

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería Eléctrica y Computación

Sistema de monitoreo y control remoto de una bomba sumergible para el llenado de un reservorio en un sector camaronero de Santa Priscila

PROYECTO INTEGRADOR

Previo a la obtención del Título de:

Ingeniero en Electrónica y Automatización

Presentado por:

Dario Anthony Aldaz Chacho

Kleber Franklin Quinte Alcoser

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2023

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mis queridos padres, cuyo amor inquebrantable, apoyo constante y sacrificio han sido la fuerza motriz detrás de mi educación y éxito. A mi amada esposa, mi compañera de vida, por su comprensión, paciencia a lo largo de esta travesía académica. A mi adorada hija, por ser mi inspiración diaria y recordarme la importancia de la perseverancia. Y a mis queridas hermanas, por brindarme apoyo y alegrías en los momentos tristes. Este logro es un tributo a todos ustedes, mi familia, y espero que este trabajo refleje el profundo agradecimiento que siento por cada uno de ustedes

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la oportunidad de vida, a mis padres Ramiro y Lily por enseñarme valores fundamentales y modelar mi crecimiento. También quiero expresar mi agradecimiento a mi tío Freddy e Issac por apoyarme cuando lo he necesitado, su respaldo ha sido fundamental en el desarrollo de mi vida profesional.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo a mi madre que me apoyo y fue el motor para llegar a este punto de mi vida. Ella que fue el sustento en cada etapa de esta vida universitaria, también dedico este trabajo a mis hermanos que también me ayudaron en diferentes áreas de mi vida, en honor a cada uno de ellos presento mi último esfuerzo universitario con todo el corazón y de la mejor manera posible.

AGRADECIMIENTOS

Agradezco primero a Dios porque sé que él me ha dado la bendición de llegar a culminar mi carrera universitaria llenándome de sabiduría e inteligencia, además agradezco a mi Madre Luisa Alcoser por enseñarme que con esfuerzo y dedicación podemos llegar lejos sin importar el nivel socioeconómico y que todos tenemos la capacidad de alcanzar hasta de alcanzar los sueños más altos.

DECLARACIÓN EXPRESA

"Los derechos de titularidad y explotación, me(nos) corresponde conforme al reglamento de propiedad intelectual de la institución; (*nombre de los participantes*) y doy(damos) mi(nuestro) consentimiento para que la ESPOL realice la comunicación pública de la obra por cualquier medio con el fin de promover la consulta, difusión y uso público de la producción intelectual"



Dario Aldaz Chacho



Kleber Quinte Alcoser

EVALUADORES

Nombre del Profesor

PhD. Efren Herrera Muentes



Nombre del Profesor

Msc. Alexander Prieto

RESUMEN

Santa Priscila se convirtió en una potencia en la industria pesquera al automatizar algunos de sus procesos para el cuidado y crecimiento del camarón, con la posterior intención de exportarlo. La automatización de sus procesos posicionó a Santa Priscila como la mejor camaronera en América, destacándose como la más grande y continuando su expansión. En ese contexto, se intentó implementar un Sistema de monitoreo y control remoto de una bomba sumergible para el llenado de un reservorio en un sector camaronero de Santa Priscila, utilizando IoT mediante equipamiento industrial y sistemas embebidos.

La realización de este proyecto permitió la automatización del encendido y apagado de la bomba, generando ahorros significativos en tiempo de movilización y costos de personal y combustible. Se utilizó un arrancador suave conectado a un PLC para controlar la bomba de manera eficiente. Los parámetros eléctricos de la red fueron censados mediante un medidor de energías, y la información se envió a la nube a través de una Raspberry para la creación de un Dashboard.

Se optó por el medidor de energía PAC-3120, capaz de medir todos los parámetros de la red eléctrica, y un Modbus Gateway que sirvió como pasarela, convirtiendo de Modbus RTU a TCP/IP para leer los datos desde la Raspberry. La comunicación de datos se realizó utilizando MQTT desde el PLC a la Raspberry, ambas conectadas por TCP/IP a un switch. Este último estaba vinculado a un enlace punto/multipunto para el envío eficiente de la información.

El objetivo final consistió en controlar los horarios de funcionamiento de la bomba mediante un Dashboard fácil de interpretar y manejar. Esta implementación benefició directamente a Santa Priscila en términos de costos y tiempos, consolidando aún más su posición como líder en la industria pesquera.

Palabras Clave: Arrancador Suave, Bomba sumergible, MQTT, Medidor de energías, Modbus Gateway.

