder implementar un sistema SCADA

Los sistemas debe ser flexible para ajustarse a las demandas cambiantes de la empresa, es crucial que se comuniquen de manera fluida tanto con la tecnología integrada como con otros sectores de la empresa, lo que incluye el acceso a redes locales y sistemas de gestión, la instalación debe ser sencilla, evitando la necesidad de requisitos adicionales complicados, y su uso debe ser intuitivo gracias a interfaces amigables que pueden incorporar elementos como sonidos, imágenes y pantallas táctiles [17].

### 2.2.5. Ventajas y desventajas de un sistema SCADA

Estamos en la era de la cuarta revolución industrial, también conocida como Industria 4.0. Esta fase se caracteriza por niveles crecientes de automatización y el uso de máquinas y fábricas inteligentes. Además, con la ayuda de la recopilación y el análisis de

datos, esta revolución puede mejorar la eficiencia de la producción y la productividad en toda la cadena de valor. Al recopilar datos de la fábrica y combinarlos con datos de otras operaciones de la empresa, las fábricas inteligentes pueden lograr una mayor transparencia de la información y tomar mejores decisiones. [18]

### **Ventajas:**

Según Aguirre [19], las principales ventajas de un sistema SCADA:

- **Economía:** Es más económico y eficiente supervisar las instalaciones desde una oficina que enviar a un operario a hacerlo en persona. Esto puede reducir significativamente los costos laborales al eliminar revisiones innecesarias. [19].
- **Accesibilidad:** Toda la información está a un clic de distancia y podrás modificar el funcionamiento de los equipos de tu fábrica, encender o apagar las máquinas, consultar su estado en tiempo real y tomar decisiones de forma remota las 24 horas del día. [19].
- **Mantenimiento:** La recopilación y supervisión de datos permiten presentarlos de manera comprensible incluso para quienes no son expertos y notificar cuando se acercan las fechas de mantenimiento o cuando una máquina presenta más fallos de lo habitual. [19].
- **Gestión:** Los datos recopilados pueden someterse a diversos análisis utilizando herramientas estadísticas, gráficos y tablas, lo que posibilita la optimización más eficaz del sistema. [19].
- **Flexibilidad:** Realizar modificaciones en el sistema de visualización no implica costos de tiempo y recursos significativos, ya que no se requieren cambios físicos como la instalación de cables o medidores adicionales. [19].
- **Conectividad:** El objetivo es utilizar un sistema abierto, es decir, que no haya secretos ni restricciones para los integradores. La documentación de los protocolos de comunicación actuales permite interconectar sistemas de diferentes proveedores y evitar problemas operativos o de seguridad derivados de la falta de información. [19].

**Desventajas:**

El sistema SCADA presenta diversas desventajas [20]:

- **Fuerte dependencia de la tecnología:** Los sistemas SCADA requieren tecnología para su funcionamiento, lo que puede generar problemas en situaciones de fallos eléctricos o de energía. [20].
- **Vulnerabilidad ante ataques cibernéticos:** Dado que los sistemas SCADA están conectados a redes externas, existe el riesgo de que sean objeto de ataques por parte de individuos malintencionados.
- Dependencia significativa de hardware y sistemas operativos, lo que implica la necesidad de actualizar el SCADA de forma regular para mantener su compatibilidad. [20].
- **Considerable costo asociado:** A pesar de la disponibilidad de diversas opciones para implementar sistemas SCADA, algunas de ellas pueden resultar costosas, especialmente en proyectos de gran envergadura. Por este motivo, es esencial llevar a cabo una planificación inicial que incluya distintas posibilidades de expansión y analice la capacidad de adaptación de las soluciones. [20].

**2.2.6. En qué sectores de la industria se puede implementar un sistema SCADA**

Las compañías, tanto del ámbito público como privado, utilizan sistemas SCADA para supervisar la eficiencia, compartir datos para decisiones más fundamentadas y detectar problemas del sistema para minimizar el tiempo de inactividad, cada vez más, estas organizaciones eligen implementar sistemas SCADA para controlar y vigilar sus procesos industriales, debido a esto, es común encontrar estos sistemas en una amplia gama de entornos industriales, desde la fabricación y control de procesos hasta la generación de energía y refinación, con la capacidad de operar de diferentes manera, ejemplos de industrias donde se aplican estos sistemas incluyen el tratamiento de agua y alcantarillado, donde se llevan a cabo actividades y procesos que involucran aspectos físico-químicos y biológicos, o una combinación de ambos, para el transporte y tratamiento de líquidos, estas instalaciones cuentan con sistemas diseñados específicamente para eliminar contaminantes del agua y así garantizar que esta no represente un peligro para la salud pública o el medio ambiente cuando se descarga en el mar, lagos o ríos. [16].

### 2.2.7. Componentes del sistema SCADA.

- **Unidad central (MTU):** Este subsistema del sistema SCADA tiene la función de centralizar la información obtenida de las diversas máquinas y de llevar a cabo acciones o enviar instrucciones a los RTUs o PLCs. [21].
- **Unidad terminal remota (RTU):** La RTU es el componente encargado de recolectar los datos de las diferentes máquinas que son gestionadas por el sistema SCADA. [21].
- **Comunicación:** Se refiere a la infraestructura esencial para permitir la comunicación entre todos los elementos del sistema SCADA. [21].
- **Equipos de campo:** Los dispositivos de campo consisten en todos los equipos finales a los cuales deseamos acceder mediante cada uno de los componentes del sistema SCADA, incluyendo sensores, motores, válvulas, y otros dispositivos similares. [22].

Los componentes del sistema SCADA para nuestro trabajo de investigación se empleará los siguientes equipos:

- **Antenas:** Las antenas son dispositivos utilizados para la transmisión y recepción de señales inalámbricas. En el contexto de un sistema SCADA, las antenas pueden utilizarse para la comunicación inalámbrica entre los diferentes componentes del sistema, como los sensores y los controladores. No se encontraron referencias específicas para este componente. [22].
- **PLC (Controlador Lógico Programable):** Un PLC es un dispositivo electrónico programable utilizado para controlar y automatizar procesos industriales. Actúa como el cerebro del sistema SCADA, recopilando datos de los sensores, tomando decisiones basadas en la lógica programada y enviando comandos a los actuadores. [23].
- **UPS (Sistema de Alimentación Ininterrumpida):** Un UPS es un dispositivo que proporciona energía eléctrica de respaldo en caso de una interrupción en el suministro principal. En un sistema SCADA, un UPS se utiliza para garantizar que los componentes críticos del sistema, como los PLC y los servidores, sigan funcionando incluso durante cortes de energía. [24].

- **Modulo Siemens:** Los módulos Siemens son componentes específicos de la marca Siemens utilizados en sistemas de automatización industrial. Estos módulos pueden incluir módulos de E/S (entrada/salida), módulos de comunicación y otros dispositivos especializados diseñados para trabajar con los controladores Siemens. [25].
- **Sensor de nivel:** Un sensor de nivel es un dispositivo utilizado para medir el nivel de un líquido o sólido en un tanque o contenedor. En un sistema SCADA, los sensores de nivel se utilizan para monitorear y controlar los niveles de líquidos en diferentes procesos industriales. [26].
- **Variador de velocidad:** Un variador de velocidad, también conocido como variador de frecuencia, es un dispositivo utilizado para controlar la velocidad de un motor eléctrico. En un sistema SCADA, los variadores de velocidad se utilizan para ajustar la velocidad de los motores en función de las necesidades del proceso. [27].
- **Caudalímetro:** Un caudalímetro es un dispositivo utilizado para medir el caudal o flujo de un líquido o gas en un sistema. En un sistema SCADA, los caudalímetros se utilizan para monitorear y controlar el flujo de líquidos o gases en diferentes procesos industriales. [28].
- **Softwares de la plataforma siemens:**

**Tia Portal V15:** TIA Portal (Totally Integrated Automation Portal) es un software de programación y configuración utilizado para desarrollar y mantener sistemas de automatización industrial. La versión V15 es una versión específica del software que ofrece diversas funcionalidades y mejoras para la programación y configuración de los componentes Siemens. [25].

**Telecontrol server basic:** Telecontrol Server Basic es un software de Siemens utilizado para la supervisión y control remoto de sistemas de automatización. Proporciona capacidades de comunicación y visualización de datos en tiempo real, permitiendo a los usuarios monitorear y controlar los procesos desde ubicaciones remotas. [25].

### 2.2.8. Motivos por los que se genera un desbalance de corriente

- **Rodamientos deteriorados:** Mantener en buen estado los rodamientos es fundamental para preservar la eficiencia del equipo y prevenir interrupciones innecesarias en su funcionamiento. [29].
- **Perjuicios en el impulsor:** Los perjuicios en las palas del impulsor o la presencia de objetos extraños en su interior pueden causar desequilibrios y vibraciones que comprometen la operación normal del motor. [30].
- **Desajuste en la alineación:** La falta de alineación en las bombas puede ocasionar diversos problemas, como fallos en los sellos, deterioro de los rodamientos, aumento del consumo energético, generación excesiva de calor y aumento de la vibración. [30].
- **Exceso de carga por sólidos (piedras o sedimentos):** Un sobrecargue de trabajo en la bomba debido a la presencia de sólidos resultará en un consumo eléctrico elevado y sobrecalentamiento. Cuando la bomba se bloquea, el consumo eléctrico aumenta aproximadamente un 600% en comparación con su corriente nominal, lo que genera un calentamiento rápido capaz de afectar gravemente el motor. [31].

### 2.2.9. Que es el mantenimiento y sus tipos

El mantenimiento en el ámbito industrial se describe como una serie de acciones dirigidas a garantizar que las máquinas y las instalaciones vinculadas al proceso de producción se encuentren en condiciones óptimas, lo que permite maximizar su desempeño, su principal propósito radica en la organización, coordinación y supervisión de las labores necesarias para garantizar el correcto funcionamiento de todos los equipos empleados en los procesos productivos, la ausencia de un mantenimiento planificado adecuadamente puede acarrear pérdidas para las empresas debido a diversos problemas, tales como [32]:

- Paradas en el proceso productivo.
- Fallas inesperadas en los equipos.
- Daños a las materias primas.
- Fabricación de productos defectuosos.
- Incumplimiento de los plazos de entrega de productos.
- Accidentes de trabajo.

## a. Tipos de mantenimiento

- **Mantenimiento correctivo**

El mantenimiento correctivo es un tipo de mantenimiento que se lleva a cabo para corregir un problema o defecto en un equipo, sistema o máquina después de que haya ocurrido un fallo o avería, este tipo de mantenimiento se realiza en respuesta a una necesidad inmediata de reparación, con el objetivo de restaurar el funcionamiento normal de un activo o sistema, ciertas compañías optan por centrar sus estrategias de mantenimiento en el enfoque correctivo, debido a la carencia de conocimientos, recursos técnicos, personal especializado, asignaciones presupuestarias adecuadas y tecnología de vanguardia para implementar otros métodos de mantenimiento, el mantenimiento correctivo se pone en marcha como respuesta a la incapacidad de identificar a tiempo posibles fallos en sus equipos, es crucial determinar las causas subyacentes de las averías y, a partir de ahí, tomar las medidas apropiadas [33].

- **Mantenimiento preventivo**

El mantenimiento preventivo se fundamenta en una serie de actividades programadas que se llevan a cabo en intervalos predefinidos. Su propósito es garantizar que los activos empresariales funcionen adecuadamente en su entorno operativo, con la meta de mejorar la eficiencia de los procesos y prevenir posibles fallas en elementos, componentes, máquinas o equipos, además, implica diversas medidas como cambios, sustituciones, ajustes, restauraciones, inspecciones y evaluaciones, las cuales se realizan de acuerdo con un calendario predeterminado o el uso planificado de los activos [33].

### **Objetivos:**

Según Pérez [33] son:

- ✓ **Disponibilidad:** Este concepto se relaciona directamente con la capacidad de una máquina o equipo para estar en funcionamiento siempre que sea necesario, es la medida de cuánto tiempo una máquina o equipo está en condiciones de operar en comparación con el tiempo total que se espera que esté disponible, un alto nivel de disponibilidad significa que la máquina está lista para funcionar cuando se le requiere, lo que minimiza el tiempo de inactividad y garantiza que la producción o las operaciones continúan sin interrupciones. [33].

- ✓ **Confiabilidad:** Se refiere a la probabilidad de que una máquina esté en funcionamiento durante el tiempo que requiera el usuario o el proceso lo sin experimentar interrupciones imprevistas. [33].
- ✓ **Incrementar:** Aumentar al máximo tanto la disponibilidad como la confiabilidad de las máquinas o equipos a través de la implementación de un mantenimiento planificado. [33].

- **Mantenimiento predictivo**

Este método de mantenimiento se centra en la relación entre los aspectos físicos y el deterioro o estado de una máquina, en el mantenimiento predictivo, se resalta la relevancia de medir, seguir y vigilar los aspectos, así como las condiciones de funcionamiento de un equipo, máquina o sistema, en este enfoque, se establecen y gestionan niveles de advertencia y de intervención para todas las variables críticas que requieren ser evaluadas y supervisadas, las prácticas predictivas más comunes en ámbitos industriales abarcan [33]:

- ✓ El análisis de vibraciones mecánicas, ampliamente reconocido como la técnica más destacada en el mantenimiento predictivo.
- ✓ La aplicación de termografías.
- ✓ El empleo de boroscopias para inspecciones visuales.
- ✓ El análisis de aceites.
- ✓ El uso de análisis de ultrasonidos.
- ✓ La evaluación de humos de combustión.

#### **2.2.10. Mantenimiento de una electrobomba**

[34] Dado que en este caso estamos considerando implementar un sistema SCADA para el sistema de bombeo, el equipo electromecánico que se encuentra en el pozo es una bomba eléctrica, de las cuales existen muchos tipos. La bomba eléctrica sumergible más común consta de un motor eléctrico y una bomba y tiene un embrague que es la pieza que conecta el motor al eje de la bomba, así como una malla metálica de acero inoxidable que forma la canasta de succión. La siguiente maquina puede presentar las siguientes posibles fallas:

- Si el motor está oxidado y obstruido antes del montaje, o si el impulsor está atascado debido a un almacenamiento prolongado o condiciones inadecuadas.

- Si el sentido de rotación es incorrecto.
- Si el grupo está vacío.
- Si hay excesiva resistencia en la tubería (la resistencia supuesta al realizar el pedido no coincide con la resistencia real).
- Si la velocidad es demasiado baja (baja tensión o frecuencia).
- Si se produce una anomalía con el motor submarino, las siguientes son causas posibles.
- Falta una fase.
- Disparo de protección de sobre corriente.
- Panel de control o arrancador de motor defectuoso.
- El cable de alimentación está dañado o desconectado.
- Si se acumulan sólidos en los canales de las palas.

Breve descripción de la función de los componentes principales de una electrobomba sumergible.

- **Motor sumergible:** Motor diseñado específicamente para funcionamiento bajo el agua (clase de protección IP 68). El diseño compacto y sencillo garantiza una alta resistencia mecánica y una larga vida útil. Fabricado en acero inoxidable y soporte de hierro. [35].
- **Cuerpo de la bomba:** Todo fabricado en acero inoxidable. Se incluye una canasta para evitar que entren materias extrañas a la bomba. También tiene una válvula de retención incorporada para evitar el reflujó del agua bombeada y la rotación inversa del impulsor. [35].
- **Tubería de descarga:** No incluido con el dispositivo. Puede ser de tubo de hierro galvanizado, PVC o manguera de goma (en estos dos últimos casos debe ir suspendida de la bomba mediante un cable de acero). [35].
- **Cable sumergible:** La energía eléctrica se transfiere desde el tablero de arranque al motor sumergible a través de un cable que garantiza su funcionamiento bajo el agua y tiene un diámetro suficiente para transportar la corriente del motor a plena carga y el voltaje requerido sin una caída excesiva de voltaje. [35].

### 2.2.11. Datos que toda placa de una electrobomba:

Los sistemas de bombeo son elementos indispensables en la actualidad para cualquier infraestructura, ya sea de uso doméstico o industrial. Fallas en estos sistemas pueden generar desde problemas en el suministro hasta situaciones catastróficas, por lo que garantizar su funcionamiento adecuado es crucial. Para asegurar un control efectivo del mantenimiento, se requiere la implementación de un sistema eficaz que registre todas las intervenciones realizadas en el equipo. [36].

**Tabla 2:** Datos en la placa de una electrobomba [36].

<b>Parámetros</b>			
Modelo:		N°Serie:	
<b>Datos técnicos:</b>			
Caudal:	<b>l/m</b>	Diámetro de salida:	<b>mm</b>
Altura total:	<b>m</b>	Diámetro máximo total:	<b>mm</b>
Potencia:	<b>HP/KW</b>		
Tension:	<b>V</b>		
Frecuencia:	<b>Hz</b>	<b>Cuadro eléctrico:</b>	
Vel giro:	<b>rpm</b>	Modelo:	
Conexión eléctrica:	<b>V</b>	N° Serie:	
Intensidad max.:	<b>A</b>	Arranque:	
		Ajuste protección térmica:	

Con la recopilación de toda la información se pueden generar indicadores de gestión.

- **Disponibilidad**

[37] La disponibilidad es una medida que indica con qué frecuencia el sistema o equipo está en condiciones de operar, garantizando su funcionamiento continuo y sin interrupciones para los usuarios. Se calcula mediante el cociente de MTTF (Mean Time To Failure, tiempo medio hasta la falla) con respecto a MTBF (Mean Time Between Failures, tiempo medio entre fallas), o también como el tiempo de funcionamiento correcto en relación con el tiempo total medido. Esta relación se expresa mediante la siguiente ecuación 1:

$$\text{Disponibilidad} = \frac{MTTF}{MTBF} \quad (1)$$

- **Disponibilidad Operativa (A)**

[37] Las disponibilidades operativas de un equipo o mecanismo se describen como una métrica que revela la proporción de tiempo durante el cual los equipos o sistemas están en funcionamiento activo, en relación con la duración total de un periodo planificado para su operación normal. Esta medida se expresa en porcentajes y se calcula mediante la siguiente ecuación 2:

$$A = \frac{(HL - PP - PR)}{HL} \quad (2)$$

Donde:

HL = Horas Hombre laboradas

PP = Paradas de producción programadas por mantenimientos de cualquier tipo.

PR = Paradas por mantenimiento correctivo (No programadas)

- **Tiempo Promedio para Reparar (MTTR):**

[37] MTTR (Tiempo Medio de Reparación) es una medida que cuantifica la distribución de los tiempos empleados en las reparaciones de vehículos ligeros y semipesados. Este indicador evalúa la eficiencia con la que una unidad puede recuperarse y volver a condiciones operativas óptimas después de haber sido retirada del servicio debido a un fallo durante un periodo específico. Para calcular la MTTR en un intervalo determinado, se divide el total de horas dedicadas a las reparaciones durante ese período entre el número de veces que la máquina experimentó paradas debido a fallos mecánicos en el mismo lapso. La fórmula se expresa como un cociente y se representa de la siguiente manera:

$$MTTR = \frac{\text{(Tiempo total de reparaciones correctivas)}}{\text{(N° de paradas correctivas)}} \quad (3)$$

- **MTBF (Mean time between failures) Tiempo medio entre fallos:**

[37] Este indicador se refiere a la medición del tiempo promedio entre cada instancia de una interrupción particular debido a un fallo, y se representa mediante la siguiente fórmula 4.

$$MTBF = \frac{(\text{Tiempo de operación})}{(\text{N}^\circ \text{ total de fallas})} \quad (4)$$

- **MTTF (Mean time to failure) Tiempo medio hasta que se produce un fallo**

[37] Este indicador es aquel que calcula el tiempo promedio hasta que ocurre un fallo, y se expresa mediante la siguiente ecuación 5:

$$MTBF = \frac{(\text{Tiempo total de funcionamiento correcto})}{(\text{N}^\circ \text{ total de paradas o falla})} \quad (5)$$

### III. Marco metodológico:

#### 3.1. Enfoque, tipo y nivel de investigación

Por sus características se puede concluir que esta tesis posee un enfoque cuantitativo, de tipo aplicado y nivel descriptivo, porque su principal objetivo se enfoca en la utilización de los softwares de la plataforma Siemens para elaborar un sistema SCADA que cualquier empresa dedicada al rubro de saneamiento pueda usar para mejorar su gestión de mantenimiento.

#### 3.2. Tipo de proyecto.

El estudio tiene como finalidad diseñar un sistema SCADA para un sistema de bombeo que permita supervisar y controlar las variables implicadas de dicho sistema, para ello, se emplea diversos programas que puedan validar el diseño propuesto.

#### 3.3. Técnicas e instrumentos.

Para realizar esta tesis se utilizaron técnicas de recolección de datos, revisiones bibliográficas, así como la utilización de Softwares de ingeniería especializados para el diseño de un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.

### **3.4. Población y muestra.**

#### **3.4.1. Población:**

La población abarca todos los sistemas de bombeo y usuarios asociados que podrían beneficiarse de un sistema SCADA para supervisión y mantenimiento preventivo.

#### **3.4.2. Muestra:**

La muestra o unidad de estudio son los sistemas SCADA aplicados en los sistemas de bombeo de agua potable.

### **3.5. Metodología y diseño de la investigación:**

Para seleccionar los componentes se aplica el método de análisis y recolección de datos en la cual se tuvo en cuenta las siguientes funciones: Parámetros del sistema, Estructura de funciones, Requerimientos, Detalles de los equipos y finalmente la selección de equipos. Para determinar los indicadores de mantenimiento que serán proporcionados por el sistema SCADA se utiliza el método de revisión bibliográfica para entender cuáles son las variables más relevantes para la gestión de mantenimiento en un sistema de bombeo.

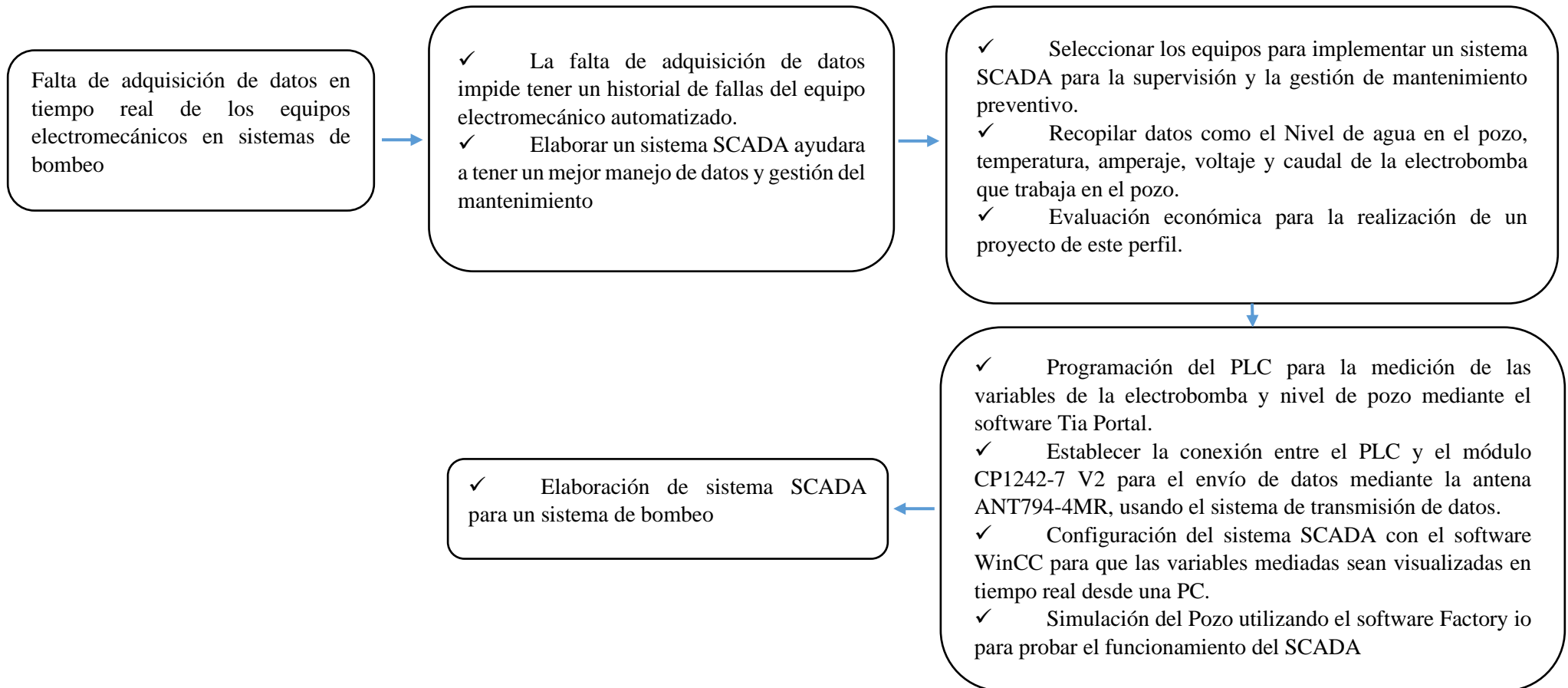
Durante el procedimiento, se emplean los softwares Tia Portal, WinCC para el diseño de la interfaz de visualización que se mostrará al ejecutar el SCADA; en donde se muestra una representación de lo que sería el pozo con sus parámetros de nivel de pozo, presión, flujo del sistema y a su vez parámetros de la electrobomba como la corriente y temperatura, los cuales se observaran en tiempo real.

Además, se usa el método de validación basada en simulación ya que se utilizó el software Factorio para crear un escenario en el que se compruebe el funcionamiento de la configuración SCADA diseñada, asegurando que el sistema sea eficiente, funcional y capaz de cumplir con los requisitos del sistema de bombeo.

Finalmente, se utiliza el método de análisis costos unitarios para evaluar cual sería el presupuesto para implementar un proyecto como este en una empresa que se dedique a este rubro y que tipo de beneficios les traerían.

### **3.6. Diagrama de flujo de la investigación.**

**Figura 1:** Diagrama de flujo de la investigación.



Fuente: Elaboración propia.

### 3.7. Formulación de hipótesis:

**Tabla 3.** Formulación de Hipótesis.

OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL
<p>✓ Diseñar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.</p>	<p>✓ El diseño de un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo permite supervisar y controlar las variables del proceso en tiempo real.</p>
OBJETIVO ESPECIFICO	HIPOTESIS ESPECIFICAS
<p>1) Seleccionar los equipos para implementar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.</p> <p>2) Determinar los indicadores de mantenimiento para implementar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.</p> <p>3) Configurar las pantallas del sistema SCADA mediante la plataforma Siemens para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.</p> <p>4) Probar funcionamiento del sistema SCADA mediante la simulación en el software Factorio.</p> <p>5) Evaluar económicamente la implementación de un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.</p>	<p>1) Existen los equipos necesarios para implementar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.</p> <p>2) Se pueden determinar los indicadores de mantenimiento para implementar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.</p> <p>3) La configuración las pantallas del sistema SCADA mediante la plataforma Siemens para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo se realizó con éxito.</p> <p>4) Se podrá simular el sistema para ver el correcto funcionamiento del SCADA.</p> <p>5) Se aprecia mejoría en la evaluación económica de la implementación de un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.</p>

Fuente: Elaboración propia.

### 3.8. Operacionalización de variables

**Variable independiente:** Sistema SCADA

**Variable dependiente:** Mantenimiento preventivo

**Tabla 4:** Operacionalización de variables.

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Definición operacional</b>	<b>Dimensiones</b>	<b>Indicadores</b>	<b>Escala</b>
Sistema SCADA	Consta de varias aplicaciones de software que se ejecutan en una computadora para controlar y monitorear la producción y permitir la comunicación con un PLC [14].	Para el desarrollo del diseño se medirá la adquisición de datos de manera remota a través de las funciones que posee el módulo CP1242-7 V2, y con la aplicación del software WinCC, se podrán observar las variables junto con alarmas de fallas en un PC.	Equipos	Antenas	Rango
				PLC	costo/beneficio
				Módulo	
				Sensor de nivel	Precisión
			Software	Tia portal	Lenguaje de programación
					WinCC
Mantenimiento preventivo	El monitores y control de las variables de un pozo de agua potable implicaran realizar la programación del PLC mediante el software Tía Portal y posteriormente él envió de estos datos como la temperatura, nivel de pozo, y caudal de producción	Consiguiendo enviar los datos de manera remota y en tiempo real hacia la ubicación deseada conseguiremos un registro de datos continuo tanto de temperatura, nivel de pozo, y caudal de producción de la electrobomba.	Supervisión	Nivel de pozo	m
				Caudal de salida	m <sup>3</sup> /s
				Corriente de la electrobomba	A
			Gestión	Temperatura de electrobomba	°C
				Horas de funcionamiento	hm

Fuente: Elaboración propia.

#### IV. Desarrollo y conclusión:

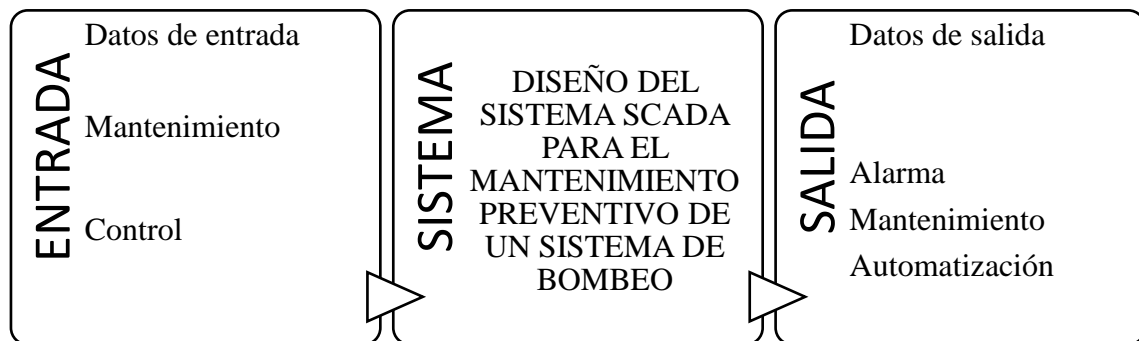
4.1. Seleccionar los equipos para implementar un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.

Para la selección de los equipos para el diseño del sistema SCADA se debe tener en cuenta las siguientes funciones: Parámetros del sistema, Estructura de funciones, Requerimientos, Detalles de los equipos y Selección de equipos.

##### 4.1.1. Parámetro del sistema

El parámetro del sistema se determinará a través del proceso de la “caja negra”, el cual permite identificar las entradas y salidas de la función del sistema SCADA. La figura “2” proporciona una representación visual de esta función del sistema, permitiendo comprender de manera clara y concisa cómo se relacionan las entradas con las salidas del sistema. Este enfoque de caja negra es fundamental para adquirir una comprensión integral del comportamiento del sistema.

**Figura 2:** Caja negra.



Fuente: Elaboración propia.

#### **Entrada:**

**Datos de entrada:** En un sistema de bombeo es los datos de entrada son importantes como: presión, flujo, nivel de líquido, temperatura, etc.

**Control:** Requisitos para supervisar y regular el funcionamiento del sistema de bombeo, como alarmas, registro de eventos, datos.

**Mantenimiento:** Información sobre la condición de los equipos, planificación de mantenimiento, registros de mantenimiento.

**Salida:**

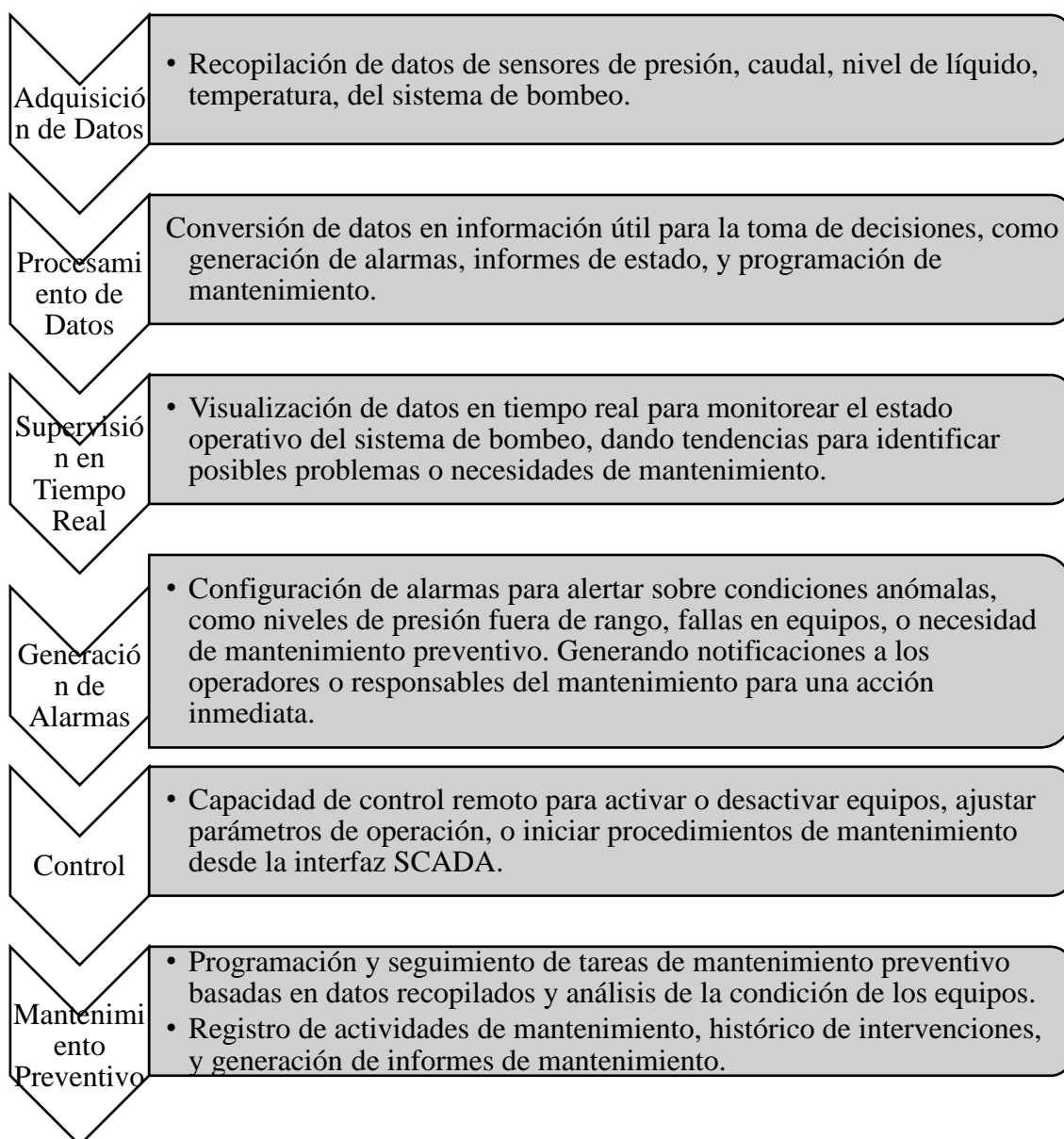
**Datos de salida:** Presentación gráfica de información actualizada sobre el rendimiento del sistema, incluyendo tendencias y análisis comparativos.

**Alarma:** Advertencias emitidas en caso de anomalías en los parámetros operativos o fallos en el sistema, asegurando una respuesta inmediata.

**Automatización:** Capacidad para gestionar el sistema de bombeo de forma remota, ajustar configuraciones de control, permitiendo a los operadores controlar dispositivos y equipos de forma remota mediante comandos desde su interfaz. Esta interfaz puede adaptarse a necesidades específicas con pantallas personalizadas y definición de alarmas.

**4.1.2. Estructura de funciones**

La estructura de funciones describe cómo operara el diseño de nuestro sistema SCADA para supervisar y gestionar el mantenimiento preventivo en sistemas de bombeo. Cubre desde la recolección de datos hasta la gestión de actividades de mantenimiento, asegurando así la operatividad y eficacia del sistema de manera integral

**Figura 3:** Estructura de funciones del diseño SCADA.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.3. Requerimientos

Para empezar con la selección de equipos en el diseño del sistema SCADA se deben definir sus requerimientos, se realizará mediante la lista de exigencias tales como deseos (D) y exigencias (E) de acuerdo con la prioridad asignada, en la tabla 5, se presentan detalladamente:

**Tabla 5:** Lista de exigencias.

## LISTA DE EXIGENCIAS





DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA PARA LA SUPERVISIÓN Y LA GESTIÓN DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO PARA UN SISTEMA DE BOMBEO		
Nº	Exigencia/Deseo	Descripción
1	E	<b>Integración con el sistema de bombeo:</b> El sistema SCADA debe integrarse de manera eficiente con el sistema de bombeo existente sin afectar su funcionamiento normal.
2	E	<b>Acceso remoto:</b> El sistema SCADA debe permitir el acceso remoto a los datos y el control del sistema de bombeo.
3	E	<b>Almacenamiento de datos:</b> El sistema SCADA debe ser capaz de almacenar datos históricos para su análisis y seguimiento.
4	E	<b>Notificaciones:</b> El sistema SCADA debe enviar notificaciones de alarmas en tiempo real en caso de desviaciones o fallas en el sistema de bombeo.
5	E	<b>Seguridad de datos:</b> El sistema SCADA debe garantizar la seguridad y confidencialidad de los datos almacenados y transmitidos.
6	E	<b>Integración con sistemas de control:</b> El sistema SCADA debe ser capaz de integrarse con otros sistemas de control y automatización del sistema de bombeo.
7	E	<b>Compatibilidad con diferentes dispositivos:</b> El sistema SCADA debe ser compatible con diferentes dispositivos y plataformas de hardware y software.
8	E	<b>Fiabilidad y disponibilidad:</b> El sistema SCADA debe ser confiable y disponible en todo momento, garantizando un funcionamiento continuo del sistema de bombeo.
9	E	<b>Escalabilidad:</b> El sistema SCADA debe ser escalable y adaptable a futuras expansiones o actualizaciones del sistema de bombeo.
10	D	<b>Integración con Sistemas de Monitoreo Ambiental:</b> El sistema SCADA debe ser capaz de integrarse con sistemas de monitoreo ambiental para garantizar un funcionamiento seguro y sostenible del sistema de bombeo.
11	D	<b>Integración con Sistemas de Gestión Empresarial:</b> El sistema SCADA debe ser capaz de integrarse con sistemas de gestión empresarial para mejorar la eficiencia y la toma de decisiones en la gestión del sistema de bombeo.

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.4. Detalles de los equipos

Para poder seleccionar los equipos en el diseño del sistema SCADA se presenta a continuación algunos equipos y dependiendo de ello seleccionar la más adecuada, los cuales se analizaron detalladamente en los siguientes conceptos:

**Tabla 6:** Detalles de la antena para la selección del Diseño SCADA.

Antenas				
Detalles	Antena ANT794-4MR	Antena ANT896-6MM	Antena ANT896-4MA	Antena ANT795-4MX
				
Característica	Antena de telefonía móvil ANT794-4MR para 2G/3G/4G UE, redes GSM/UMTS/ LTE EU, antena de varilla; omnidireccional; resistente a la intemperie para interiores y exteriores; 5m cable de conexión unido de forma fija a la antena; conector SMA; incl. escuadra de fijación, tornillos, taco.	Antena de telefonía móvil ANT896-6MM para GSM (2G), UMTS (3G), LTE-EU- (4G) redes, GPS y WLAN 2,4/5 GHz, con homologación E1, característica omnidireccional, incl. 3 rabillos con conector QMA ganancia de la antena: 5/8 dBi, IP69K (-40 ... +85 °C), observar las homologaciones nacionales; volumen de suministro: 1 ANT 896-6MM.	Antena de telefonía móvil ANT896-4MA para redes GSM (2G), UMTS (3G) y LTE(4G); característica omnidireccional, girable radialmente, con articulación adicional, ganancia de la antena: 2 dBi, incl. Conector SMA, IP54 (-40 ... +85 °C), observar las homologaciones nacionales; para montaje directo con sistema de conexión SMA; volumen de suministro: 1 antena de telefonía móvil ANT896-4MA.	Antena ANT795-4MX con omnidireccional característica; con homologación ferroviaria; incl. conector N-Connect male recta de conector: 2/2,5 dBi; IP68/69K (-40 ... +85 °C), WLAN 2,4/5 GHz y redes 5G privadas; observar Wi-Fi Compliance y observar las homologaciones nacionales; montaje directo en equipos SCALANCE dispositivos con sistema de conexión N-Connect; volumen de suministro: 1 ANT795-4MX.

Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Diseño omnidireccional que permite una recepción de señal uniforme en todas las direcciones.</li> <li>-Resistencia a la intemperie para uso en interiores y exteriores.</li> <li>-Cable de conexión de 5m fijo a la antena para facilitar la instalación.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Homologación E1 que garantiza la conformidad con los estándares de la Unión Europea.</li> <li>-Amplio rango de frecuencias para soportar redes GSM, UMTS, LTE, GPS y WLAN.</li> <li>-Alta resistencia a condiciones extremas de temperatura y protección IP69K.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Característica omnidireccional que permite una cobertura de señal en todas las direcciones.</li> <li>-Girable radialmente para ajustar la dirección de la antena.</li> <li>-Conector SMA común y fácil de encontrar en el mercado.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Homologación ferroviaria que garantiza la seguridad y conformidad con los estándares del sector.</li> <li>-Resistencia a condiciones ambientales extremas y protección IP68/69K.</li> <li>- Compatible con redes WLAN 2.4/5 GHz y 5G privadas.</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Limitada ganancia de la antena en comparación con otras opciones.</li> <li>-Conector SMA puede ser menos común en ciertos entornos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ganancia de la antena puede ser moderada en comparación con otras antenas de mayor ganancia.</li> <li>-Necesidad de observar las homologaciones nacionales puede limitar su uso en ciertos países.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ganancia de la antena relativamente baja en comparación con otras opciones.</li> <li>-Protección IP54 puede limitar su uso en entornos extremos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Ganancia de la antena relativamente baja en comparación con otras antenas de mayor ganancia.</li> <li>-Montaje directo en equipos SCALANCE puede limitar su versatilidad de uso en otros dispositivos.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 7:** Detalles del PLC para la selección del Diseño SCADA.

PLC				
Detalles	PLC SIMATIC S7-1200, CPU 1215C, DC/DC/RELE, 14DI/10DO/2AI/2AO - 6ES7215-1HG40-0XB0	PLC SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, DC/DC/relay	PLC SIMATIC S7-1200, CPU 1212C, compact CPU, DC/DC/relay	PLC LOGO 12/24RCE, 12/24VDC. 8DI (4AI DE 0-10V) / 4DO RELE (10A.)
		 <small>Figure similar</small>	 <small>Figure similar</small>	
Característica	El dispositivo cuenta con una memoria integrada de 125 kilobytes y una memoria de carga de 4 megabytes, siendo alimentado por una fuente de 24 voltios de corriente continua. Su tiempo de ejecución para operaciones booleanas es de 0,085 microsegundos por operación. En términos de entradas y salidas, dispone de 14 entradas digitales, 10 salidas digitales (relés), 2 entradas analógicas y 2 salidas analógicas. Además, puede ampliarse mediante la adición de hasta 3 módulos de	El CPU 1214C DC/DC/relay de Siemens, con firmware versión V4.6, requiere una alimentación de 24 V DC, con un rango permitido de 20.4 V a 28.8 V y protección contra polaridad inversa. Tiene un consumo de corriente de 500 mA para la CPU y 1500 mA con todos los módulos de expansión. Con 150 kbyte de memoria de trabajo integrada y 4 Mbyte de memoria de carga, ofrece 14 entradas digitales, 6 de ellas para funciones tecnológicas, y 10 salidas digitales con capacidad de 2 A. Dispone de 2 entradas analógicas con rango de 0 a +10 V y una interfaz PROFINET con	El SIMATIC S7-1200, específicamente el CPU 1212C DC/DC/relay, requiere una alimentación de 24 V DC. ofrece un amplio rango de características destacadas. Con una memoria de trabajo de 100 KB y capacidad de expansión hasta 2 Mbytes, es alimentado por una fuente de 24 V DC y tiene una protección contra polaridad inversa. Ofrece 8 entradas digitales, 6 salidas digitales de relé, y 2 entradas analógicas, así como soporte para comunicación PROFINET IO, PROFIBUS,	El LOGO 12/24RCE es un módulo lógico compacto con alimentación de 12/24VDC y relés, que ofrece 8 entradas digitales (4 analógicas) y 4 salidas digitales. Es modular y expandible, con capacidades Ethernet y un servidor web integrado, lo que permite la creación de páginas web personalizadas. Además, cuenta con funcionalidades como registro de datos y conexión a la nube para proyectos antiguos ejecutables en todas las unidades básicas LOGO 8.3. Incluye una tarjeta

	comunicación, 8 módulos de señal y 1 placa de señal o comunicación. Cabe destacar que las entradas digitales pueden utilizarse como contador de alta velocidad (HSC) con una frecuencia de hasta 100 kilohertz.	detección automática de velocidad de transmisión, autonegociación y autocruzamiento. Además, soporta varios protocolos de comunicación como PROFINET IO, PROFIBUS, OPC UA y MODBUS, e incluye funciones integradas como contador, medición de frecuencia, posicionamiento controlado y controlador PID. Opera en un rango de temperatura de -20 °C a 60 °C y cumple con estándares de protección IP20.	OPC UA y MODBUS. También incluye funciones integradas como contador, medición de frecuencia, posicionamiento controlado y controlador PID. Opera en un rango de temperatura de -20 °C a 60 °C, cumple con estándares de protección IP20, y su tamaño compacto lo hace adecuado para diversas aplicaciones.	microSD estándar para el software LOGO Soft Comfort V8.3 o superior, lo que lo convierte en una solución versátil y adaptable para una variedad de aplicaciones industriales.
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amplia memoria integrada</li> <li>- Ampliable con módulos de comunicación y señal.</li> <li>- Entradas digitales utilizables como contador.</li> <li>- Funciones integradas como contador, medición de frecuencia, posicionamiento controlado, controlador PID</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Amplia memoria de trabajo</li> <li>- Soporte para varios protocolos de comunicación</li> <li>- Funciones tecnológicas</li> <li>- Protección contra polaridad inversa</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Compacto y modular</li> <li>- Ampliable con capacidad de expansión hasta 2 MB</li> <li>- Soporte para comunicación PROFINET IO, PROFIBUS, OPC UA, MODBUS</li> <li>- Funciones integradas como contador, medición de frecuencia, posicionamiento controlado, controlador PID</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Modulares y ampliables</li> <li>- Capacidad Ethernet y servidor web integrado</li> <li>- Registro de datos y conexión a la nube</li> <li>- Tarjeta microSD para software LOGO Soft Comfort V8.3 o superior</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menos entradas y salidas digitales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Consumo de corriente elevada con todos los módulos de expansión</li> <li>- Menos capacidad de memoria de trabajo integrada</li> <li>- Menos entradas y salidas digitales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Menor capacidad de memoria de trabajo integrada</li> <li>- Menos entradas y salidas digitales</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Limitaciones en el número de entradas y salidas digitales</li> <li>- Menos flexibilidad en la expansión</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 8:** Detalles de Los UPS para la selección del Diseño SCADA.