ABSTRACT

Santa Priscila has become a powerhouse in the fishing industry by automating some of its processes for shrimp care and growth, with the subsequent goal of exporting it. The automation of its processes positioned Santa Priscila as the top shrimp farm in America, standing out as the largest and continuing its expansion. In this context, an attempt was made to implement a Remote Monitoring and Control System for a submersible pump to fill a reservoir in a shrimp farming sector of Santa Priscila, using IoT through industrial equipment and embedded systems.

The completion of this project enabled the automation of the pump's start and stop, resulting in significant savings in mobilization time and costs of personnel and fuel. A soft starter connected to a PLC was used to efficiently control the pump. The electrical parameters of the network were sensed using an energy meter, and the information was sent to the cloud via a Raspberry Pi for the creation of a Dashboard.

The PAC-3120 energy meter, capable of measuring all parameters of the electrical network, and a Modbus Gateway serving as a gateway, converting from Modbus RTU to TCP/IP to read data from the Raspberry Pi, were utilized. Data communication occurred using MQTT from the PLC to the Raspberry Pi, both connected via TCP/IP to a switch. The switch was linked to a point-to-multipoint link for efficient data transmission.

The ultimate goal was to control the pump's operating schedules with an easy-to-interpret and manage Dashboard. This implementation directly benefited Santa Priscila in terms of costs and time, further solidifying its position as a leader in the fishing industry.

Keywords: Soft Starter, Submersible Pump, MQTT, Energy Meter, Modbus Gateway

ÍNDICE GENERAL

EVALUADORES.....	7
RESUMEN.....	I
ABSTRACT.....	II
ÍNDICE GENERAL.....	III
SIMBOLOGÍA.....	V
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VI
ÍNDICE DE TABLAS.....	IX
CAPÍTULO 1.....	1
1. Introducción.....	1
1.1 Descripción del problema.....	2
1.2 Justificación del problema.....	2
1.3 Objetivos.....	4
1.3.1 Objetivo General.....	4
1.3.2 Objetivos Específicos.....	4
1.4 Marco teórico.....	5
CAPÍTULO 2.....	28
2. Metodología.....	28
CAPITULO 3.....	67
3. ResULTADOS.....	67
3.1 Análisis de costos.....	77
PLC S7-1200 cpu 1212C 6ES7211-1BE31-0XB0.....	77
CAPITULO 4.....	80
4. Conclusiones y recomendaciones.....	80
5. Bibliografía.....	83

PLC	Control logico programable
MQTT	Message Queuing Telemetry Transport
IPSP	Industrial Pesquera Santa Priscila
RPI	Raspberry Pi
RTU	Unidad Terminal Remota
TCP	Protocolo De Control De Transmisión
IP	Protocolo De Internet
WLAN	Red De Área Local inalámbrica
WAN	Red De Área Extensa
LAN	Red De Área Local

SIMBOLOGÍA

DC	Corriente Directa
AC	Corriente Alterna
V	Voltio
A	Amperio
mV	Milivoltio
mA	Miliamperio

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura.1.1 Piscinas camaroneras	6
Figura 1.2 Bombas de extracción dentro de las piscinas camarones.	6
Figura 1.3 Conductos de los suministros de agua.....	7
Figura 1.4 Conductos de alimentación y descarga.....	8
Figura 1.5 Sistema de Bombeo.....	9
Figura 1.7 Sensores inteligentes.....	17
Figura 1.8 Control automático.....	18
Figura 1.9 PLC SIEMENS S7-1200.....	19
Figura 1.10 Arrancadores.....	20
Figura 1.11 Arrancadores de Velocidad.....	21
Figura 1.12 Controlador de horarios programables.....	22
Figura 1.13 Sistemas de embebidos.....	23
Figura 1.14 Tipos de enlaces inalámbricos.....	25
Figura 1.15 Routers.....	26
Figura 1.16 Pasarelas.....	27
Figura 2.1 Metodología a utilizar.....	28
Figura 2.2 Medidor de energía PAC 3120.....	30
Figura 2.3 Convertidor de Modbus RTU.....	31
Figura 2.4 HC-18A.....	33
Figura 2.5 Floatless relay AFR-1.....	34
Figura 2.6 Sitop PSU200M.....	35
Tabla 5. Características de un Sitop PSU200M.....	36

Figura 2.7 LZX PT570730 Relé Siemens	37
Figura 2.8 Supervisor de voltaje 3UG	38
Figura 2.10 Transformador Elektra ETC-0150-480240.....	40
Figura 2.11 Raspberry Pi 4	41
Figura 2.12 PLC S7-1200 AC/DC/RLY.....	42
Figura 2.13 Enlace de comunicación ePmP forcé 180	44
Figura 2.14 Guardamotor 3R20314JA15.....	45
Figura 2.15 Arrancador suave MCD.....	46
Figura 2.16 Diagrama 1	49
Figura 2.17 Diagrama 2	51
Figura 2.18 Diagrama 3	53
Figura 2.19 Diagrama 4	55
Figura 2.20 Bloque LMQTT.....	57
Figura 2.21 Bloque MB Client	58
Figura 2.22 Programación Horaria	59
Figura 2.23 Programación Horaria	60
Figura 2.24 Programación Horaria	60
Figura 2.25 Validación	61
Figura 2.26 Motor Horario	61
Figura 2.27 Control de la bomba.....	62
Figura 2.28 Enlace con la Raspberry	62
Figura 2.29 Programación de bloques en NodeRed.....	64
Figura 2.30 Programación de bloques en NodeRed.....	65
Figura 2.31 Lectura del PAC3120 con la raspberry.....	66
Figura 3.1 Tablero de Control Antes	67

Figura 3.2 Implementación del tablero (Parte interior).....	69
Figura 3.4 Configuración horaria usando el timer	71
Figura 3.5 Vista del Dashboard.....	72
Figura 3.6 Obtención de Datos desde el PLC usando MQTT	73
Figura 3.6 vista principal del Dashboard	74
Figura 3.8 Lectura del PAC3120 usando el PLC	76

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Características de un Medidor de energía PAC 3120	30
Tabla 2. Características de un Convertidor de Modbus RTU.....	32
Tabla 3 Características de un HC-18A.....	33
Tabla 4. Características de un Floatless relay AFR-1.....	34
Tabla 5. Características de un Sitop PSU200M	36
Tabla 6. Características de un LZX PT570130 Relé Siemens.....	37
Tabla 7. Características de un Supervisor de voltaje 3UG4615-1CR20	38
Tabla 8. Características de un Switch de 5 puertos	39
Tabla 9. Características de un Transformador Elektra ETC-0150-480240	41
Tabla 10. Características de un Raspberry Pi 4	42
Tabla 11. Características de un PLC S7-1200 AC/DC/RLY.....	43
Tabla 12. Enlace de comunicación ePmP forcé 180	44
Tabla 13. Características de Guardamotor 3R20314JA15	45
Tabla 14. Características de un Arrancador suave MCD202.....	47
Tabla 15. Tabla de Costos	4772

CAPÍTULO 1

1. INTRODUCCIÓN

Santa Priscila conocido como el primer productor y exportador de camarones y tilapias del país, posee 58 fincas operativas con más de 18 hectáreas de piscina, donde los operadores se movilizan grandes distancias en motocicletas para el control y la activación de diferentes bombas encargadas del llenado de las piscinas camaroneras y almacenamiento de agua en un reservorio. Esta forma de trabajo diario hace que la empresa invierta grandes cantidades de dinero en combustible para la movilización y que los operarios pierdan mucho tiempo en operaciones que pueden ser optimizadas. Además, las bombas no tienen ningún sistema de monitoreo que permita al operario conocer si las bombas de cada piscina están funcionando de manera correcta o existe algún tipo de avería para poder resolver cualquier tipo de problema de manera anticipada y evitar que las piscinas queden vacías y puedan existir pérdidas en la producción.

Como solución a los diferentes problemas mencionado anteriormente se desea crear un sistema de monitoreo y control remoto de bomba sumergible, para el llenado del reservorio y las piscinas de forma manual y automática. Donde se buscará minuciosamente proyectos similares de monitoreo y control usados en piscinas camaroneras para determinar una solución viable y seleccionar los equipos adecuados. Para el sistema de control y monitoreo, además se procederá a la conexión, configuración y programación de los diferentes equipos a utilizar que se encontrará dentro de un tablero. Para el control de datos tanto de envío como recepción y almacenaje se trabajará con el protocolo MQTT. El operario podrá controlar y supervisar las bombas mediante un Dashboard que será diseñado de forma amigable con el usuario. Finalmente, el sistema de monitoreo y control remoto de la bomba sumergible permitirá que Santa Priscila pueda reducir los costos de combustible y tener una mejor producción debido a que el operario podrá controlar y monitorear de una manera sencilla la bomba desde el lugar en que se encuentre.