<b>UPS (Sistema de Alimentación Ininterrumpida)</b>				
<b>Detalles</b>	<b>UPS SITOP UPS1600 10 A uninterruptible power supply input: 24 V DC output: 24 V DC/ 10 A</b>	<b>UPS SITOP UPS1600 40 A USB uninterruptible power supply with USB interface input: 24 V DC output: 24 V DC/40 A</b>	<b>UPS SITOP UPS1600 40 A Ethernet/ PROFINET uninterruptible power supply with Ethernet/ PROFINET interface / OPC UA server / web server input: 24 V DC output: 24 V DC/40 A</b>	<b>UPS SITOP UPS1600 EX 20 A uninterruptible power supply input: 24 V DC output: 24 V DC/20 A</b>
<b>Característica</b>	El producto en cuestión es un sistema de alimentación ininterrumpida SITOP UPS1600 con una salida de 10 A y una entrada de 24 V CC. El número de producto es 6EP4134-3AB00-0AY0 y pertenece a la familia de módulos UPS DC SITOP UPS1600. cumple con la directiva RoHS. El consumo de corriente de entrada es de 500 mA solo para la CPU y hasta 1500 mA con todos los módulos de expansión. La corriente de entrada máxima es de 12 A a 28,8 V y la pérdida de potencia máxima es de 12 W. La memoria de trabajo es de 150 kbytes y la memoria de carga es de 4 Mbytes, ampliable con una tarjeta de memoria SIMATIC. Los tiempos de procesamiento de la CPU para operaciones de bits son 0,08 µs, para operaciones de palabras son 1,7 µs y para aritmética de coma flotante son 2,3 µs. El producto dispone de 14 entradas digitales, de las cuales 6 son utilizables	El producto con el número de artículo 6EP4137-3AB00-1AY0 es un sistema de alimentación ininterrumpida SITOP UPS1600 40 A con interfaz USB, que forma parte de la familia de módulos SITOP UPS1600 DC UPS. El producto está actualmente activo y cumple con la directiva RoHS. Tiene entrada y salida de 24 V DC, con una corriente de entrada máxima de 12 A y una pérdida de potencia máxima de 12 W. El dispositivo tiene una memoria de trabajo de 150 kbytes y una memoria de carga de 4 Mbytes, ampliable con un Tarjeta de memoria SIMATIC. Los tiempos de procesamiento de la CPU para operaciones de bits son 0,08 µs, para operaciones de palabras son 1,7 µs y para aritmética de coma flotante son 2,3 µs. El producto dispone de 14 entradas digitales, de las cuales 6 son utilizables para funciones tecnológicas, y 10 salidas digitales con una capacidad	El producto es un sistema de alimentación ininterrumpida SITOP UPS1600 40 A con interfaz Ethernet/PROFINET, servidor OPC UA y servidor web. El producto tiene una entrada y salida de 24 V DC con una corriente de entrada máxima de 12 A y una pérdida de potencia máxima de 12 W. Tiene una memoria de trabajo de 150 kbytes y una memoria de carga de 4 Mbytes, ampliables con un SIMATIC. tarjeta de memoria. Los tiempos de procesamiento de la CPU para operaciones de bits son 0,08 µs, para operaciones de palabras son 1,7 µs y para aritmética de coma flotante son 2,3 µs. El producto dispone de 14 entradas digitales, de las cuales 6 son utilizables para funciones tecnológicas, y 10 salidas digitales con una capacidad de conmutación de 2 A. También dispone de 2 entradas analógicas con un rango de 0 a +10 V.	El sistema de alimentación ininterrumpida SITOP UPS1600 EX 20 A es un producto con el número de producto 6EP4136-3AC00-0AY0, que pertenece a la familia de módulos SITOP UPS1600 DC UPS. Es un producto activo que cumple con la directiva RoHS. El dispositivo proporciona una tensión de salida de 24 V CC con una corriente máxima de 20 A. El dispositivo tiene una memoria de trabajo de 150 kbytes y una memoria de carga de 4 Mbytes, que se puede ampliar con un Tarjeta de memoria SIMATIC. El dispositivo dispone de 14 entradas digitales, de las cuales 6 son utilizables para funciones tecnológicas, y 10 salidas digitales con una capacidad de conmutación de 2 A. El dispositivo también dispone de 2 entradas analógicas con un rango de 0 a +10 V. El dispositivo tiene una interfaz PROFINET con detección

<p>para funciones tecnológicas, y 10 salidas digitales con una capacidad de conmutación de 2 A. El producto también dispone de 2 entradas analógicas con un rango de 0 a +10 V. El producto está fabricado en Austria y tiene una interfaz PROFINET con detección automática de velocidad de transmisión, autonegociación y autocrossing. El producto admite varios protocolos de comunicación como PROFINET IO, PROFIBUS, OPC UA y MODBUS. El producto está clasificado como un producto estándar que puede devolverse dentro del período de devolución y está sujeto a la categoría de obligación de devolución de equipos eléctricos y electrónicos después de su uso. El producto contiene plomo con un CAS-Nr. de 7439-92-1 con una concentración superior al 0,1% (p/p). El número SCIP del producto es de62b7aa-c6b2-4a0f-b70e-83a9ad70b223.</p>	<p>de conmutación de 2 A. El producto también dispone de 2 entradas analógicas con un rango de 0 a +10 V. El producto está fabricado en Austria y tiene una interfaz PROFINET con detección automática de velocidad de transmisión, autonegociación y autocrossing. El producto admite varios protocolos de comunicación como PROFINET IO, PROFIBUS, OPC UA y MODBUS. El producto está clasificado como un producto estándar que puede devolverse dentro del período de devolución y está sujeto a la categoría de obligación de recuperar equipos eléctricos y electrónicos después de su uso. El producto contiene plomo con un CAS-Nr. de 7439-92-1 con una concentración superior al 0,1% (p/p). El número SCIP del producto es 805cb3e8-49b6-49dd-ad1a-8f0e0a0615bc.</p>	<p>El producto está fabricado en Austria. y dispone de interfaz PROFINET con detección automática de velocidad de transmisión, autonegociación y autocrossing. El producto admite varios protocolos de comunicación como PROFINET IO, PROFIBUS, OPC UA y MODBUS. El producto está clasificado como un producto estándar que puede devolverse dentro del período de devolución y está sujeto a la categoría de obligación de recuperar equipos eléctricos y electrónicos después de su uso. El producto contiene plomo con un CAS-Nr. de 7439-92-1 con una concentración superior al 0,1% (p/p). El número SCIP del producto es 38c17883-30fe-4859-9369-d4dfccd33d03.</p>	<p>automática de velocidad de transmisión, autonegociación y autocrossing. El dispositivo admite varios protocolos de comunicación como PROFINET IO, PROFIBUS, OPC UA y MODBUS. El dispositivo está clasificado como un producto estándar que puede devolverse dentro del plazo de devolución y está sujeto a la categoría de obligación de devolución de equipos eléctricos y electrónicos después de su uso. El dispositivo contiene plomo con un CAS-Nr. de 7439-92-1 con una concentración superior al 0,1% (p/p). El número SCIP del dispositivo es c5dd302d-0afa-43d7-9cee-502be8311ea1.</p>	
Ventajas	<p>-El equipo cumple con las restricciones de sustancias peligrosas, lo que garantiza su seguridad y cumplimiento con los estándares ambientales. -Cuenta una memoria de trabajo de 150 kbytes y una memoria de carga de 4 Mbytes, el UPS1600 ofrece una capacidad de almacenamiento suficiente para datos y programas, con</p>	<p>Este producto incluye su alta capacidad de memoria de trabajo y carga, tiempos rápidos de procesamiento de CPU y soporte para varios protocolos de comunicación. El dispositivo también tiene una gran cantidad de entradas y salidas digitales y analógicas, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones. Además, el dispositivo</p>	<p>Este producto incluye su alta capacidad de memoria de trabajo y carga, tiempos rápidos de procesamiento de CPU y soporte para varios protocolos de comunicación. El dispositivo también tiene una gran cantidad de entradas y salidas digitales y analógicas, lo que lo hace adecuado para una amplia gama de aplicaciones. Además, el dispositivo</p>	<p>-Este producto cumple con las restricciones de sustancias peligrosas, garantizando su seguridad y cumplimiento con los estándares ambientales. -Contiene una memoria de trabajo de 150 kbytes y una memoria de carga de 4 Mbytes, el dispositivo ofrece capacidad de almacenamiento suficiente para datos y programas,</p>

	<p>la opción de ampliación mediante una tarjeta de memoria SIMATIC.</p> <p>-Soporte para múltiples protocolos de comunicación, Compatible con PROFINET IO, PROFIBUS, OPC UA y MODBUS, este UPS facilita la integración con una amplia variedad de sistemas de control y monitoreo.</p>	<p>cuenta con una interfaz PROFINET con detección automática de velocidad de transmisión, auto negociación y auto cruzamiento, lo que garantiza una comunicación confiable con otros dispositivos.</p>	<p>cuenta con una interfaz PROFINET con detección automática de velocidad de transmisión, autonegociación y autocruzamiento, lo que garantiza una comunicación confiable con otros dispositivos. El dispositivo también cuenta con un servidor OPC UA y un servidor web, que permite una fácil integración en sistemas de automatización industrial y monitoreo y control remotos.</p>	<p>con la opción de ampliación mediante una tarjeta de memoria SIMATIC.</p> <p>-Compatible con PROFINET IO, PROFIBUS, OPC UA y MODBUS, este dispositivo facilita la integración con una amplia variedad de sistemas de control y monitoreo.</p>
Desventajas	<p>-Pérdida de potencia, con una pérdida de potencia máxima de 12 W, este UPS puede generar cierta cantidad de calor adicional, lo que podría requerir una adecuada disipación térmica en el entorno de instalación.</p> <p>-El producto contiene plomo con una concentración superior al 0,1% (p/p), lo que puede plantear preocupaciones ambientales y de salud en su manejo y disposición adecuados.</p> <p>-Debido a su amplia gama de funciones y capacidades, la configuración inicial y la integración en un sistema existente pueden requerir un conocimiento técnico y tiempo adicionales.</p>	<p>Este producto incluye su alto contenido de plomo, lo que puede ser motivo de preocupación para algunos usuarios. Además, la corriente de entrada máxima del dispositivo de 12 A puede no ser suficiente para algunas aplicaciones de alta potencia. Finalmente, el precio del dispositivo puede ser una preocupación para algunos usuarios, ya que es más caro que otras fuentes de alimentación ininterrumpida del mercado.</p>	<p>Las desventajas de este producto incluyen su alto contenido de plomo, lo que puede ser motivo de preocupación para algunos usuarios. Además, la corriente de entrada máxima del dispositivo de 12 A puede no ser suficiente para algunas aplicaciones de alta potencia. Finalmente, el precio del dispositivo puede ser una preocupación para algunos usuarios, ya que es caro que otras fuentes de alimentación ininterrumpida del mercado.</p>	<p>-Consumo de corriente elevado de 20 A, este dispositivo puede generar un consumo significativo de energía, lo que puede aumentar los costos operativos y la carga en el sistema de alimentación.</p> <p>-Pérdida de potencia, este dispositivo genera cierta cantidad de calor adicional debido a su pérdida de potencia, lo que puede requerir una adecuada disipación térmica en el entorno de instalación.</p> <p>-El dispositivo contiene plomo con una concentración superior al 0,1% (p/p), lo que puede plantear preocupaciones ambientales y de salud en su manejo y disposición adecuados.</p> <p>4- Debido a su amplia gama de funciones y capacidades, la configuración inicial y la integración en un sistema existente pueden requerir un conocimiento técnico y tiempo adicionales.</p>

Fuente: Elaboración propia.

Figura 4: Detalles de los módulos para la selección del Diseño SCADA.

<b>Módulos</b>				
<b>Detalles</b>	<b>CP 1242-7 GPRS V2</b>	<b>CP 1243-8 IRC</b>	<b>CP 1243-1</b>	<b>CP 1243-7 LTE EU</b>
				
Característica	<p>El equipo CP 1242-7 V2, que es un comunicador inalámbrico (Communications Processor) de Siemens para conectar dispositivos SIMATIC S7-1200 a redes GSM/GPRS.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Soporta comunicación GPRS con velocidad máxima de descarga de 86 kbps y de subida de 43 kbps.</li> <li>-Tiene 1 interfaz para antena externa y 1 terminal de alimentación de 24 VDC.</li> <li>-Incluye 1 ranura para tarjeta SIM.</li> <li>-Soporta tecnologías inalámbricas GSM en bandas de 850, 900, 1800 y 1900 MHz.</li> <li>- Consumo máximo de 0.22 A a 24 VDC.</li> <li>-Rango de temperatura de operación de -20°C a +60°C.</li> <li>- Dimensiones compactas de 30 x 100 x 75 mm.</li> </ul>	<p>El CP 1243-8 IRC, es un procesador de comunicaciones de Siemens para operar un SIMATIC S7-1200 en el sistema Telecontrol Professional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Tiene 1 interfaz Ethernet de 10/100 Mbps y 1 interfaz serie de 0.3 a 115.2 kbps.</li> <li>-Consumo de 0.1 A a 24 VDC externos y 0.25 A a 5 VDC del bus del S7-1200.</li> <li>- Rango de temperatura de operación de -20°C a +60°C.</li> <li>- Dimensiones compactas de 30 x 110 x 75 mm.</li> <li>-Soporta protocolos de telecontrol como DNP3, IEC 60870-5 y SINAUT ST7.</li> <li>-Permite conexión a sistemas SCADA compatibles con SINAUT ST7.</li> <li>-Respalda datos localmente en caso de fallas de comunicación (64,000 eventos).</li> </ul>	<p>El módulo CP 1243-1:</p> <p><b>Interfaz Ethernet:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Número de interfaces: 1</li> <li>- Velocidad de transferencia: 10 a 100 Mbit/s</li> <li>- Tipo de conexión: Puerto RJ45</li> </ul> <p><b>Alimentación:</b> Tensión de alimentación: 5 VDC y Consumo típico de corriente: 0,25 A</p> <p><b>Potencia disipada:</b> 1,25 W</p> <p><b>Condiciones ambientales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Temperatura de funcionamiento: - 20 °C a +60 °C (instalación vertical)</li> <li>- Humedad relativa máxima: 95% a 25 °C sin condensación</li> </ul> <p><b>Diseño y dimensiones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Formato: Módulo compacto S7-1200 de anchura simple</li> <li>- Anchura: 30 mm, Altura: 110 mm, Profundidad: 75 mm</li> <li>- Peso neto: 0,122 kg</li> </ul>	<p>El producto CP 1243-7 LTE EU, un procesador de comunicaciones de Siemens para conectar controladores SIMATIC S7-1200 a redes LTE en el rango de frecuencias europeo. Los puntos más importantes son:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>-Tasas de transferencia: Downlink máx. 42 Mbit/s, Uplink máx. 5,76 Mbit/s</li> <li>-Interfaces: 1 para antena externa, 1 para alimentación, 1 slot para tarjeta SIM</li> <li>-Tecnología inalámbrica soportada: GSM, UMTS, LTE</li> <li>- Frecuencias soportadas: GSM 900/1800 MHz, UMTS 900/2100 MHz, LTE 800/1800/2600 MHz</li> <li>- Alimentación: 24 VDC, consumo típico 0,1 A, máx. 0,22 A</li> <li>- Rango de temperatura de operación: -20 a 60°C (montaje vertical)</li> </ul>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Acceso web al CPU, configuración de puntos de datos y monitoreo.</li> <li>-Soporta comunicación vía SMS y GPRS.</li> <li>-Capacidad de 10 usuarios/números de teléfono definidos.</li> <li>- Conexión a sistemas SCADA a través de interfaz OPC.</li> <li>- Respaldo de eventos en caso de pérdida de conexión.</li> <li>-Requerimientos de software: Configuración a través de STEP 7 Basic/Professional.</li> <li>-Certificaciones y seguridad: Aprobación para zonas peligrosas, transmisión de datos encriptada y protección por contraseña.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>-Máximo de 500 puntos de datos por estación.</li> <li>-Soporta comunicación por sondeo o espontánea.</li> <li>-Requiere SINAUT ES V5.5 y STEP 7 V13 SP1 o superior.</li> <li>- Incorpora firewall, VPN con varios algoritmos de cifrado y autenticación.</li> <li>-Protección por contraseña, transmisión de datos cifrada.</li> <li>-Soporta cliente y servidor MSC vía GPRS con VPN.</li> </ul>	<p><b>Funcionalidades:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Soporte de protocolos de telecontrol: DNP3, IEC 60870</li> <li>- Funciones de seguridad: Firewall, VPN</li> <li>- Número máximo de conexiones VPN: 8</li> <li>- Sincronización horaria vía NTP y NTP seguro</li> </ul> <p><b>Información ambiental:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Declaración medioambiental de producto disponible</li> <li>-Potencial de efecto invernadero total: 89,58 kg CO2 eq</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Comunicación abierta: Conexiones máx. como CPU</li> <li>- Telecontrol: Conexión a sistema SCADA vía OPC, soporte para protocolos DNP3 e IEC 60870-5</li> <li>- Diagnóstico: Online con SIMATIC STEP 7, diagnóstico basado en web</li> <li>- Seguridad: Firewall, VPN IPsec, protección por contraseña, cifrado de datos.</li> </ul>
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El CP 1242-7 GPRS V2 permite la conexión de dispositivos SIMATIC S7-1200 a redes GSM/GPRS, facilitando la comunicación remota de manera eficiente.</li> <li>- Cuenta una velocidad máxima de descarga de 86 kbps y de subida de 43 kbps, ofrece una comunicación rápida y efectiva.</li> <li>- La presencia de una interfaz para antena externa mejora la calidad de la señal y la conectividad.</li> <li>-Facilita la instalación y gestión de la tarjeta SIM para la comunicación inalámbrica.</li> <li>-Permite el acceso web al CPU, la configuración de puntos de datos y el</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El CP 1243-8 IRC cuenta con una interfaz Ethernet de 10/100 Mbps y una interfaz serie de 0.3 a 115.2 kbps, lo que permite una amplia gama de opciones de conectividad.</li> <li>- El rango de temperatura de operación de -20°C a +60°C hace que el CP 1243-8 IRC sea adecuado para una variedad de entornos.</li> <li>- El CP 1243-8 IRC soporta protocolos de telecontrol como DNP3, IEC 60870-5 y SINAUT ST7, lo que lo hace compatible con una amplia gama de sistemas de telecontrol.</li> <li>- La capacidad de conexión a sistemas SCADA compatibles con SINAUT ST7 permite una integración sencilla con sistemas SCADA existentes.</li> </ul>	<p>El módulo CP 1243-1 cuenta con una interfaz Ethernet de 10 a 100 Mbit/s, lo que permite una conexión rápida y eficiente a redes Ethernet.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- El módulo CP 1243-1 puede funcionar en un rango de temperatura de -20 °C a +60 °C, lo que lo hace adecuado para una variedad de entornos.</li> <li>- El módulo CP 1243-1 soporta protocolos de telecontrol como DNP3 e IEC 60870, lo que lo hace compatible con una amplia gama de sistemas de telecontrol.</li> <li>- El módulo CP 1243-1 incorpora funciones de seguridad como</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Con tasas de transferencia de hasta 42 Mbit/s en downlink y 5,76 Mbit/s en uplink, el CP 1243-7 LTE EU ofrece una comunicación rápida y eficiente.</li> <li>- Permite la conexión de controladores SIMATIC S7-1200 a redes LTE en el rango de frecuencias europeo, lo que facilita la comunicación en entornos industriales.</li> <li>- Incorpora funciones de seguridad como firewall, VPN IPsec, protección por contraseña y cifrado de datos, garantizando la integridad y confidencialidad de la comunicación.</li> <li>- Permite la conexión a sistemas SCADA vía OPC, con soporte para protocolos DNP3 e IEC 60870-5,</li> </ul>

<p>monitoreo remoto, lo que facilita la gestión a distancia.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La capacidad de conexión a sistemas SCADA a través de interfaz OPC amplía las posibilidades de integración y monitoreo.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El respaldo de datos local en caso de fallas de comunicación garantiza la integridad de los datos y la continuidad de la comunicación.</li> <li>- El soporte de cliente y servidor MSC vía GPRS con VPN permite una comunicación segura y remota.</li> </ul>	<p>firewall y VPN, lo que proporciona una seguridad adicional.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- La declaración medioambiental de producto disponible proporciona información sobre el impacto ambiental del módulo CP 1243-1.</li> </ul>	<p>facilitando la integración con sistemas de control y monitoreo.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Ofrece diagnóstico online con SIMATIC STEP 7 y diagnóstico basado en web, lo que facilita la supervisión y resolución de problemas de manera remota.</li> </ul>
<p>Desventajas</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- A pesar de su velocidad de transferencia decente, podría no ser suficiente para aplicaciones que requieren velocidades de comunicación más altas.</li> <li>- Requiere configuración a través de STEP 7 Basic/Professional, lo que puede implicar un proceso de configuración más detallado.</li> <li>- La capacidad de 10 usuarios/números de teléfono definidos puede ser limitante en entornos con múltiples usuarios o necesidades de comunicación.</li> <li>- Aunque opera en un rango de temperatura amplio, es importante considerar que no es apto para entornos extremadamente fríos o calurosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- La comunicación por sondeo o espontánea puede ser menos eficiente en comparación con otras formas de comunicación en algunas aplicaciones.</li> <li>- Las dimensiones compactas pueden ser una ventaja en términos de espacio, pero también pueden limitar la capacidad de expansión o actualización en el futuro.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Solo admite un máximo de 8 conexiones VPN, lo que puede ser limitante en aplicaciones que requieren una mayor cantidad de conexiones.</li> <li>- Solo admite dos entradas analógicas, lo que puede ser limitante en aplicaciones que requieren una mayor cantidad de entradas analógicas.</li> <li>- El módulo CP 1243-1 no admite comunicación por sondeo o espontánea, lo que puede ser limitante en aplicaciones que requieren este tipo de comunicación.</li> <li>- El módulo requiere software específico como STEP 7 V18 o superior, lo que puede implicar costos adicionales y una configuración más compleja.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- El CP 1243-7 LTE EU tiene restricciones en el número máximo de conexiones simultáneas, esto podría limitar su uso en entornos con alta demanda de conexiones.</li> <li>- La configuración y mantenimiento de las conexiones VPN y otros aspectos de seguridad pueden requerir conocimientos técnicos avanzados, lo que podría ser una barrera para usuarios menos experimentados.</li> <li>- Dado que el módulo requiere una interfaz para antena externa, la calidad de la señal y la conectividad podrían depender de la ubicación y la calidad de la antena utilizada.</li> <li>- La implementación de tecnología LTE y las funciones avanzadas de seguridad pueden implicar un costo inicial más alto en comparación con soluciones de comunicación convencionales.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.




**Tabla 9:** Detalles de los caudalímetros para la selección del Diseño SCADA.

<b>CAUDALÍMETROS</b>			
<b>Detalles</b>	<b>SITRANS FM MAG 8000</b>	<b>SIEMENS MAG5000 y MAG6000</b>	<b>KROHNE OPTIFLUX 1100</b>
			
Característica	<p>- Caudalímetro electromagnético alimentado por batería para aplicaciones de agua, aguas residuales y procesos industriales.</p> <p>- Permite la medición precisa y fiable del caudal en tuberías llenas.</p> <p>- Diseñado para proporcionar una larga duración de la batería de hasta 10 años.</p> <p><b>Características técnicas:</b>  Principio de medición: Electromagnético  Alimentación: Batería de litio de larga duración (hasta 10 años)  Grado de protección: IP68 (inmersión temporal)  Rango de temperatura de operación: -20 a +60°C</p> <p><b>Materiales:</b>  - Revestimiento: PTFE  - Electrodo: Acero inoxidable  Tamaños de conexión: DN 25 a DN 300  Precisión: ±0.5% del valor de medición</p> <p><b>Comunicación:</b>  - HART  - PROFIBUS PA  - FOUNDATION Fieldbus</p> <p><b>Aplicaciones</b>  - Medición de agua, aguas residuales y fluidos de proceso industriales  - Especialmente adecuado para instalaciones remotas sin alimentación eléctrica</p> <p><b>Certificados y homologaciones</b></p>	<p>- Caudalímetros electromagnéticos para la medición precisa de caudal en aplicaciones de agua, aguas residuales y procesos industriales.</p> <p>- Disponibles en dos modelos: MAG5000 (versión básica) y MAG6000 (versión avanzada).</p> <p>- Permiten la medición de caudal en tuberías llenas de manera fiable y sin obstrucciones.</p> <p><b>Características técnicas:</b>  Principio de medición: Electromagnético  Rango de tamaños: DN 2.5 a DN 2000</p> <p><b>Comunicación:</b>  - MAG5000: RS485, HART  - MAG6000: PROFIBUS DP, FOUNDATION Fieldbus, HART</p> <p><b>Alimentación:</b>  - MAG5000: 100-230 VAC, 24 VDC  - MAG6000: 100-230 VAC, 24 VDC, batería</p> <p>Grado de protección: IP67 (NEMA 4X)  Rango de temperatura de operación: -20 a +60°C</p> <p><b>Materiales:</b>  - Revestimiento: Liner de PTFE, PFA, Hard Rubber, etc.  - Electrodo: Acero inoxidable, Hastelloy, Titanio  - Carcasa: Aluminio, Acero inoxidable</p> <p><b>Aplicaciones:</b>  - Medición de caudal en agua, aguas residuales, lodos, líquidos corrosivos, etc.  - Adecuados para una amplia gama de aplicaciones industriales</p>	<p>- Caudalímetro electromagnético compacto y económico, diseñado con montaje tipo wafer.</p> <p>- Adecuado para medición de caudal en aplicaciones de agua, aguas residuales y procesos industriales.</p> <p>- Solución de fácil instalación, especialmente en espacios reducidos.</p> <p><b>Características técnicas:</b>  Modelo: OPTIFLUX 1100  Principio de medición: Electromagnético  Rango de tamaños: DN 10 a DN 300  Precisión de medición: ±0.5% del valor de medición  Repetibilidad: ±0.2% del valor de medición  Comunicación: HART, PROFIBUS DP, FOUNDATION Fieldbus  Alimentación: 100-230 VAC, 24 VDC  Grado de protección: IP67 (NEMA 4X)  Rango de temperatura de operación: -20 a +60°C</p> <p><b>Materiales:</b>  - Revestimiento: PTFE, PFA, Hard Rubber  - Electrodo: Acero inoxidable, Hastelloy, Titanio  - Carcasa: Aluminio, Acero inoxidable</p> <p><b>Aplicaciones:</b>  - Medición de caudal en agua, aguas residuales, efluentes y fluidos industriales.  - Especialmente adecuado para instalaciones compactas y con espacio limitado.  - Aplicaciones de tratamiento de agua y procesos industriales.</p>

	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Grado de protección IP68 para inmersión temporal</li> <li>- Certificado para uso en atmósferas potencialmente explosivas (opcional)</li> </ul> <p><b>Accesorios y opciones</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Convertidor de señal remoto</li> <li>- Pantalla local</li> <li>- Bridas, uniones y otros accesorios de conexión</li> <li>- Programa de configuración y diagnóstico</li> </ul>	<p><b>Certificados y homologaciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Certificado ATEX para uso en atmósferas potencialmente explosivas</li> <li>- Certificado para aplicaciones sanitarias y de alimentos</li> <li>- Aprobaciones para uso en agua potable</li> </ul> <p><b>Accesorios y opciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Convertidor de señal remoto</li> <li>- Pantalla local</li> <li>- Soportes, bridas y accesorios de montaje</li> <li>- Software de configuración y diagnóstico</li> </ul>	<p><b>Certificados y homologaciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Certificado ATEX para uso en áreas peligrosas.</li> <li>- Aprobaciones para agua potable y aplicaciones alimentarias.</li> </ul> <p><b>Accesorios y opciones:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Convertidor de señal remoto.</li> <li>- Pantalla local.</li> <li>- Accesorios de montaje y conexión a proceso.</li> <li>- Software de configuración y diagnóstico.</li> </ul>
Ventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Fácil instalación y puesta en marcha</li> <li>- Bajo mantenimiento gracias a la alimentación por batería</li> <li>- Precisión y fiabilidad de la tecnología electromagnética</li> <li>- Opciones de comunicación para integración en sistemas de control.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Medición precisa y fiable sin partes móviles</li> <li>- Fácil instalación y puesta en marcha</li> <li>- Bajo mantenimiento</li> <li>- Opciones de comunicación para integración en sistemas de control</li> <li>- Versión con alimentación por batería (MAG6000)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Diseño compacto y de fácil instalación tipo wafer.</li> <li>- Elevada precisión y repetibilidad de la tecnología electromagnética.</li> <li>- Opciones de comunicación digital para integración en sistemas de control.</li> <li>- Bajo mantenimiento y sin piezas móviles.</li> <li>- Amplio rango de tamaños para adaptarse a diferentes tuberías.</li> </ul>
Desventajas	<ul style="list-style-type: none"> <li>- A pesar de ser de bajo mantenimiento, el reemplazo de la batería y cualquier mantenimiento adicional pueden implicar costos adicionales a lo largo del tiempo.</li> <li>- El proceso de reemplazo de la batería puede requerir detener la operación del caudalímetro, lo que puede afectar la continuidad en la medición del caudal en aplicaciones críticas.</li> <li>- Aunque es opcional, el certificado para uso en atmósferas potencialmente explosivas puede implicar requisitos adicionales de seguridad y mantenimiento en entornos peligrosos.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Desventaja de los caudalímetros electromagnéticos MAG5000 y MAG6000 podría ser su costo inicial relativamente alto en comparación con otros tipos de medidores de caudal.</li> <li>- Debido a su principio de medición electromagnética, estos caudalímetros pueden ser sensibles a interferencias electromagnéticas externas, lo que podría afectar la precisión de la medición en entornos con altos niveles de interferencia.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Al requerir una alimentación de 100-230 VAC o 24 VDC, puede limitar su instalación en entornos donde la disponibilidad de energía sea un desafío.</li> <li>- Con un rango de tamaños de DN 10 a DN 300, puede no ser adecuado para aplicaciones que requieran la medición de caudal en tuberías de diámetros fuera de este rango.</li> <li>- Aunque ofrece opciones de comunicación como HART, PROFIBUS DP y FOUNDATION Fieldbus, la configuración y mantenimiento de estas interfaces pueden requerir conocimientos técnicos adicionales.</li> <li>- Su diseño tipo wafer puede limitar su instalación en ciertos entornos o requerir adaptaciones especiales en sistemas existentes.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia.

**Tabla 10:** Detalles de los sensores digitales de nivel para la selección del Diseño SCADA.

Sensores digitales de nivel			
Detalles	LR725L	Sensores de nivel SS634	Serie 36XW
			
Característica	<p>El medidor de nivel ultrasónico LR725L, los aspectos más destacados son:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rango de medición: El medidor tiene un amplio rango de medición de 1 m a 50 m, con opciones para 5 m, 10 m, 15 m, 20 m, 30 m, 40 m y 50 m.</li> <li>2. Precisión y resolución: La precisión está entre <math>\pm 0,5\%FS</math> y <math>\pm 1,0\%FS</math>, con una resolución de 3 mm o <math>\pm 0,1\%</math> (lo que sea mayor).</li> <li>3. Señales de salida: El medidor proporciona una salida analógica de 4-20 mA CC y salidas de relé opcionales (canal único con 2 grupos o canal dual con 4 grupos). También dispone de interfaces de comunicación opcionales RS232 o RS485.</li> <li>4. Fuente de alimentación: La fuente de alimentación estándar es de 220 VCA, con configuraciones opcionales de 24 VCC, 12 VCC, 9 VCC y alimentadas por batería disponibles.</li> </ol>	<p>Este es un sensor de nivel que opera en un bucle de corriente de 4-20 mA, diseñado para su uso en el suministro de agua:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rango de medición: El sensor puede medir niveles de agua dentro de un rango específico, probablemente en metros o pies.</li> <li>2. Señal de salida: La salida del sensor es una señal de 4-20 mA, que es un estándar común en la instrumentación industrial. Esta señal es proporcional al nivel de agua medido.</li> <li>3. Aplicación: Este sensor está diseñado específicamente para ser utilizado en sistemas de suministro de agua municipal, donde se necesita monitorear y controlar los niveles de los tanques de agua.</li> <li>4. Materiales y construcción: El sensor probablemente está fabricado con materiales resistentes a la corrosión y al agua, como acero inoxidable o plásticos resistentes, para soportar las condiciones ambientales de una aplicación de suministro de agua.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. La interfaz RS485 se puede combinar con la interfaz analógica</li> <li>2. La interfaz analógica se puede configurar mediante la interfaz RS485 (reducción)</li> <li>3. Protocolo Modbus RTU para valores de proceso y configuración</li> <li>4. Excelente estabilidad a largo plazo</li> <li>5. Para muchos años de funcionamiento sin mantenimiento.</li> </ol> <p><b>Tecnología</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Sensor de presión piezorresistivo aislado y encapsulado</li> <li>2. Transductor de presión de alta calidad y compensación matemática probada</li> </ol>

<p>5. Clasificaciones ambientales: la carcasa del indicador tiene una clasificación IP65, la carcasa del convertidor es IP65 y la sonda tiene una clasificación IP68, lo que le permite trabajar en entornos hostiles.</p> <p>6. Longitud del cable de la sonda: El cable de la sonda puede tener hasta 100 m de largo sin interferencias electromagnéticas, con una longitud estándar de 10 m para el tipo separado.</p> <p>7. Instalación: El medidor está disponible en tipos integrados y separados, lo que permite opciones de instalación flexibles.</p> <p>8. Aplicaciones: El LR725L es adecuado para medir niveles de líquidos, lodos y sólidos en una amplia gama de aplicaciones industriales, como tratamiento de agua, industria química y fabricación de maquinaria.</p>	<p>5. Montaje: El sensor puede montarse de diferentes maneras, como en la pared del tanque o sumergido en el agua, dependiendo de los requisitos de la aplicación.</p> <p>6. Compatibilidad: Es probable que este sensor pueda integrarse fácilmente con sistemas de control y monitoreo existentes en las plantas de tratamiento de agua, ya que la señal de 4-20 mA es ampliamente compatible.</p> <p>7. Precisión y repetibilidad: El sensor debe proporcionar lecturas precisas y confiables del nivel de agua para una efectiva gestión del suministro de agua.</p> <p>8. Certificaciones y aprobaciones: Podría estar certificado para su uso en aplicaciones de agua potable o cumplir con los requisitos de seguridad y desempeño relevantes.</p>	<p>3. Carcasa robusta de acero inoxidable</p> <p><b>Aplicaciones Típicas</b></p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Medición de presión hidrostática</li> <li>2. Medición de nivel: aguas subterráneas, aguas superficiales</li> <li>3. Medición de nivel de llenado: tanques de agua, tanques de combustible</li> </ol>
<p>Ventajas</p> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ofrece un amplio rango de medición de 1 a 50 metros, lo que lo hace versátil para diversas aplicaciones.</li> <li>2. Proporciona una salida analógica de 4-20 mA CC y opciones de salidas de relé, junto con interfaces de comunicación RS232 o RS485, lo que facilita la integración con otros sistemas.</li> <li>3. Ofrece diversas opciones de fuente de alimentación, desde 220 VCA estándar hasta configuraciones de 24 VCC, 12 VCC, 9 VCC y alimentación por batería, adaptándose a diferentes entornos.</li> <li>4. Permite cables de hasta 100 metros sin interferencias electromagnéticas, con una longitud estándar de 10 metros, lo que facilita la instalación en diversas configuraciones.</li> <li>5. Adecuado para medir niveles de líquidos, lodos y sólidos en diversas industrias como tratamiento de agua, industria química y fabricación de maquinaria.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. El sensor puede medir niveles de agua dentro de un amplio rango, lo que lo hace versátil para diversas aplicaciones.</li> <li>2. El sensor está fabricado con materiales resistentes a la corrosión y al agua, lo que garantiza durabilidad en aplicaciones de suministro de agua.</li> <li>3. El sensor se puede montar de varias maneras, lo que permite versatilidad en la instalación.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alta precisión y estabilidad a largo plazo</li> <li>2. Bajos requisitos de mantenimiento</li> <li>3. Soporte para varias interfaces, incluidas RS485 y salida analógica</li> <li>4. Capacidades de monitoreo y control en tiempo real</li> <li>5. Amplia gama de soluciones de medición de presión</li> </ol>

---

Desventajas	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Después de un tiempo de funcionamiento prolongado, puede requerir mantenimiento regular para garantizar la precisión de las mediciones.</li> <li>2. La instalación del medidor de nivel ultrasónico de abrazadera externa fija requiere personal altamente capacitado, lo que puede aumentar los costos y la complejidad de implementación.</li> <li>3. El manejo inadecuado del agente de acoplamiento puede causar cambios en la precisión de la medición, lo que requiere atención y cuidado durante la instalación y el mantenimiento.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Con el tiempo, el sensor puede requerir mantenimiento regular para garantizar lecturas precisas y confiables.</li> <li>2. La instalación adecuada del sensor puede requerir conocimientos o experiencia especializados, lo que aumenta los costos de implementación.</li> <li>3. Posicionamiento del sensor: La posición del sensor puede afectar la precisión de la medición, lo que requiere mantenimiento y ajuste regulares.</li> <li>4. El sensor puede requerir una configuración cuidadosa durante la instalación, incluida la comprensión de las condiciones del sitio y las posibles fuentes de interferencia.</li> </ol>	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Alto costo inicial para algunos dispositivos</li> <li>2. Puede requerir conocimientos o experiencia especializados para la instalación y el mantenimiento.</li> <li>3. Algunos dispositivos pueden ser sensibles a las condiciones ambientales, como la temperatura o la humedad.</li> </ol>
-------------	---	--	--

---

Fuente: Elaboración propia.

#### 4.1.5. Selección de equipos

La antena más adecuada para nuestro trabajo de investigación en el Diseño de un sistema SCADA sería la Antena ANT896-4MA. Esta antena tiene una característica omnidireccional, lo que significa que puede recibir señales de todas las direcciones, lo que es ideal para un sistema SCADA que requiere una cobertura de señal completa. Además, con articulación adicional que lo hace más práctico para ser ubicado en diversas zonas. También es resistente a condiciones ambientales extremas, IP54 (−40 ... +85 °C), lo que la hace ideal para su uso en entornos exteriores y propensos a la intemperie. Además, es compatible con redes GSM (2G), UMTS (3G) y LTE(4G), lo que la hace adecuada para su uso en un sistema SCADA que requiere una conexión confiable y segura. Por último, la Antena ANT896-4MA tiene un conector Conector SMA, que es común en el mercado y fácil de encontrar, lo que facilita su integración en el sistema SCADA.

Figura 5: Antena ANT896-4MA



Fuente: Tomado de (SIEMENS, 2022).

Los PLC mencionados en la tabla 7 la información dada es apto para diferentes aplicaciones, pero el que me parece más apropiado para el trabajo de investigación sobre el diseño de un sistema SCADA para la supervisión y gestión del mantenimiento preventivo de un sistema de bombeo es el de la serie SIMATIC S7-1200, concretamente el CPU 1214C DC/DC/relé. Incluye funciones integradas como contadores, medición de frecuencia, posicionamiento controlado y controladores PID, que son útiles para monitorear y controlar sistemas de bombeo. Además, el SIMATIC S7-1200 CPU 1214C DC/DC/relé tiene una interfaz PROFINET con detección automática de la velocidad de transmisión, lo que permite una comunicación rápida y confiable con otros dispositivos

del sistema. También admite la redundancia de medios, lo que puede ayudar a garantizar la disponibilidad del sistema.

Figura 6: PLC SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, compact CPU, DC/DC/relay.



Fuente: Tomado de (SIEMENS, 2022).

Para acompañar al PLC en este tipo de instalación será necesario contar con un módulo extra de entradas analógicas para controlar y supervisar todas las variables que se requieren, en este caso la selección adecuada será el SIMATIC S7-1200, analog I/O SM 1234, que cuenta con 4 entradas analógica para que se coloquen las variables de caudal, presión, nivel de agua y frecuencia.

Figura 7: SIMATIC S7-1200, analog I/O SM 1234.



Fuente: Tomado de (SIEMENS, 2022).

Para el trabajo de investigación en el diseño de un sistema SCADA la más adecuada es el equipo UPS SITOP UPS1600 40 A Ethernet/PROFINET. Esta opción ofrece varias ventajas que se alinean con los requisitos de tu proyecto:

- Este UPS está equipado con una interfaz Ethernet/PROFINET, lo que facilita la conexión y la comunicación con otros dispositivos en tu sistema SCADA. Esto es crucial para la integración sin problemas de tu sistema de supervisión y control.
- La presencia de un servidor OPC UA y un servidor web en este UPS proporciona una interfaz conveniente para la supervisión remota y el control del sistema. Esto es fundamental para tu aplicación de SCADA, ya que te permite acceder a los datos y controlar el sistema desde ubicaciones remotas de manera eficiente.
- Este UPS es compatible con varios protocolos de comunicación, incluidos PROFINET IO, PROFIBUS, OPC UA y MODBUS. Esta versatilidad te permite integrar fácilmente el UPS en el sistema SCADA y comunicar con otros dispositivos en la red.

Figura 8: UPS1600 40 A Ethernet/ PROFINET.



Fuente: Tomado de (SIEMENS, 2022).

Para la selección del módulo en nuestro trabajo de investigación, la más adecuada es el CP 1242-7 V2.

- Soporta comunicación GPRS con velocidad máxima de descarga de 86 kbps y de subida de 43 kbps.
- Tiene 1 interfaz para antena externa y 1 terminal de alimentación de 24 VDC, Incluye 1 ranura para tarjeta SIM.
- Soporta tecnologías inalámbricas GSM en bandas de 850, 900, 1800 y 1900 MHz.
- Consumo máximo de 0.22 A a 24 VDC.

Figura 9: CP 1242-7 V2.



Fuente: Tomado de (SIEMENS, 2022).

Para la selección del caudalímetro según las características y especificaciones de los tres caudalímetros presentados en la tabla 9, el SITRANS FM MAG 8000 sería el más adecuado. Su batería de larga duración, hasta 10 años, garantiza un mantenimiento y un tiempo de inactividad mínimos. Además, SITRANS FM MAG 8000 admite varios protocolos de comunicación como HART, PROFIBUS PA y FOUNDATION Fieldbus, lo que permite una fácil integración con sistemas SCADA.

Figura 10: Caudalímetro con batería electromagnético SITRANS FM MAG 8000.



Fuente: Tomado de (SIEMENS, 2018).

El equipo más adecuado sería el transmisor de nivel Serie 36XW de Keller Druck. Este dispositivo ofrece alta precisión y estabilidad a largo plazo, lo que lo hace ideal para monitorear y controlar los niveles de agua en un sistema de bombeo. Además, la Serie 36XW admite varias interfaces, incluidas RS485 y salida analógica, que pueden integrarse fácilmente con sistemas SCADA para monitoreo y control en tiempo real. El dispositivo también cuenta con una robusta carcasa de acero inoxidable, lo que garantiza durabilidad en entornos hostiles.

Figura 11: Sensor de Nivel Serie 36XW.



**Variador de velocidad SD500:**

Los variadores de baja tensión de la serie SD500 de Power Electronics son la elección perfecta cuando se requieren convertidores de frecuencia para motores que tienen una potencia nominal entre 0,75 kW y 90 kW. Estos dispositivos ofrecen una alta precisión, admiten varios protocolos de comunicación, garantizan una eficiencia óptima y cuidan de manera exhaustiva el motor. En definitiva, la serie SD500 de variadores proporciona una solución altamente competitiva para una amplia gama de presupuestos y aplicaciones industriales.

Figura 12: Variador de velocidad SD500



Fuente: Tomado de (Power Electronics, 2010)

**Tia Portal V16:**

TIA Portal es una suite de software desarrollada por Siemens que se utiliza para programar PLCs (Controladores Lógicos Programables) y HMI (Interfaces Hombre-Máquina). Este software es altamente versátil y se emplea para integrar una amplia variedad de componentes en sistemas industriales, a cubrir desde el control de maquinaria en fábricas hasta proyectos de automatización en el ámbito de la domótica. La premisa fundamental de TIA Portal es consolidar todas estas funcionalidades en un solo entorno de programación, incluyendo herramientas como SIMATIC STEP 7, SIMATIC WinCC y SINAMICS Startdrive.