1.1 Descripción del problema

La operación de las estaciones de bombeo en función de la marea alta es un método tradicional en las piscinas acuícolas. El sistema actual de distribución de agua mediante bombas en las piscinas de Santa Priscila depende del comportamiento de la marea, pero se observa que el sistema de bombeo no proporciona una supervisión detallada y tampoco tiene capacidad de una respuesta rápida al momento del llenado y vaciado de las piscinas.

Los operadores tienen que recorrer largas distancias en motocicletas para el encendido y apagado de las bombas, esto genera grandes gastos en combustible, pérdida de tiempo, y a su vez puede dar lugar a situaciones subóptimas o a la operación innecesaria de las bombas.

Además, la falta de información en tiempo real sobre el estado y el rendimiento de las bombas limita la capacidad de realizar un mantenimiento predictivo, lo que puede resultar altos costos y tiempos de inactividad no planificados.

1.2 Justificación del problema

Para abordar estos desafíos y mejorar la eficiencia operativa, se requiere la implementación de un sistema de monitoreo y control remoto de las bombas sumergibles en las piscinas camaroneras. Este sistema permitiría supervisar continuamente el funcionamiento de las bombas y recopilar datos en tiempo real sobre variables como el caudal, la presión y el consumo de energía. Además, brindaría la capacidad de activar o desactivar las bombas de forma remota, lo que simplificaría las operaciones y permitiría una respuesta más rápida a las condiciones cambiantes del agua.

Con la automatización del encendido y apagado de la bomba se pretende llevar a cabo la supervisión de los parámetros eléctricos de la red con un

medidor de energías. Para lograr una gestión más integral, se plantea la incorporación de una Raspberry Pi, que permitirá enviar los datos recopilados a la nube. Esto no solo facilitará el acceso remoto a la información, sino que también abrirá la puerta a la creación de un Dashboard que proporcione una visión completa del rendimiento de la bomba y la eficiencia energética, además la implementación de un sistema de monitoreo y control remoto también facilitaría la programación de mantenimiento preventivo

Sin embargo, dado el entorno específico de las piscinas camaroneras, es esencial que todo el equipamiento esté protegido de las condiciones ambientales exteriores, que pueden ser desafiantes. Se requerirá una carcasa resistente y hermética que garantice la integridad de los componentes electrónicos y su funcionamiento sin problemas.

Además, se presta especial atención a la interfaz de usuario. Se busca una solución amigable y de fácil uso que permita al operador programar los horarios de encendido y apagado de la bomba de manera intuitiva. La simplicidad en la interacción con el sistema es clave para maximizar la eficiencia operativa y minimizar la posibilidad de errores.

En última instancia, este proyecto busca mejorar significativamente la eficiencia y la gestión del sistema de bombeo, al tiempo que reduce la necesidad de intervención manual constante, lo que puede resultar en un ahorro de costos operativos y una mayor confiabilidad en la operación de las piscinas camaroneras.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Implementar un Sistema de monitoreo y control remoto de una bomba sumergible para el llenado de un reservorio en un sector camaronero de Santa Priscila, utilizando IoT, mediante equipamiento industrial y sistemas embebidos

1.3.2 Objetivos Específicos

1. Realizar una comparación entre diferentes sistemas de monitoreo y control usados en camaroneras que se encuentren en bibliografía y en sistemas conocidos para valorar la mejor solución a implementar
2. Seleccionar los dispositivos adecuados para poder implementar el sistema de monitoreo y control.
3. Realizar el conexionado del equipamiento y la instrumentación seleccionada, para el adecuado funcionamiento del sistema.
4. Programar el PLC seleccionado para realizar el algoritmo de monitoreo y control adecuado a los requisitos del proyecto.
5. Implementar una interfaz de programación horaria para el uso de los operadores en modo manual
6. Utilizar el protocolo MQTT para el envío, recepción y almacenaje de datos en la nube.
7. Implementar una interfaz gráfica intuitiva tipo Dashboard que permita a los usuarios supervisar y controlar la bomba sumergible de manera efectiva, incluso en dispositivos móviles.

1.4 Marco teórico

Industria de acuicultura de camarones

La actividad de la cría de camarones en Ecuador se originó a finales de la del año 1960 inicialmente con la explotación dentro varios sectores de Salinas. Debido a su rentabilidad y a la demanda de camarones en el mercado alimenticio el cultivo de esta especie se expandió a tierras agrícolas y manglares. Con el paso de los años la comercialización de camarones ha tenido un crecimiento exponencial a nivel nacional e internacional, hoy en día Ecuador se consolidó como uno de los principales países exportadores de camarones a nivel mundial.