4.2. Determinar los indicadores de mantenimiento que serán proporcionados por el sistema SCADA.

Una vez que se instale el sistema SCADA en las empresas de saneamiento según sea necesario, será posible analizar diversos parámetros clave, como el amperaje y la temperatura de las electrobombas. El mantenimiento se llevará a cabo de manera eficiente mediante alarmas generadas por el software SCADA. Estas alertas permitirán programar intervenciones en el equipo con el fin de realizar mantenimiento preventivo y evitar posibles fallas que puedan interrumpir la producción de agua en el pozo.

Una de las maneras en las que puede presentarse una falla en la electrobomba es por el consumo excesivo de corriente del motor, Aunque el motor puede funcionar con una sobrecarga del 15%, una demanda excesiva de corriente indica un mal funcionamiento en alguna parte del sistema que debe solucionarse. Este desequilibrio de corriente se produce cuando cada fase del motor requiere corrientes diferentes. Esto indica que las bobinas del motor pueden estar dañadas o pueden ser diferentes.

El desequilibrio de corriente se calcula a partir de las mediciones de corriente para cada fase utilizando la siguiente fórmula:

$$DBI = \frac{\max((\max(Ia, Ib, Ic) - I_{prom}), (I_{prom} - \min(Ia, Ib, Ic)))}{I_{prom}}$$

DBI = Desequilibrio de amperaje

I A = Amperaje de la fase A (A).

I B = Amperaje de la fase B (A).

I C = Amperaje de la fase C (A).

I prom = Amperaje promedio de todas las fases (A).

Presión del sistema: La presión del sistema de bombeo es crucial para garantizar un flujo constante y eficiente de agua a través de las tuberías. Un descenso repentino de la presión puede indicar una obstrucción en las tuberías o un mal funcionamiento de las bombas. Monitorizar la presión en diferentes puntos del sistema permite identificar

rápidamente estos problemas y tomar medidas correctivas antes de que se produzcan daños mayores.

**Flujo de agua:** El flujo de agua a través de las bombas es un indicador importante de su rendimiento. Un flujo reducido puede indicar un desgaste de las bombas o una obstrucción en las tuberías. Supervisar el flujo de agua permite detectar estos problemas a tiempo y programar mantenimientos preventivos para evitar fallos en el sistema de bombeo.

**Nivel de agua:** Mantener un control preciso del nivel de agua en los tanques o en el mismo pozo del que se extrae el agua es fundamental para evitar desbordamientos o niveles insuficientes que puedan dañar las bombas. Un sistema SCADA puede monitorear constantemente el nivel de agua y activar alarmas en caso de que se detecten niveles anormales, permitiendo una intervención rápida y eficaz para evitar daños en el sistema.

**Temperatura de los motores:** La temperatura de los motores de las bombas es un indicador importante de su estado de funcionamiento. Un aumento repentino de la temperatura puede indicar problemas de lubricación o refrigeración que pueden dañar los motores. Monitorizar la temperatura de los motores permite detectar estos problemas a tiempo y programar mantenimientos preventivos para evitar fallos en las bombas. En general, las electrobombas suelen tener límites de temperatura especificados por el fabricante. Estos límites pueden variar dependiendo del tipo de bomba, el diseño y los materiales utilizados en su construcción. Por ejemplo, para muchas bombas centrífugas estándar, las temperaturas de funcionamiento normales suelen estar entre 0°C y 40°C.

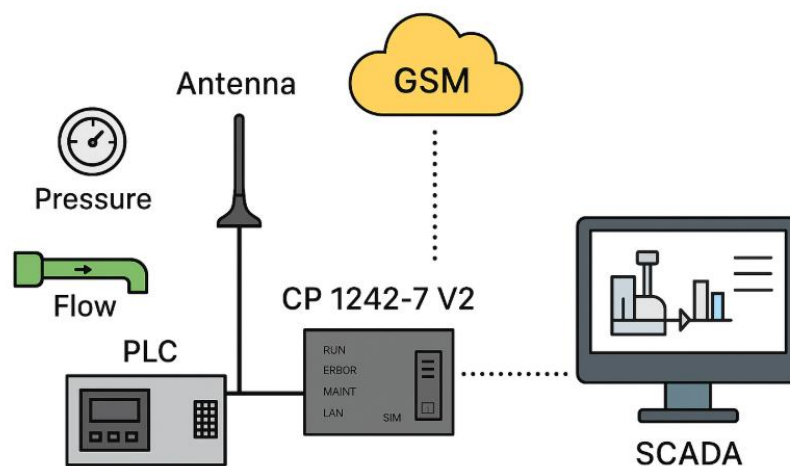
**Alarmas y eventos:** Registrar y notificar cualquier alarma o evento que indique un mal funcionamiento o una condición anormal en el sistema de bombeo es fundamental para una gestión eficaz del mantenimiento. Las alarmas pueden incluir desde sobrecalentamientos en los motores hasta caídas repentinas de presión en el sistema, permitiendo una respuesta rápida y eficaz para evitar daños en el sistema de bombeo.

#### 4.3. Como se conecta el sistema SCADA al punto de supervisión.

Flujo de comunicación:

1. Sensores/actuadores en el pozo → conectados al PLC S7-1200, que recibe las señales (nivel, presión, caudal, corriente, temperatura, etc.).
2. El módulo CP 1242-7 V2 se conecta al PLC por bus de comunicación (backplane). Este módulo funciona como Gateway GPRS, usando una tarjeta SIM de un operador móvil (Claro, Movistar, Entel, etc.).
3. La antena ANT896-4MA amplifica la señal GSM/GPRS para que el CP1242-7 se comuniquen con la red celular.
4. El CP1242-7 envía los datos del PLC a través de GPRS (internet móvil) hacia un servidor SCADA/HMI definido.,
  - Directamente la IP pública de tu PC en el punto de supervisión.
5. En tu computadora, se instala el software SCADA (TIA Portal + WinCC Runtime Advanced).
  - El PC se conecta al CP1242-7 por VPN o APN privada del operador, o por una IP pública asignada.
  - Desde ahí puedes visualizar tu HMI.

Figura 13: Flujo de comunicación



Fuente: Elaboración propia

- 4.4. Configurar las pantallas del sistema SCADA mediante la plataforma Siemens para la supervisión y control remoto de los equipos electromecánicos en un sistema de bombeo.

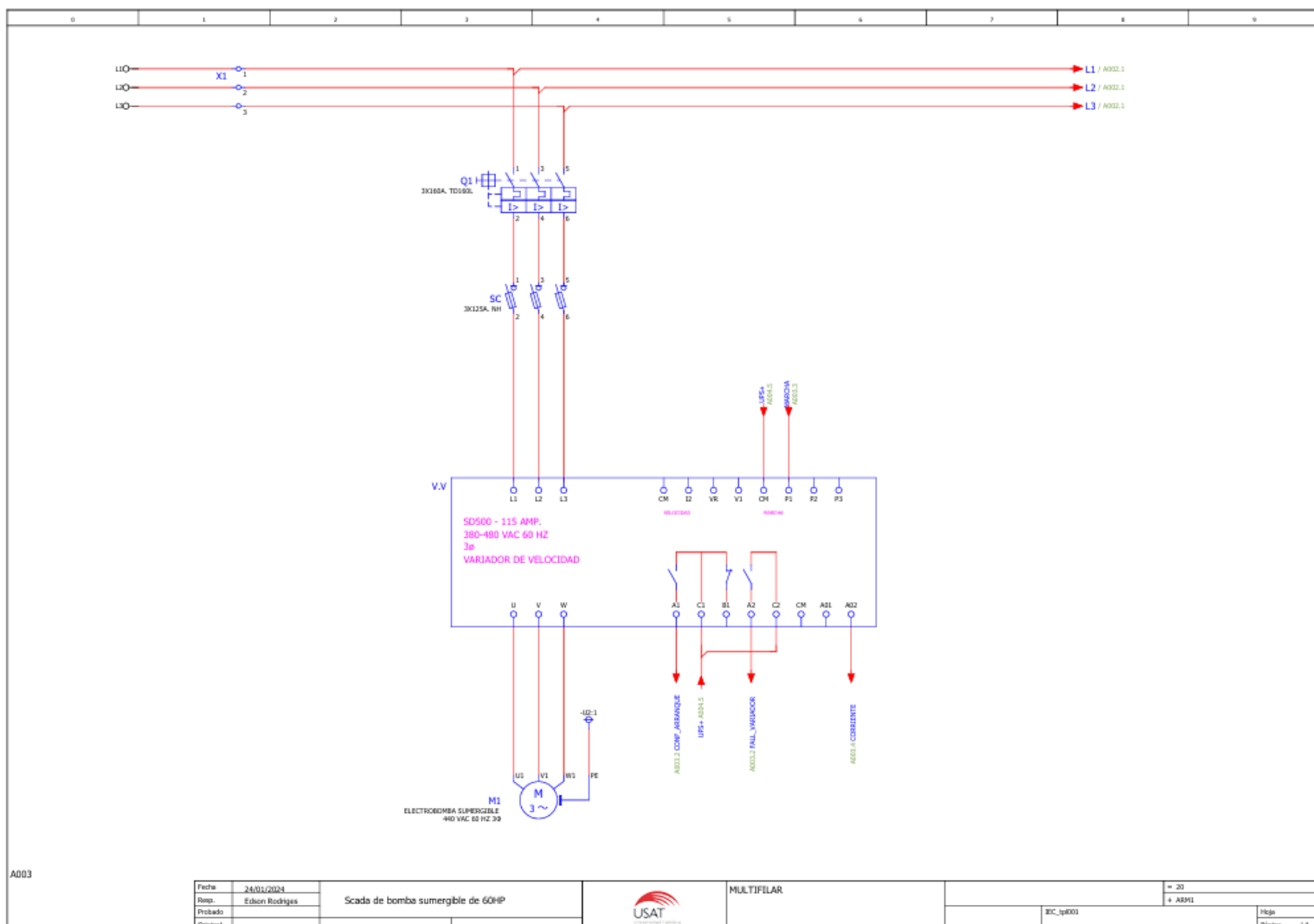
#### 4.4.1. Diagramas eléctricos:

En la etapa inicial, se llevará a cabo la creación de planos detallados que describen las conexiones y dispositivos necesarios para instalar el sistema SCADA, utilizando un software de ingeniería. Este paso resulta fundamental para ofrecer a las empresas interesadas en adoptar dicho sistema una representación visual clara y comprensible de los diversos componentes que constituirán el sistema. La utilización de este software garantiza una precisión técnica y una representación gráfica de alta calidad, lo que facilita la interpretación de los detalles incluso para aquellos menos familiarizados con la tecnología. Este enfoque tiene como objetivo no solo simplificar la implementación del sistema, sino también asegurar una comprensión uniforme entre los diversos profesionales involucrados en el proyecto.

##### 4.4.1.1. Diagrama Fuerza de la bomba:

En la figura “14” se observa el plano del circuito de fuerza de la bomba en la que se puede apreciar el variador de velocidad, la electrobomba(motor), fusibles y guardamotor como protección y también las respectivas entradas y salidas que vienen del PLC al variador de velocidad, esto con el fin de controlar cuando empezara a funcionar la bomba y también si en el caso exista una falla se enviara una señal al PLC.

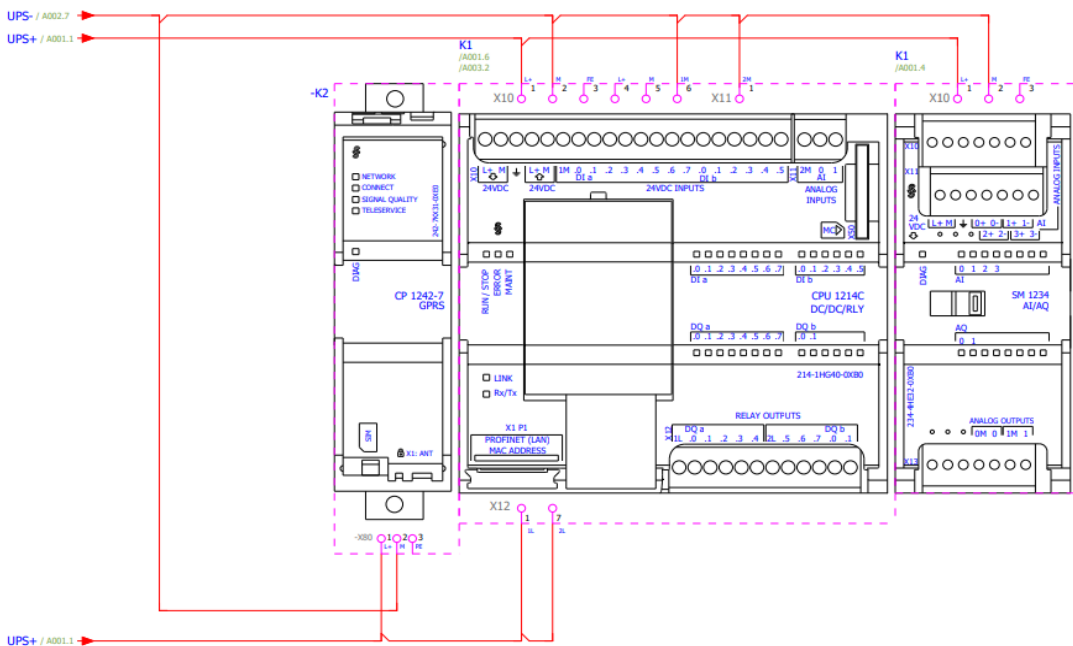
Figura 14: Circuito de fuerza de la bomba




## 4.4.1.2. Resumen de PLC:

En la figura “15” se muestra la alimentación del PLC y el módulo CP 1242-7 V2 que viene del UPS y también el módulo de las entradas analógicas extras que se tuvo que implementar para el monitoreo de las todas las variables deseadas.

Figura 15: Alimentación del PLC

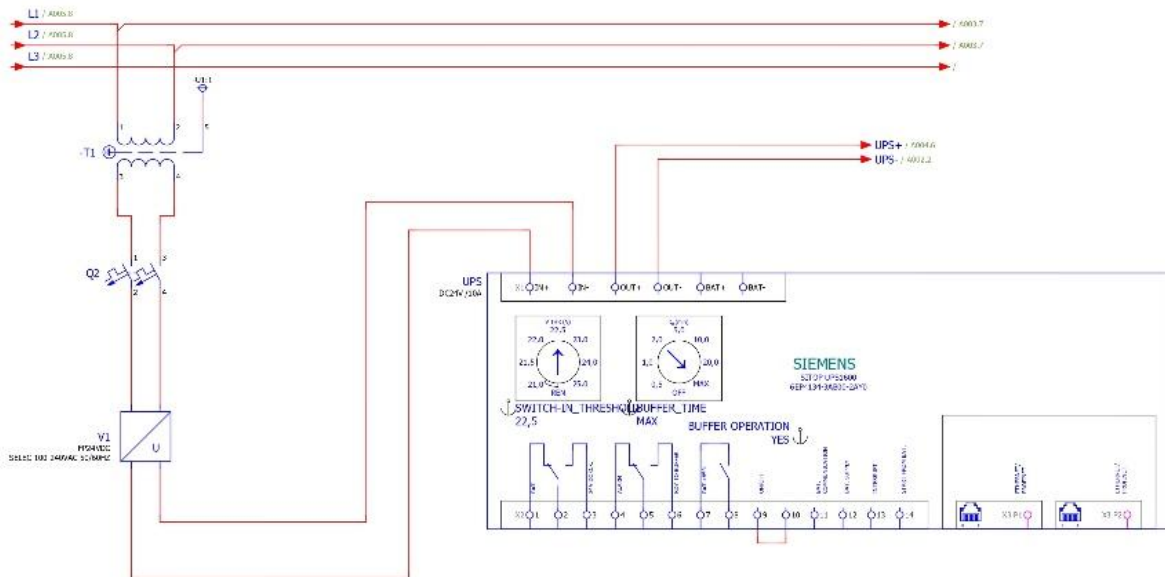


Fecha	24/01/2024	Scada de bomba sumergible de 60HP		RESUMEN DE PLC	REC-tp001	= 20 + ARM1	Hoja Página / 4
Resp.	Edson Rodrigues						
Probado							
Original							

#### 4.4.1.3. Alimentación 24VDC:

En la figura “16” se muestra inicialmente el transformador que convierte 440V a 220V corriente alterna y luego pasa por la fuente de alimentación que transforma 220V a 24VDC que posteriormente se conectara al UPS para que este dispositivo distribuya la corriente de manera estabilizada y continua a los diferentes equipos que se quieran conectar.

Figura 16: Alimentación 24VDC

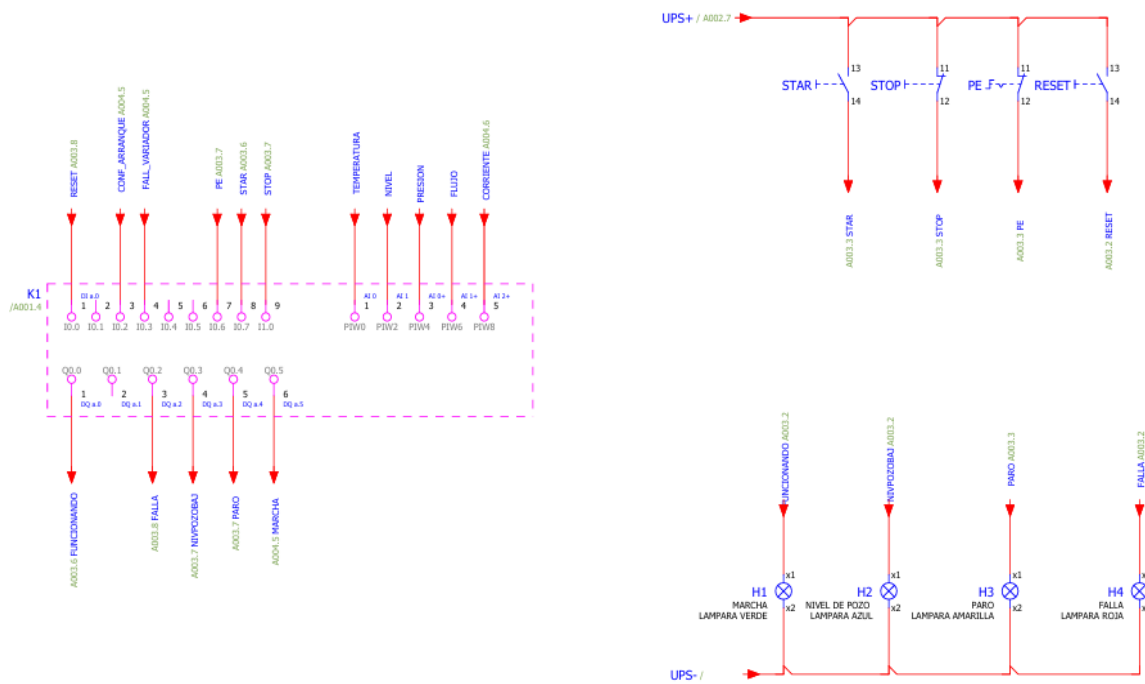


PROYECTO	24/03/2014	Sociedad de bomba sumergible de GOIP		ALIMENTACION 21VDC	IEC_0000	= 28	4 4390	KOP	= 27
PROYECTANTE	Edson Rodríguez								

#### 4.4.1.4. Entradas y salidas adicionales PLC:

En la figura “17” se muestran todas las entradas y salidas analógicas y digitales que ingresan al PLC y al módulo extra que se utilizara las cuales nos permitirán leer y recopilar la información de los sensores para poder visualizarlo en el SCADA, también se muestran los pulsadores que se están utilizando de manera local al igual que las lámparas.

Figura 17: Entradas y salidas adicionales PLC



Fecha	24/01/2024	Scada de bomba sumergible de 60HP		ENTRADAS Y SALIDAS ADICIONALES	= 20		A004
Resp.	Edison Rodriguez				+ ARM1		
Prabado					IEC_t001		Hoja
Original					Página		/ 4

Tabla 11 Entradas digitales PLC

PLC SIEMENS	
ENTRADA	DEFINICION
0.0	Reiniciar
0.2	Confirmación de arranque
0.3	Falla variador
0.6	Parada de emergencia
0.7	Marcha de electrobomba
1.0	Parada de electrobomba

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 12** Entradas analógicas PLC

PLC SIEMENS	
ENTRADA	DEFINICION
PIW0	Temperatura electrobomba
PIW2	Nivel de pozo
PIW4	Presión de electrobomba
PIW6	Flujo electrobomba
PIW8	Corriente de la electrobomba

Fuente: Elaboración propia

**Tabla 13** Salidas digitales PLC

PLC SIEMENS	
SALIDA	DEFINICION
Q0.0	Marcha (Lampara verde)
Q0.2	Falla sistema (Lampara roja)
Q0.3	Nivel de pozo (Lampara azul)
Q0.4	Sistema en paro (Lampara amarilla)
Q0.5	Sistema funcionando (Lampara verde)

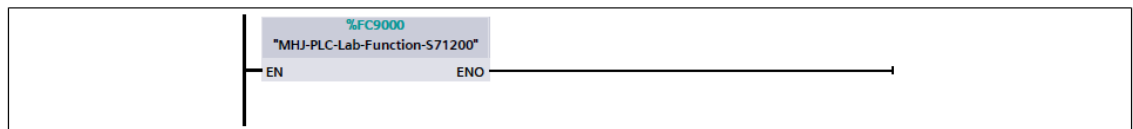
Fuente: Elaboración propia

#### 4.4.2. Configuración PLC

Segmento 1: En este segmento nos centramos netamente en la comunicación del Tia Portal con el software Factorio mediante el bloque de programación “MHJ-PLC-Lab-Function-S71200” en cual nos brinda la página online de Factorio.

Figura 18 Segmento 1 Tia Portal

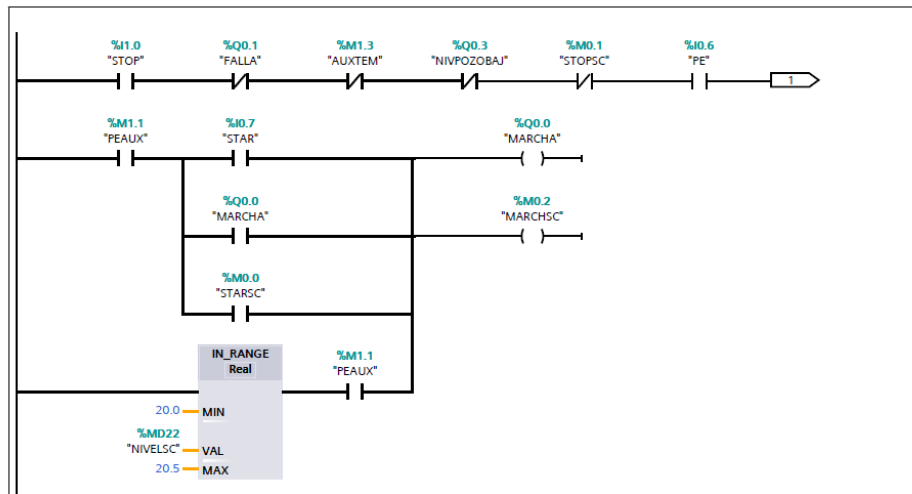
Segmento 1:



Elaboración Propia

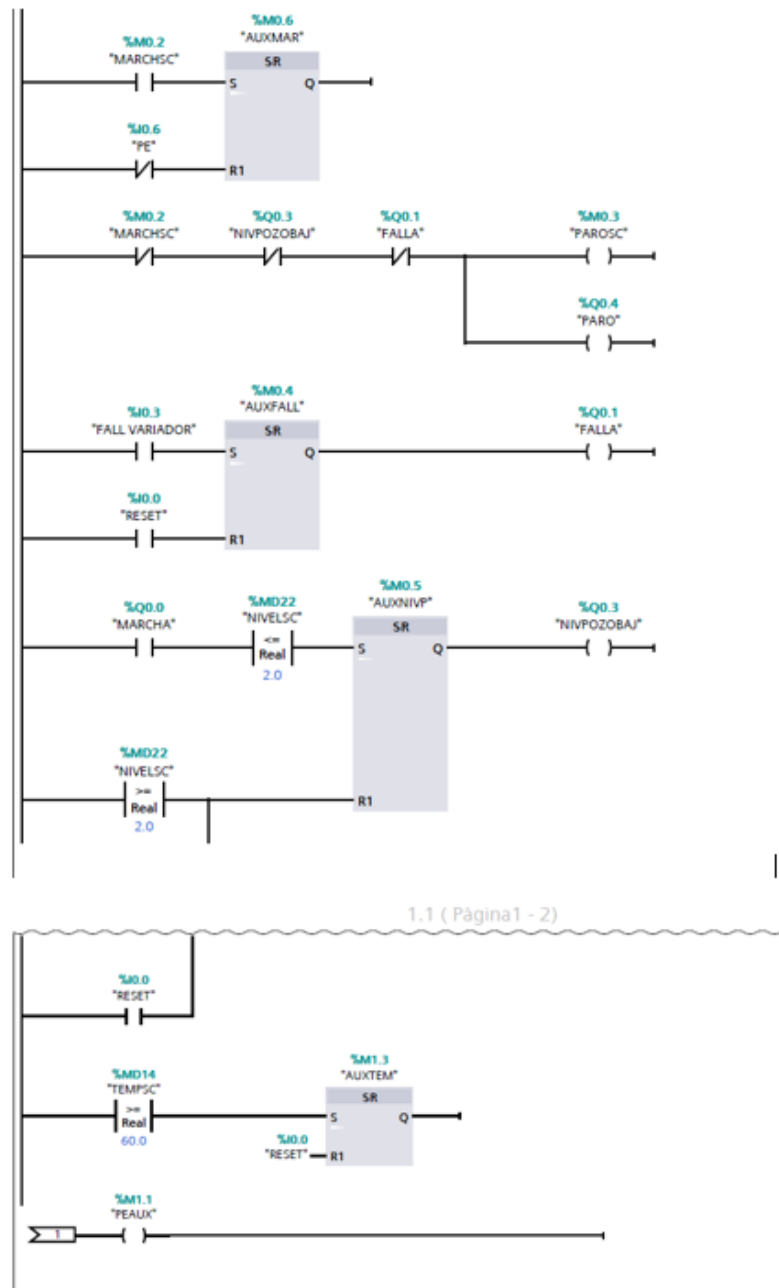
Segmento 2: En este segmento se programó la configuración de cuándo se va activa la bomba y cuando se va a detener, teniendo en cuenta un parámetro de nivel Max/min y también se tuvieron en cuenta las fallas que se pueden presentar en la electrobomba como el sobrecalentamiento, nivel de pozo bajo o fallo en el variador por sobre corriente.

Figura 19 Segmento 2 Tia Portal



Elaboración Propia

Figura 20 Segmento 2 Tia Portal

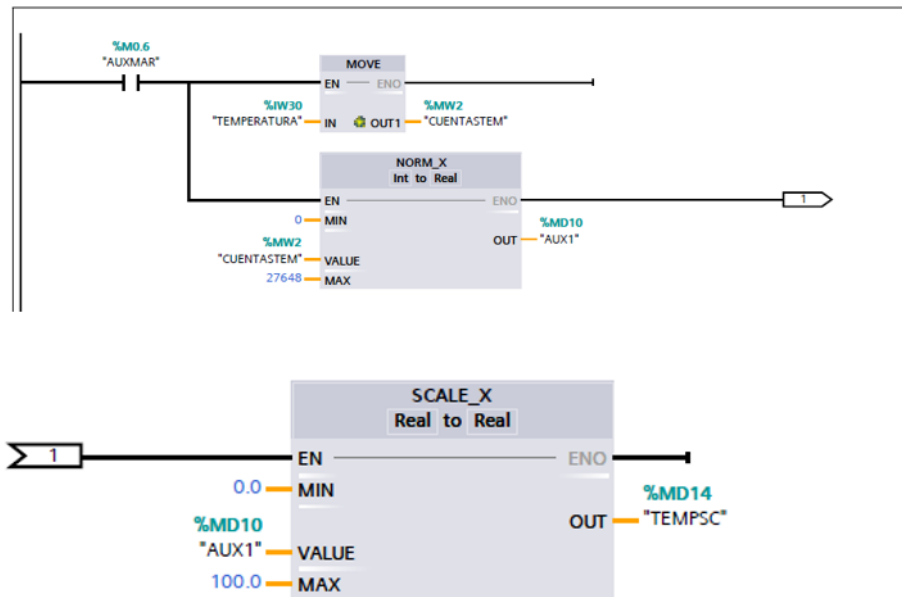


Elaboración Propia

Segmento 3: En el segmento 3 se ve la entrada de los sensores de temperatura, nivel, presión, flujo y corriente; en el cual primero colocamos la opción “MOVE” con lo cual el valor que se tiene en el “ IN “ lo tendrá también la salida analógica asignada; después pasamos a transformar los valores de 0 (min) a 27648 (max) en un equivalente de 0 a 1 con ayuda de la opción “ NORM\_X ” luego escalamos ese valor de entre 0 y 1 hacia

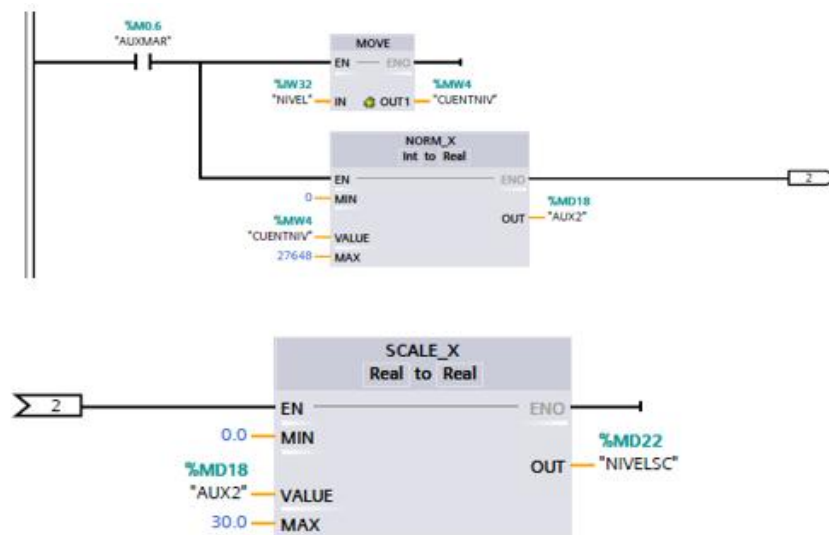
un valor real correspondiente entre el mínimo y máximo asignado con la función “SCALE\_X”.

Figura 21 Escalado de variable temperatura



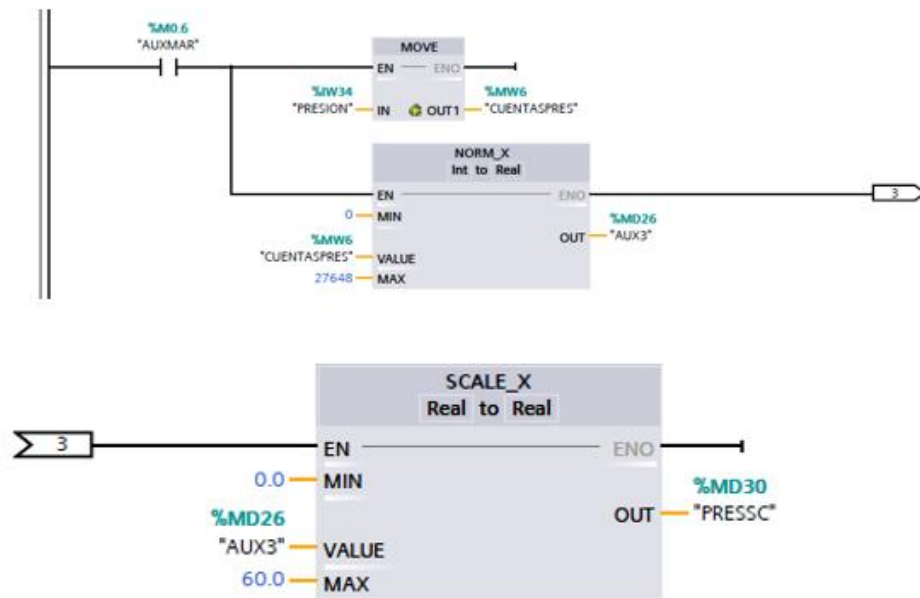
Elaboración Propia

Figura 22 Escalado de variable Nivel



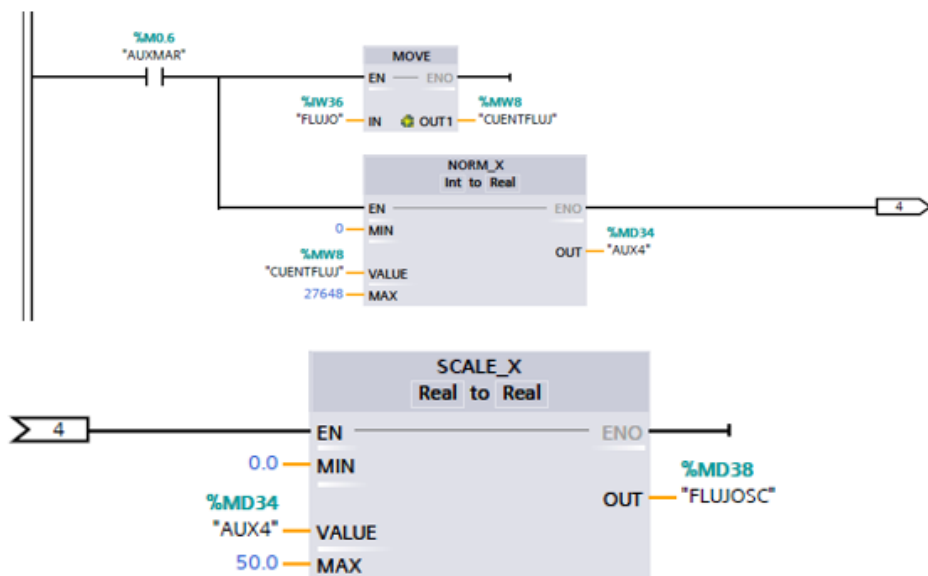
Elaboración Propia

Figura 23 Escalado variable Presión



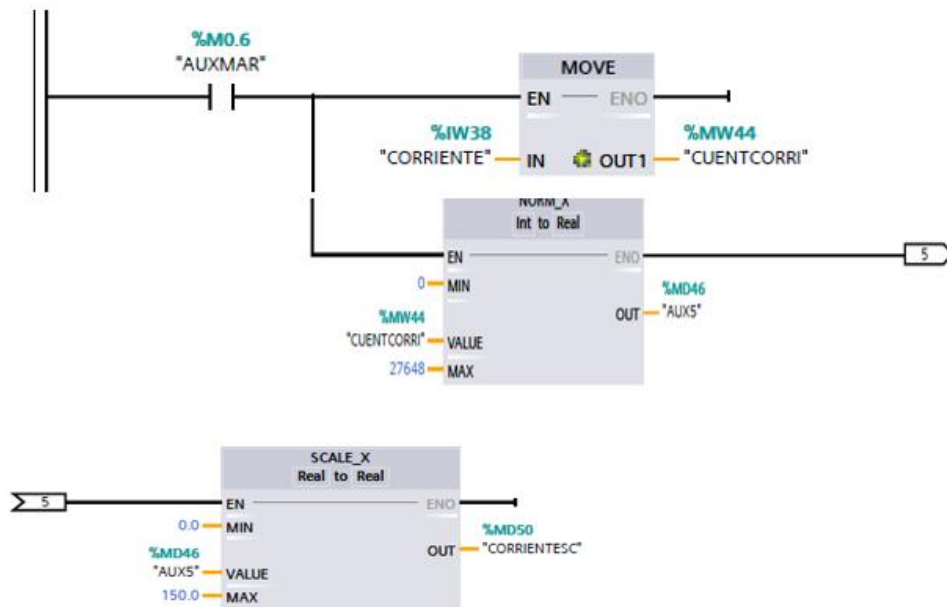
Elaboración Propia

Figura 24 Escalado de la variable Flujo



Elaboración Propia

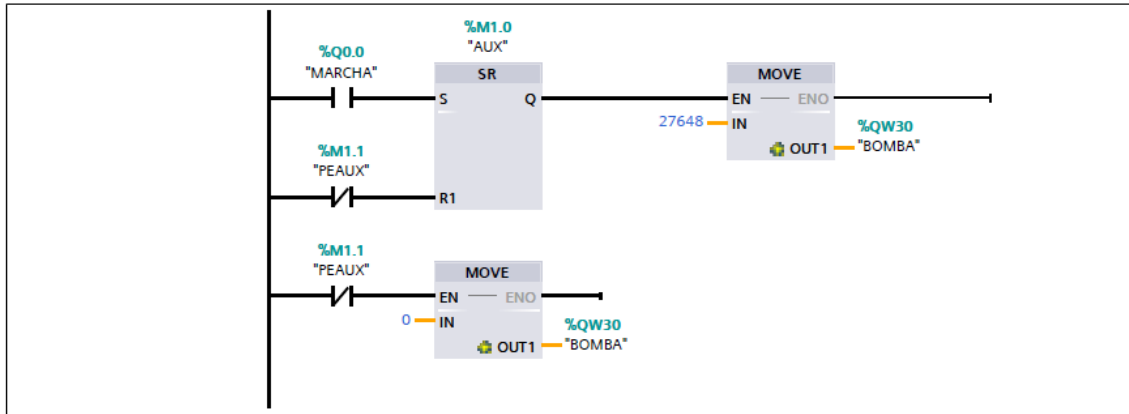
Figura 25 Escalado de variable Corriente



Elaboración Propia

Segmento 4: El segmento cuatro sirve para enviar la información al actuador que en este caso enciende y apaga la electrobomba.

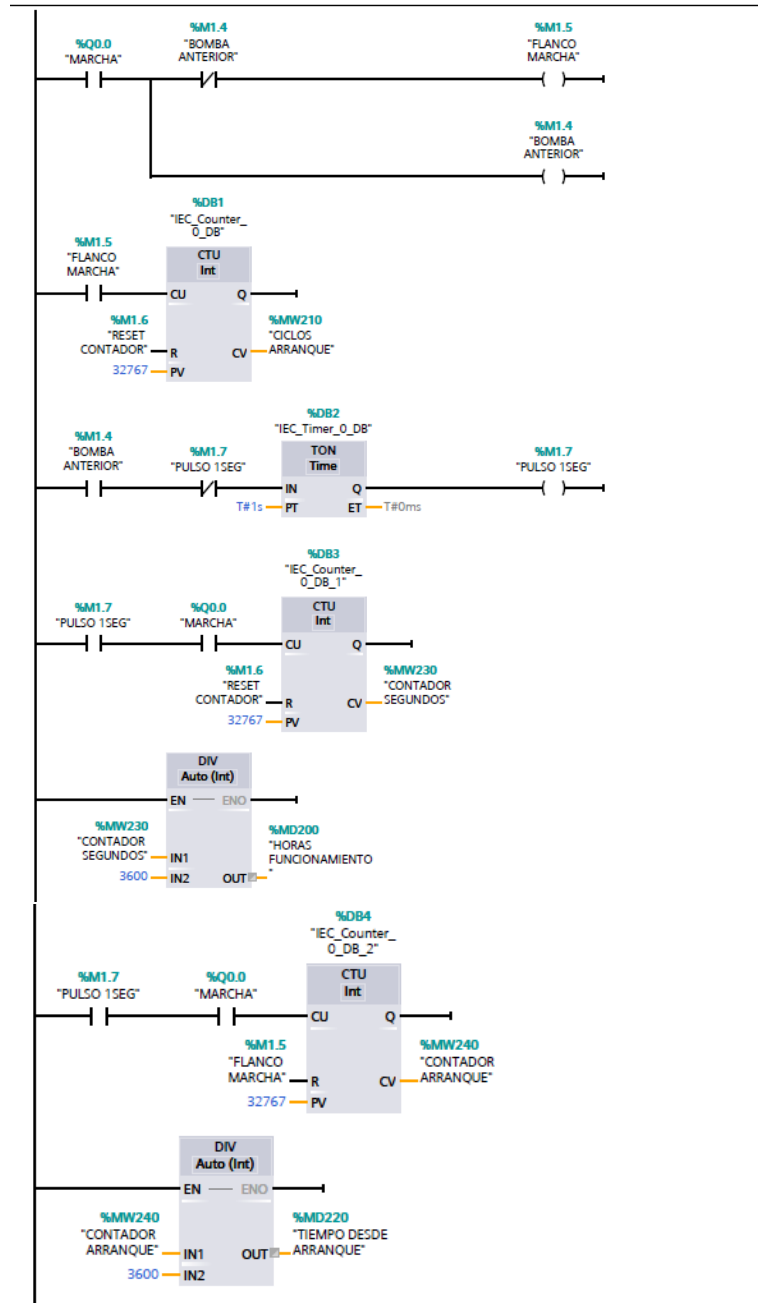
Figura 26 Segmento 4 Tia Portal



### Elaboración Propia

Segmento 5: El segmento cinco del código ladder nos permitirá obtener los parámetros que consideraremos para el mantenimiento de la bomba tales como, Ciclos de arranque, horas de funcionamiento y cuál es el tiempo total del funcionamiento de la bomba. Estos datos permiten obtener de forma exacta cuantas horas de funcionamiento lleva la bomba desde su encendido, además nos permite conocer cuantas veces se ha encendido la bomba

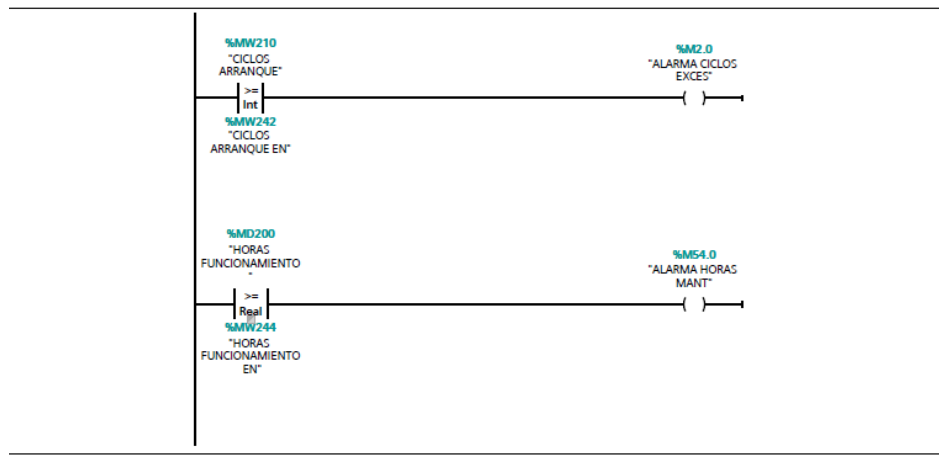
Figura 27 Segmento 5 Tia Portal



### Elaboración Propia

Segmento 6: El segmento seis del ladder nos permite ingresar los ciclos de arranque y horas de funcionamiento que debe de cumplir la bomba para su mantenimiento, al llegar al valor indicado saldrá una alerta indicando que la bomba cumplió con las horas de funcionamiento y se debe de realizar su mantenimiento respectivo

Figura 28 Segmento 6 Tia Portal

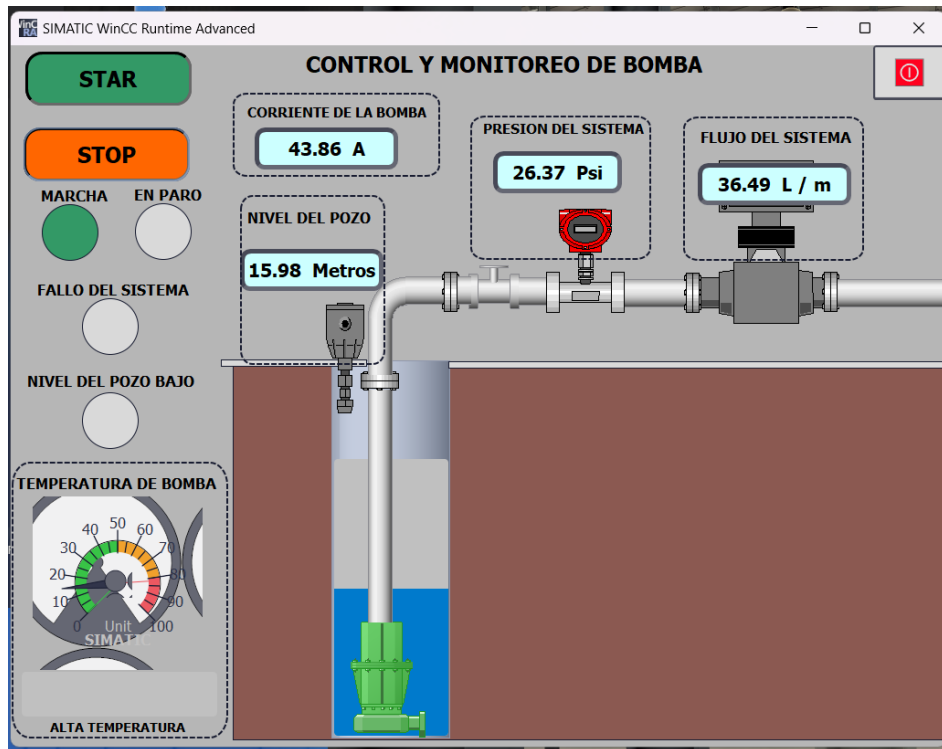


Elaboración Propia

#### 4.4.3. Configuración de pantallas SCADA WinCC:

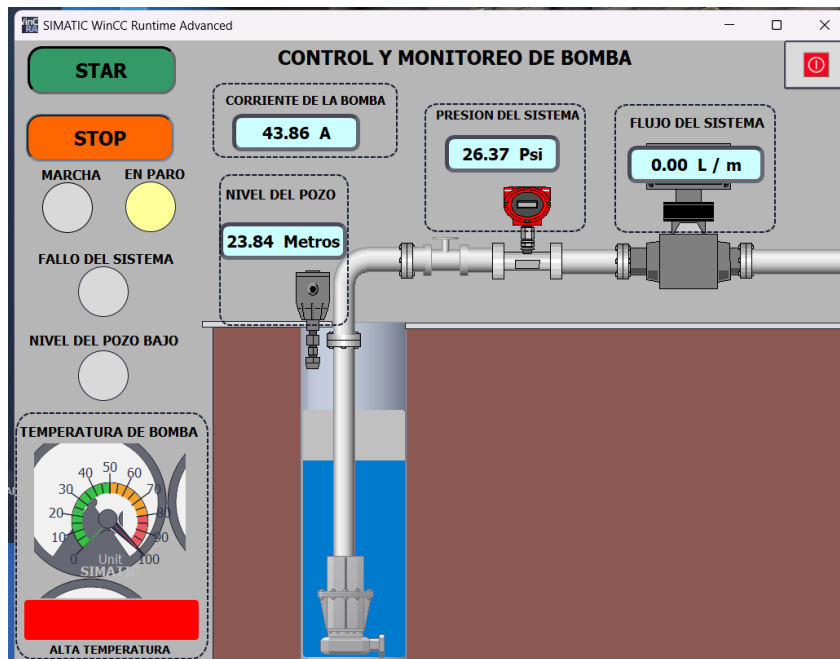
En la figura "29" se diseñó la interfaz de visualización que se mostrará al ejecutar el SCADA; en la siguiente se muestra una representación de lo que sería el pozo con sus parámetros de nivel de pozo, presión, flujo del sistema y a su vez parámetros de la electrobomba como la corriente y temperatura los cuales se observarían en tiempo real. Las unidades pueden ser modificadas de acuerdo con lo que la empresa desee. También colocamos lo que son los pulsadores de marcha y paro para el control remoto del pozo, y las lámparas que se activarían de acuerdo con el estado del sistema, también se mostrarían ciertas alarmas cuando alguno de los parámetros se encuentre con algún desbalance como se muestra en la figura "30".

Figura 29 Interfaces de visualización



Elaboración Propia

Figura 30 Alarma de temperatura electrobomba

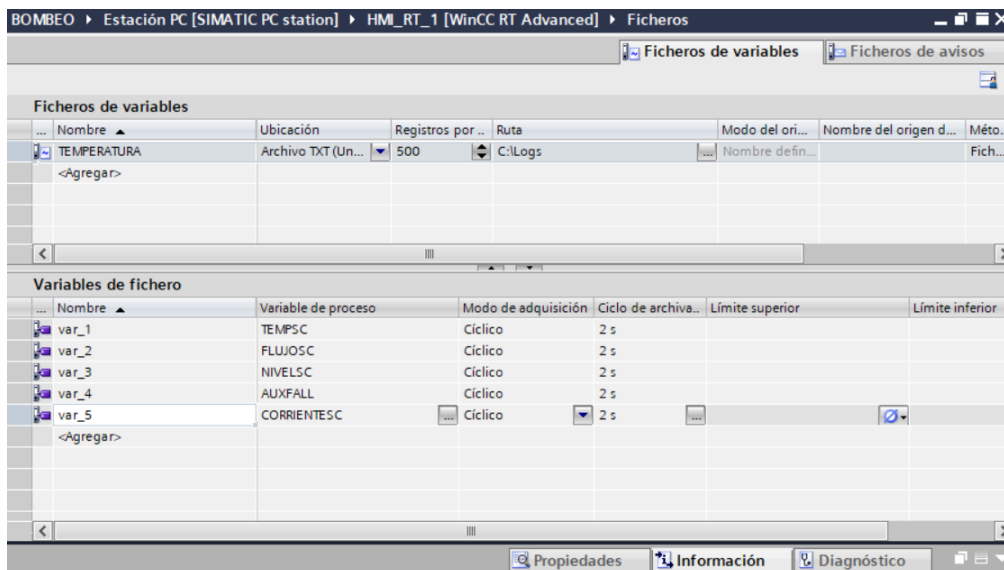


Elaboración Propia

### Interfaz para la gestión del mantenimiento:

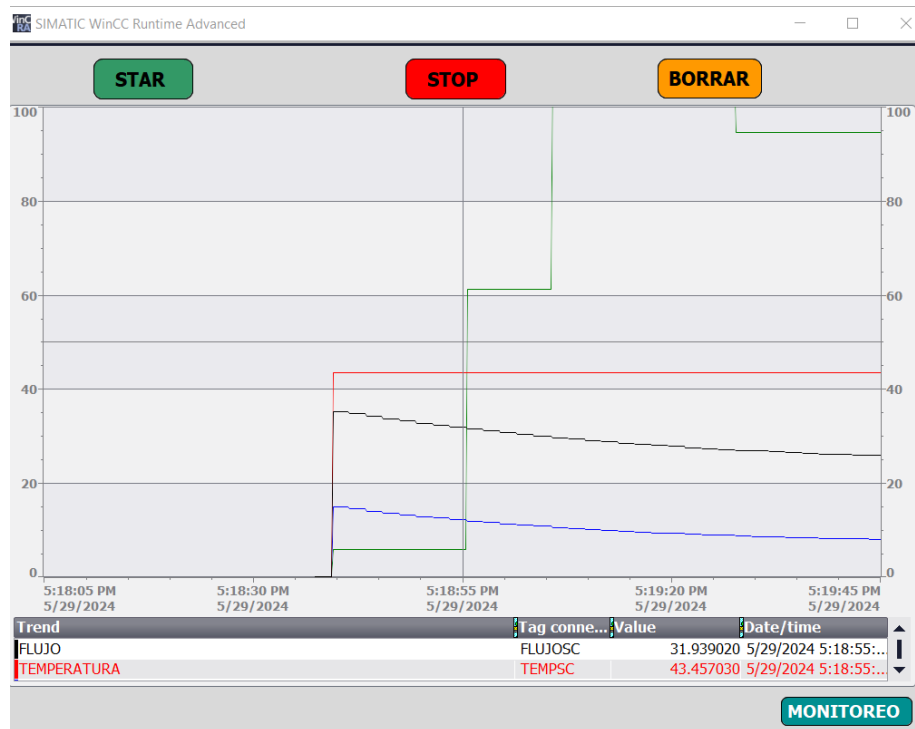
Para realizar la gráfica de monitoreo para la gestión de mantenimiento primero accedemos al apartado de SIMATIC PC Station del Tía Portal luego al apartado de “ficheros de variables” y colocaremos todas las variables que se tomaran en cuenta para mostrarse en la gráfica del SCADA y también indicaremos un periodo de tiempo establecido para la toma de datos, así como se muestra en la figura “31”

Figura 31 Fichero de variables Tia Portal



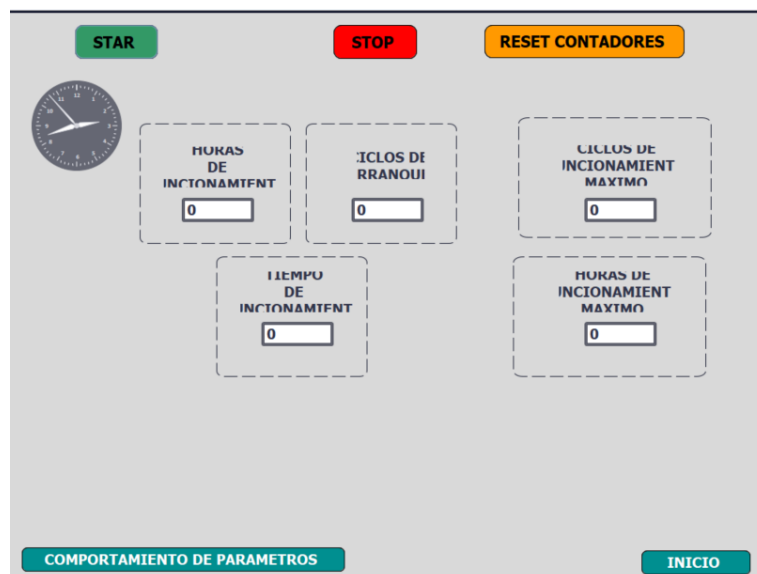
En la figura “32” se muestra la interfaz de visualización de los parámetros los cuales van variando de acuerdo con el funcionamiento del sistema, acá se pueden registrar también fallos que pueden llegar a ocurrir y el tiempo que el sistema se encuentre inactivo. Esta toma de datos es en tiempo real y con un intervalo establecido anteriormente de 2s y podrá ser visualizada desde el centro de mando o área de mantenimiento de la empresa. Estos datos pueden ser exportados a formatos compatibles con Excel y así poder analizarlos y pronosticar posibles fallas en el futuro.

Figura 32 Grafica de comportamiento de las variables



En la figura “33” se muestra los parámetros de mantenimiento que se deben de cumplir, Las horas de funcionamiento permiten llevar un conteo real de cuánto tiempo ha estado operando la bomba, esto se traduce en mantenimientos programados por horas de uso, como cambios de aceite, revisión de sellos, limpieza de filtros, etc. También se puede configurar las horas de funcionamiento máximo para programar los mantenimientos.

Figura 33 Grafica de mantenimiento preventivo sistema de bombeo



#### 4.5. Probar funcionamiento del sistema SCADA mediante la simulación

Para lograr simular el funcionamiento de nuestro sistema SCADA usaremos en software FACTORY IO, en el cual primero crearemos una escena de proceso de extracción de agua como lo que ocurre en los pozos de agua potable en la vida real, colocaremos un tanque que simule el nivel del pozo, también colocaremos potenciómetros conectados a las entradas analógicas del PLC 1214 DC/DC/Relay que nos ayuden a simular los parámetros de corriente, temperatura y presión de la electrobomba. También simularemos un tablero eléctrico con las lámparas, botones de encendido/apagado, etc.

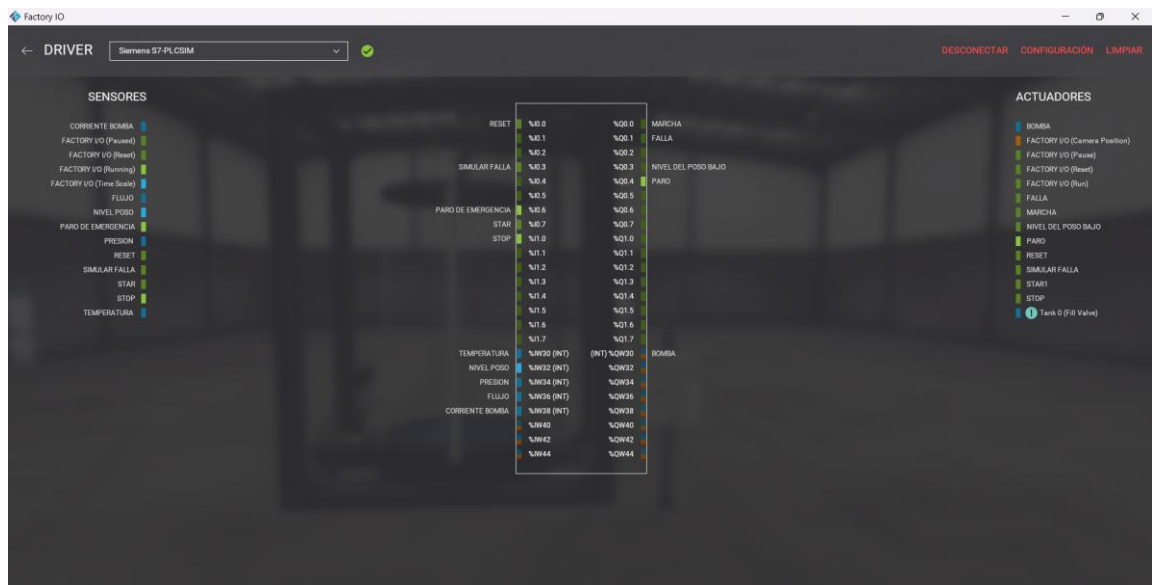
Figura 34 Vista general de la simulación Factorio



Elaboración Propia

En la figura “35” tenemos lo que son todas las entradas y salidas que tiene el PLC seleccionado incluyendo el módulo con entradas analógicas extra, esta opción es propia del FACTORY IO el cual nos permite conectar este PLC con el software Tia Portal para poder enviar todas las señales y simular una escena real.

Figura 35 Entradas y salidas del PLC

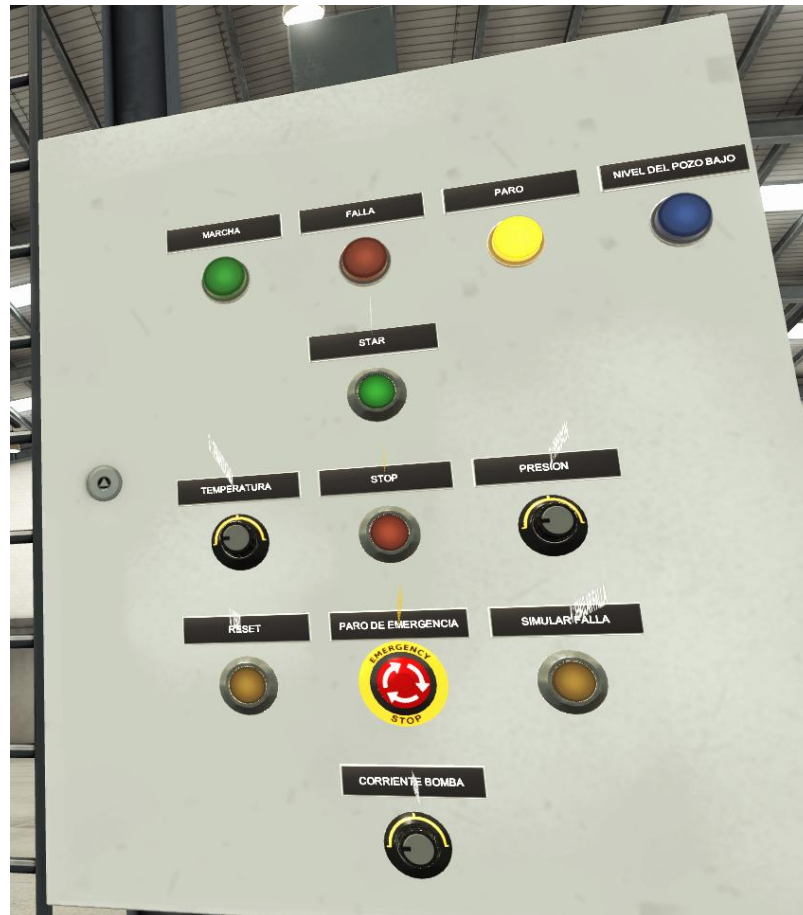


Elaboración Propia

En la figura “36” tenemos el tablero eléctrico para la electrobomba en el cual se aprecian las lámparas de marcha, paro, falla y nivel de pozo bajo; esta última se colocó porque nuestra configuración de PLC está hecha para que la electrobomba se apague automáticamente cuando el sensor de nivel detecte que no hay suficiente nivel de agua en el pozo ya que las electrobombas están diseñadas para funcionar con agua.

Si funcionan en seco (sin agua), pueden sobrecalentarse y sufrir daños mecánicos debido a la falta de lubricación y refrigeración que proporciona el agua. Esto puede reducir significativamente la vida útil de la bomba. Después podemos observar lo que son los botones de STAR, STOP, PARO DE EMERGENCIA y los de SIMULAR FALLA y RESET; estos dos últimos fueron colocados con la intención de simular una falla en el variador de velocidad que se encuentra instalado, la cual podría ser una elevación de la corriente en la electrobomba. También tenemos los potenciómetros para lo que es la simulación de las variables corriente, temperatura y presión.

Figura 36 Tablero eléctrico para la electrobomba



Elaboración Propia

#### 4.6. Evaluar económicamente la implementación de un sistema SCADA para la supervisión y la gestión de mantenimiento preventivo para un sistema de bombeo.

##### 4.5.1 Presupuesto del Proyecto.

En la elaboración del presupuesto para la implementación de este diseño no se ha tenido en cuenta el coste de las instalaciones y máquinas simuladas mediante el programa Factory I/O. El presupuesto recoge los gastos de las licencias de software, los dispositivos hardware, materiales y mano de obra.

	Cantidad	Marca/Modelo	Descripción	Precio por unidad	Precio total
1	Softwares para realizar programación				
1.1	1 und.	Siemens Tia Portal V16	Licencia software de programación	S/860	S/860
1.2	1 und.	Real Games Factory I/O	Licencia software de programación	S/500	S/500
2	Materiales eléctricos				
2.1	1 und.	Siemens 6ES7214-1HF40-0XB0	Controlador lógico programable S7-1214C DC/DC/RLY. Fabricante: Siemens	S/2,000	S/2,000
2.2	1 und.	Siemens 6ES7234-4HE32-0XB0	Módulo extra de entradas analógicas para controlar y supervisar todas las variables SIMATIC S7-1200, analog I/O SM 1234.	S/850	S/850
2.3	1 und.	Siemens 6GK7242-7KX31-0XE0	Módulo de comunicación CP 1242-7 GPRS V2	S/2,000	S/2,000
2.4	1 und	Siemens 6GK5896-4MA00-0AA3	Antena ANT896-4MA apta para GSM (2G), UMTS (3G) y redes LTE (4G), característica omnidireccional	S/200	S/200
2.5	1 und.	Serie 36XW de Keller Druck	Transmisor de nivel	S/300	S/300
2.6	1 und.	Siemens SITRANS FM MAG 8000	Transmisor de flujo	/2,500	S/2,500
2.7	1 und	Siemens SITRANS P320	Transmisor de presión	S/5,000	S/5,000

3	Mano de obra			
3.1	1 und	Programación en lenguaje Ladder (Tía Portal V16)	S/500	S/500
3.2	1 und	Elaboración interfaz de visualización	S/200	S/200
3.3	3 und	Elaboración de planos	S/300	S/900
			Total	15,810
			Impuesto general a las ventas (18%)	2,845.80
			Total, General	18,655.80

#### 4.5.2. Beneficios económicos al implementarse el sistema SCADA.

Los beneficios esperados debido a la implementación de este diseño SCADA propuesto son la disminución de costos en los procesos que requiere la empresa para solucionar averías o para verificar el correcto funcionamiento del equipo electromecánico ubicado en el Pozo, ya que este programa lograra la supervisión y control remota, ahorrando a su vez tiempo y evitando el desgaste-depreciación de los equipos que se usan para medir las variables de la electrobomba de manera in-situ.

#### 4.5.3. Resumen de la evaluación económica.

Para obtener inversión para esta propuesta de proyecto, hemos analizado el impacto económico necesario para invertir y aplicar en la empresa. Se utilizaron precios de cotización de diversos componentes electrónicos, software y mano de obra, que se emplearán para la mejora continua en la automatización y control de las empresas que se dedican al rubro de saneamiento. Y se concluye que la inversión inicial con IGV es de 18,655.80 nuevos soles.

**Tabla 14** Datos evaluación económica

Inversión inicial	S/15,810
Valor Actual Neto (VAN)	S/ 4,316.00
Tasa Interna de Retorno (TIR)	19%

La evaluación económica muestra que el proyecto requiere una inversión inicial de S/15,810, pero genera un Valor Actual Neto (VAN) de S/4,316, lo que indica que es rentable y superará la inversión inicial. Además, la Tasa Interna de Retorno (TIR) del 19% es superior a la tasa de descuento del 10%, lo que sugiere que el proyecto ofrece una rentabilidad atractiva, haciendo que sea financieramente viable y una buena opción de inversión.

Se consideró un gasto operativo fijo correspondiente al servicio de comunicación GPRS del módulo CP 1242-7, el cual requiere un chip Movistar con plan de datos. Este gasto mensual de S/ 42 (S/ 500 anuales) se incorporó en el flujo de caja como costo operativo recurrente, garantizando una estimación más realista del mantenimiento y conectividad del sistema SCADA.

**Tabla 15** Datos evaluación económica

<b>Año</b>	1	2	3	4	5
<b>Flujo de caja</b>	S/ 3,500.00	S/ 4,500.00	S/ 5,500.00	S/ 6,500.00	S/ 7,500.00
	(s/ 4000- s/ 500)	(s/ 5000- s/ 500)	(s/ 6000- s/ 500)	(s/7000- s/ 500)	(s/ 8000- s/ 500)
<b>Factor de descuento (10%)</b>	0.909	0.826	0.751	0.683	0.621
<b>Valor presente</b>	S/ 3,181.50	S/ 3,717.00	S/ 4,130.50	S/ 4,439.50	S/ 4,657.50

El proyecto tiene flujos de caja de S/ 3,500, S/ 4,500, S/ 5,500, S/ 6,500 y S/ 7,500 para los primeros cinco años, con factores de descuento del 10% que resultan en valores presentes de S/ 3,181.50, S/ 3,717.00, S/ 4,130.50, S/ 4,439.50, S/ 4,657.50 respectivamente. Al sumar estos valores presentes, obtenemos un total de S/ 20,126. Al restar la inversión inicial de S/ 15,810, el Valor Actual Neto (VAN) es de S/ 4316, lo que indica que el proyecto es rentable y generará un retorno positivo.

## V. Conclusiones:

- Se lograron identificar y seleccionar los equipos necesarios para la implementación de un sistema SCADA eficaz. La selección se basó en criterios de compatibilidad, eficiencia y costo, asegurando que los componentes elegidos fueran adecuados para la supervisión y gestión de mantenimiento preventivo de un sistema de bombeo.
- El sistema SCADA desarrollado permitió obtener indicadores operativos clave para la gestión del mantenimiento preventivo del sistema de bombeo. Entre ellos destacan las horas de funcionamiento, el número de arranques, la corriente eléctrica consumida, la temperatura del motor, así como los valores de presión, caudal y nivel del pozo.
- La configuración de las pantallas del sistema SCADA se llevó a cabo con éxito utilizando la plataforma Siemens. Las pantallas diseñadas permiten una supervisión y control remoto eficientes de los equipos electromecánicos, proporcionando una interfaz intuitiva y accesible para los operadores del sistema de bombeo. Asu vez se creó una interfaz que nos brinda la posibilidad de ver el comportamiento de las variables de corriente, presión, temperatura, flujo del sistema y horas de funcionamiento.
- Se realizó una evaluación económica detallada de la implementación del sistema SCADA. Los resultados indican que, aunque la inversión inicial es significativa dando un monto de 18,655.80 nuevos soles, los beneficios a largo plazo en términos de reducción de costos de mantenimiento y mejora en la eficiencia operativa justifican plenamente la inversión.

## **VI. Recomendaciones:**

- Evaluar la escalabilidad del sistema, considerando su posible integración con tecnologías de IoT o inteligencia artificial, lo cual permitiría una automatización más avanzada, predicción de fallas y optimización energética del sistema de bombeo.
- En el presente estudio no se realizó la implementación del software en un entorno empresarial real, lo que habría permitido obtener una validación más robusta y cercana a las condiciones operativas reales.
- Ampliar el monitoreo remoto a otros parámetros críticos, como la calidad del agua (pH, claridad, entre otros), con el fin de complementar la supervisión operacional y garantizar no solo el funcionamiento del sistema de bombeo, sino también la calidad del recurso distribuido.
- Diseño de una interfaz SCADA accesible desde dispositivos móviles para el monitoreo ciudadano del agua, Una propuesta de interfaz simple que permita a usuarios comunes revisar en tiempo real el estado de los pozos o calidad del agua de su comunidad.
- El sistema SCADA empleado en esta investigación no solo registra los parámetros operativos del sistema de bombeo, sino que también genera una base de datos útil para implementar un sistema de mantenimiento predictivo. Se recomienda que futuros estudios analicen las variables presión, caudal, temperatura del motor y horas de funcionamiento mediante técnicas de predicción y análisis de tendencias, con el fin de anticipar fallas, optimizar la programación de mantenimiento y prolongar la vida útil de los equipos.

## VII. Referencias

- [1] P. Khan y Y. Byun, «A Review of machine learning techniques for wind turbine's fault detection, diagnosis, and prognosis,» *International Journal of Green Energy*, vol. 21, nº 4, pp. 771 -786, 2024.
- [2] T. Thepmanee, S. Pongswatd, F. Asadi y P. Ukakimaparn, «Implementation of control and SCADA system: Case study of Allen Bradley PLC by using WirelessHART to temperature control and device diagnostic,» *Energy Reports*, vol. 8, pp. 934 - 941, 2022.
- [3] C. Velandia, Y. Vidal y F. Pozo, «Wind turbine fault detection using highly imbalanced real scada data,» *Energies*, vol. 14, nº 6, 2021.
- [4] J. Ma y Y. Yuan, «Application of SCADA data in wind turbine fault detection – a review,» *Sensor Review*, vol. 43, nº 1, pp. 1 - 11, 2023.
- [5] F. Maseda, I. López, I. Martija, P. Alkorta, A. Garrido y I. Garrido, «Sensors data analysis in supervisory control and data acquisition (Scada) systems to foresee failures with an undetermined origin,» *Sensors*, vol. 21, nº 8, 2021.
- [6] L. K. Yanasupo, «BOLETÍN SOBRE LA COBERTURA DE AGUA POTABLE,» Defensoría del pueblo , Lima-Peru, 2021.
- [7] Oasys, «Oasys Part of Accenture,» 30 Marzo 2023. [En línea]. Available: <https://oasys-sw.com/que-son-sistemas-scada-industria-40/>.
- [8] B. Alhasnawi, B. Jasim, AlhasnawiA., B. Sedhom, A. Jasim, A. Khalili, V. Bureš, A. Burgio y P. Siano, «A Novel Approach to Achieve MPPT for Photovoltaic System Based SCADA,» *Energies*, vol. 15, nº 22, 2022.
- [9] I. Dioses, «Implementación de un sistema Scada en el sistema de bombeo de estación 59 y 172 de refinería Talara – Piura, 2020.,» Escuela Profesional de Ingeniería de Sistemas, Piura, 2021.
- [10] D. Murillo, «Desarrollo de un sistema SCADA para el abastecimineto de agua en la estación de bombeo Yuyucocha de la empresa municipal de agua potable y alcantarillado de Ibarra,» Quito, 2018.
- [11] E. Tacilla y R. Cueva, «Aplicación de un sistema scada rsvi32 para la automatización de bombas sumergibles en una mina a cielo abierto, Cajamarca 2019,» Carrera de Ingeniería de Minas, Cajamarca, 2019.
- [12] A. Gallegos y D. Toaquiza, «Diseño de un sistema SCADA para la adquisición de datos en la determinación de curvas características en bombas de torbellino conectadas en serie y en paralelo,» Ingeniería Electromecánica, Latacunfa, 2022.
- [13] J. Almachi y E. Naranjo, «Desarrollo de un sistema SCADA para una estación de bombeo de agua a presión constante.,» Ingeniería Electromecánica, Latacunga, 2021.

- [14] R. Madrid, «Diseño e implementación de un SCADA para la monitorización de una central Térmica,» Escuela de Ingenierías Industriales, Valladolid, 2017.
- [15] P. Aquilino, *Sistemas SCADA*, 3ra edición ed., Barcelona: Marcombo, 2012.
- [16] UNIR, «Sistema SCADA: en qué consisten, funciones e importancia en la Industria 4.0,» 17 08 2021. [En línea]. Available: <https://www.unir.net/ingenieria/revista/sistema-scada/>.
- [17] E. Pérez-López y E. Pérez, «Los sistemas SCADA en la automatización industrial,» *Tecnología en marcha*, vol. 28, nº 4, pp. 3-14, 2015.
- [18] IBM, «¿Qué es la Industria 4.0?,» [En línea]. Available: <https://www.ibm.com/es-es/topics/industry-4-0>. [Último acceso: 20 09 2023].
- [19] D. Aguirre, «Desarrollo de un sistema SCADA para uso en pequeñas y medianas empresas,» Programa Académico de Ingeniería Industrial y de Sistemas, Piura, 2014.
- [20] AUTEXOPLÉN, «Qué es un sistema SCADA? Información completa,» 6 7 2022. [En línea]. Available: <https://bit.ly/4at6fEp>.
- [21] MICROCHIPOTLE, «Sistema SCADA, Componentes, Funcionamiento y Aplicaciones,» [En línea]. Available: <https://microchipotle.com/sistema-scada-componentes-funcionamiento-y-aplicaciones/>. [Último acceso: 16 4 2024].
- [22] R. Andrade, «Módulo didáctico para controlar nivel y caudal de agua, mediante sistema SCADA, PLCy algoritmo PID,» *REVISTA RIEMAT*, vol. 4, nº 2, 2019.
- [23] Bolton, «Programmable Logic Controllers,» Newnes, 2009. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B978185617751100001X>. [Último acceso: 16 4 2024].
- [24] P. Sanghera, «RFID+ Study Guide and Practice Exams,» SYNGRESS, 2007. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9781597491341500128>. [Último acceso: 16 4 2024].
- [25] SIEMENS, «SIMATIC ET 200: el sistema de periferia descentralizada para instalaciones preparadas para el futuro,» 2024. [En línea]. Available: <https://www.siemens.com/global/en/products/automation/systems/industrial/io-systems.html>. [Último acceso: 16 4 2024].
- [26] A. M. Reza Langari, «Level Measurement,» Academic Press, 2016. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128008843000174>. [Último acceso: 16 4 2024].
- [27] V Indragandhi, V. Subramaniaswamy y R Selvamathi, «Electric Motor Drives and their Applications with Simulation Practices,» Academic Press, 2022. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780323911627000096>. [Último acceso: 16 4 2024].

- [28] A. C. Fischer Cripps, «Newnes Interfacing Companion,» Newnes, 2002. [En línea]. Available: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780750657204501066>. [Último acceso: 16 4 2024].
- [29] M. I. -. M. y. Generadores, «Semapi,» Pocket VibPro, 2023. [En línea]. Available: <https://motoresygeneradores.com/causas-de-desequilibrio-del-motor-y-tolerancias-razonables/>. [Último acceso: 16 4 2024].
- [30] M. Lémoli, «CBM CONNECT,» Electromecánica Sasso, 29 11 2019. [En línea]. Available: <https://esp.cbmconnect.com/como-afecta-el-desbalanceo-en-la-confiabilidad-de-una-maquina-rotante/>. [Último acceso: 16 4 2024].
- [31] O. Núñez Mata, «ELECTRO INDRUSTRIA,» Oportunidades de Ahorro en Motores Eléctricos, 5 2012. [En línea]. Available: <https://www.emb.cl/electroindustria/articulo.mvc?xid=1822>. [Último acceso: 16 4 2024].
- [32] W. ., B. A. M. ., C. A. B. OLARTE C., «Importancia del mantenimiento industrial dentro de los procesos de producción,» *Scientia Et Technica*, vol. XVI, nº 44, pp. 354 - 356, 2010.
- [33] F. Pérez, Conceptos generales en la gestion del mantenimiento industrial, Bucaramanga: Ediciones USTA, 2021, p. 107.
- [34] DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS, «DE MAQUINAS Y HERRAMIENTAS,» Bombas de agua sumergibles: Mantenimiento y cuidados preventivos, 5 4 2018. [En línea]. Available: <https://www.demaquinasyherramientas.com/maquinas/bombas-de-agua-sumergibles-mantenimiento-y-cuidados-preventivos>. [Último acceso: 16 4 2024].
- [35] Hidrostal, INSTALACIÓN OPERACIÓN Y MANTENIMIENTO BOMBAS SUMERGIBLES, Lima, 2018.
- [36] Outletpiscinas, «¿Cómo interpretar la pegatina de una bomba de filtración?,» 23 5 2022. [En línea]. Available: <https://www.outlet-piscinas.com/blog/interepretar-placa-datos-bomba-filtracion/>. [Último acceso: 16 4 2024].
- [37] Dimo Maint, «Que es MTBF,» DimoMaint, [En línea]. Available: <https://www.dimomaint.com/latam/guias/que-es-mtbf/>. [Último acceso: 16 4 2024].
- [38] R. Hernández, C. Fernández and P. Baptista, Metodología de la Investigación, Sexta ed., México, D.F: Mc Graw Hill Editores, 2014.
- [39] J. Lozada, «Investigación Aplicada,» *CienciAmérica: Revista de divulgación científica de la Universidad Tecnológica Indoamérica*, vol. 3, nº 1, pp. 47 - 50, 2014.
- [40] G. Guevara, A. Verdesoto and N. Castro, "Metodologías de investigación educativa (descriptivas, experimentales, participativas, y de investigación-acción)," *Recimundi*, vol. 4, no. 3, pp. 163-173, 07 2020.
- [41] SIEMENS, «6NH9860-1AA00,» SiePortal, 2022. [En línea]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/Product/6NH9860-1AA00>.

[42] SIEMS, «Siemens AG,» 2017. [En línea]. Available: <https://bit.ly/3xuGhSx>.

## VIII. Anexos:

	Nombre	Tabla de variables	Tipo de datos	Dirección	Rema...	Acces...	Escrib...	Visibl...	Comentario
1	STAR	Standard-Variab...	Bool	%I0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
2	STOP	Standard-Variablen...	Bool	%I1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
3	PE	Standard-Variablen...	Bool	%I0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
4	FALL VARIADOR	Standard-Variablen...	Bool	%I0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
5	CONF ARRANQUE	Standard-Variablen...	Bool	%I0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
6	TEMPERATURA	Standard-Variablen...	Word	%IW30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
7	NIVEL	Standard-Variablen...	Word	%IW32	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
8	PRESION	Standard-Variablen...	Word	%IW34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
9	FLUJO	Standard-Variablen...	Word	%IW36	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
10	NIVPOZOBAJ	Standard-Variablen...	Bool	%Q0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
11	PARO	Standard-Variablen...	Bool	%Q0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
12	MARCHA	Standard-Variablen...	Bool	%Q0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
13	FALLA	Standard-Variablen...	Bool	%Q0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 37 Variables del Tia Portal (1-13)

14	STARSC	Standard-Variablen...	Bool	%M0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
15	STOPSC	Standard-Variablen...	Bool	%M0.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
16	MARCHSC	Standard-Variablen...	Bool	%M0.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
17	PAROSC	Standard-Variablen...	Bool	%M0.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
18	BOMBA	Standard-Variablen...	Word	%QW30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
19	CUENTAS TEM	Standard-Variablen...	Word	%MW2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
20	CUENTNIV	Standard-Variablen...	Word	%MW4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
21	CUENTAS PRES	Standard-Variablen...	Word	%MW6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
22	CUENTFLUJ	Standard-Variablen...	Word	%MW8	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
23	AUX1	Standard-Variablen...	Real	%MD10	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
24	TEMPS	Standard-Variablen...	Real	%MD14	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
25	AUX2	Standard-Variablen...	Real	%MD18	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
26	NIVELSC	Standard-Variablen...	Real	%MD22	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
27	AUX3	Standard-Variablen...	Real	%MD26	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 39 Variables de Tia Portal (14-27)

28	PRESSC	Standard-Variablen...	Real	%MD30	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
29	AUX4	Standard-Variablen...	Real	%MD34	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
30	FLUJOSC	Standard-Variablen...	Real	%MD38	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
31	RESET	Standard-Variablen...	Bool	%I0.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
32	AUXFALL	Standard-Variablen...	Bool	%M0.4	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
33	AUXNIVP	Standard-Variablen...	Bool	%M0.5	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
34	AUXMAR	Standard-Variablen...	Bool	%M0.6	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
35	AUXBOMB	Standard-Variablen...	Bool	%M0.7	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
36	BOMBAUX	Standard-Variablen...	Word	%MW42	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
37	AUX	Standard-Variablen...	Bool	%M1.0	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
38	PEAUX	Standard-Variablen...	Bool	%M1.1	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
39	AUXAP	Standard-Variablen...	Bool	%M1.2	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
40	CORRIENTE	Standard-Variablen...	Word	%IW38	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
41	CUENTCORRI	Standard-Variablen...	Word	%MW44	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
42	AUX5	Standard-Variablen...	Real	%MD46	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
43	CORRIENTESC	Standard-Variablen...	Real	%MD50	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	
44	AUXTEM	Standard-Variablen...	Bool	%M1.3	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	

Figura 38 Variables de Tia Portal (28-44)

Vista general de dispositivos								
Módulo	Slot	Dirección I	Dirección Q	Tipo	Referencia	Firmware	Comentario	
PLC_1	1			CPU 1212C DC/DC/Rly	6ES7 212-1HE40-0XB0	V4.4		
DI 8/DQ 6_1	1 1	0	0	DI 8/DQ 6				
AI 2_1	1 2	64...67		AI 2				
	1 3							
HSC_1	1 16	1000...10...		HSC				
HSC_2	1 17	1004...10...		HSC				
HSC_3	1 18	1008...10...		HSC				
HSC_4	1 19	1012...10...		HSC				
HSC_5	1 20	1016...10...		HSC				
HSC_6	1 21	1020...10...		HSC				
Pulse_1	1 32		1000...10...	Generador de impulsos...				
Pulse_2	1 33		1002...10...	Generador de impulsos...				
Pulse_3	1 34		1004...10...	Generador de impulsos...				
Pulse_4	1 35		1006...10...	Generador de impulsos...				
OPC UA	1 254			OPC UA				
PROFINET-Schnittstelle_1	1 X1			Interfaz PROFINET				
AQ 2x14BIT_1	2		30...33	SM 1232 AQ2	6ES7 232-4HB32-0XB0	V2.1		
	3							

Figura 40 Vista general de dispositivos

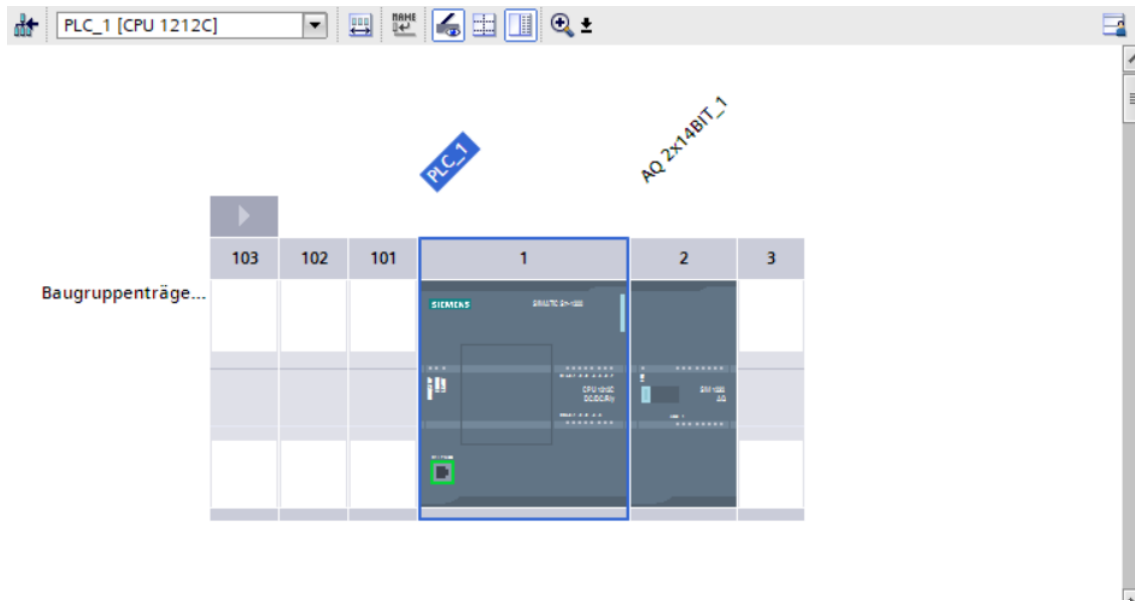


Figura 41 Vista general de dispositivos

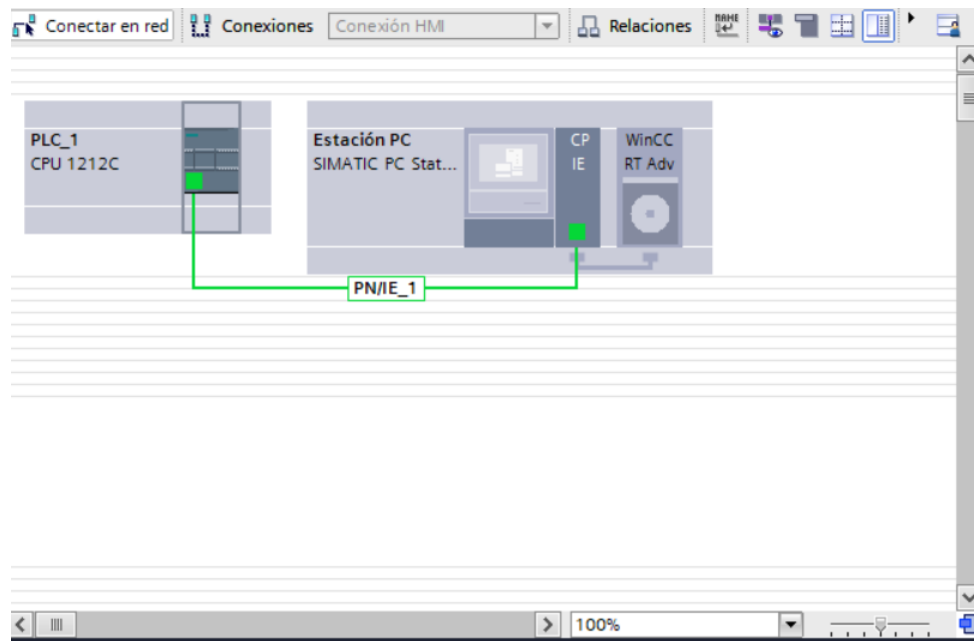
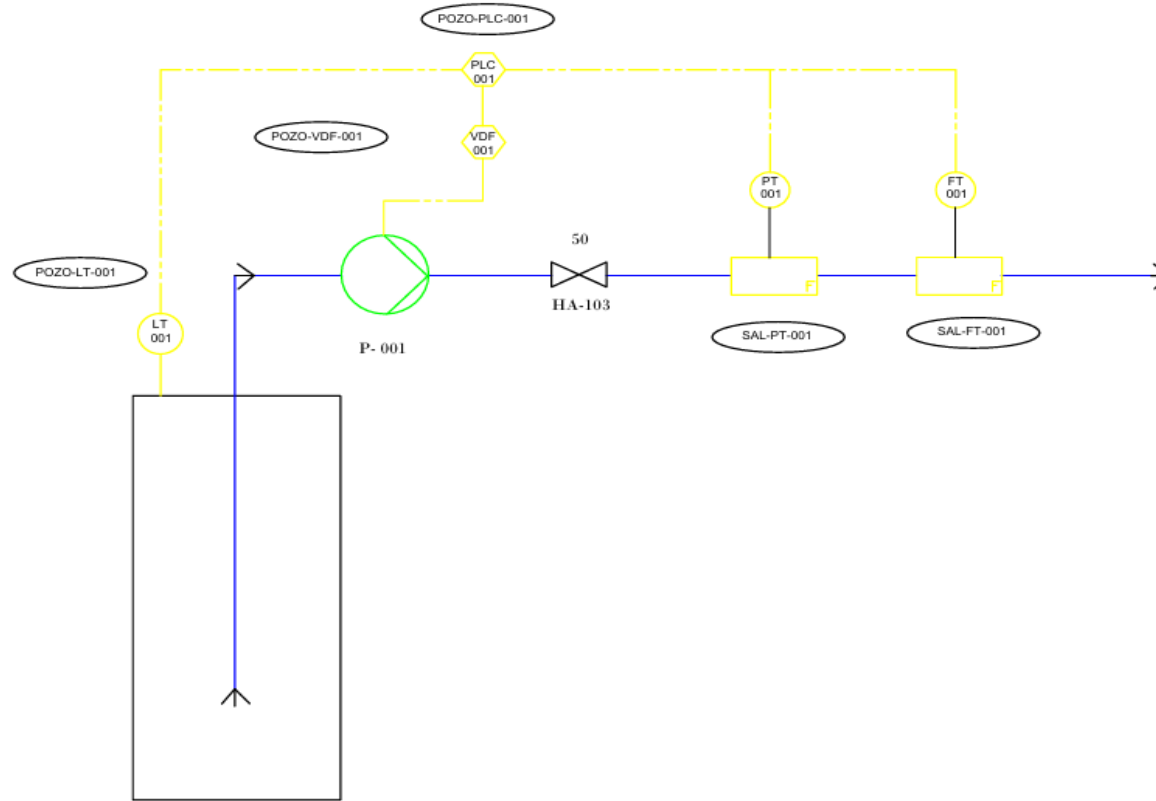


Figura 42 Vista general de redes

Vista general de la red							
		Conexiones	Relaciones	Comunicación E/S	VPN	TeleControl	
Dispositivo	Tipo	Dirección de sub..	Subred	Sistema maestro/IO	Número de disposit..	Co...	
▼ S7-1200-Station_1	S7-1200 station						
▶ PLC_1	CPU 1212C DC/DC/Rly						
▼ Estación PC	SIMATIC PC Station						
▶ IE general_1	IE general						
▶ HMI_RT_1	WinCC RT Advanced						

Figura 43 Vista general de redes

DIAGRAMA P & D SISTEMA DE BOMBEO



PROYECTO DE TESIS  
 DISEÑO DE SISTEMA SCADA PARA LA  
 SUPERVISION GESION DE MNT0 PREVENTIVO  
 DE UN SISTEMA DE BOMBEO

NOMBRE: EDSON RODRIGUEZ PASCO

FECHA: 04/09/2025

Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo

Figura 44 Diagrama PID