Elementos fundamentales en la infraestructura de una camaronera

Piscinas

Para la construcción de piscinas inicialmente se procede a remover cualquier tipo de material vegetal, al momento que se diseña las piscinas se debe tener en cuenta el compacto del terreno en la base y que grado de inclinación, esto permitirá que las piscinas se sequen de forma adecuado una vez que se haya realizado la cosecha.

La altura de las piscinas generalmente es de 1.5 o 2 [m] y posee una compuerta en la parte más baja que permite la recolección total de los crustáceos.



Figura.1.1 Piscinas camaroneras

Bombas de extracción

Dentro de las piscinas donde se cultivan los camarones son indispensables las bombas de extracción, estas tienen que estar ubicados en puntos clave donde el agua que se desea bombear hacia las piscinas esté en buena calidad y exista la cantidad suficiente para satisfacer el llenado de todas las piscinas al nivel necesario para obtener una producción óptima.



Figura 1.2 Bombas de extracción dentro de las piscinas camarones.

Conductos de suministro de agua

Por medio de estos canales el agua se transportará, iniciando desde la estación del bombeo y finalizará en las piscinas. En el caso de que durante el trayecto del recorrido se atraviesan sectores agrícolas o áreas de agua dulce, es menester cubrir los canales para prevenir la filtración de algún tipo de líquidos que contamine el cultivo. Un aspecto relevante que se debe tener en cuenta es un área de sedimentación, el cual es una zona donde se acumularán o se asentarán los materiales como partículas de tierra, arena lodo o materia orgánica. El mismo desempeña un papel importante garantizando la pureza del agua, protegerá la infraestructura y proporcionará un suministro de agua más limpia y segura para los cultivos de camarones.



Figura 1.3 Conductos de los suministros de agua

Conductos de alimentación y descarga

Los conductos se encuentran recubiertos de mallas, redes o filtros estos componentes forman un tipo de barrera que impide que materiales contaminantes puedan entrar al interior de las piscinas. Estos tipos de canales son utilizados para el cambio de agua que las piscinas necesitan cada cierto

tiempo y de esta forma permitir que los camarones alcancen su crecimiento máximo.



Figura 1.4 Conductos de alimentación y descarga

Sistema de bombeo

Un sistema de bombeo se compone de una serie de componentes y dispositivos diseñados con el propósito de transferir líquidos o fluidos desde un punto de partida hasta un destino final a través de la acción de una bomba. Estos sistemas desempeñan un papel crucial en una amplia gama de aplicaciones, que van desde la tarea más simple de proporcionar agua potable en un hogar hasta operaciones industriales a gran escala.

En la esencia de estos sistemas, encontramos una bomba y un accionador, que puede ser un motor eléctrico o un motor de combustión. El propósito del accionador es generar energía mecánica para impulsar el funcionamiento de la bomba, que a su vez convierte esta energía en energía cinética. El resultado de este proceso es la transferencia de fluidos a través de la generación de presión, desplazamiento y velocidad.

Es importante destacar que este tipo de sistema de bombeo es ampliamente utilizado en la industria camaronera, específicamente en la fase de llenado de los reservorios con agua de manglar. Una práctica común en estos entornos es aprovechar el aumento del nivel del agua que se produce con la marea alta para iniciar el proceso de distribución hacia las piscinas camaroneras designadas.

Este sistema proporciona una solución eficaz para el transporte de grandes volúmenes de agua y cumple un papel esencial en la operación de las piscinas camaroneras. El proceso de llenado y distribución se sincroniza con los ciclos naturales de la marea, lo que optimiza el uso de los recursos hídricos y contribuye a la eficiencia de la industria camaronera en general.



Figura 1.5 Sistema de Bombeo

Componentes principales de un sistema de bombeo

Bomba

La pieza central de un sistema de bombeo es la bomba, que cumple la función principal de transformar la energía mecánica en energía fluida. Este equipo opera mediante la manipulación de dos parámetros físicos fundamentales: la presión y el flujo. En el mercado, se encuentran disponibles dos categorías de bombas: las eléctricas y las mecánicas.

La elección adecuada de una bomba depende de diversos factores, como el tipo de líquido o gas a transportar, la capacidad requerida, la durabilidad, la eficiencia y la presión necesaria. También es esencial considerar las condiciones operativas, como la temperatura y las condiciones ambientales en las que operará la bomba.

Un punto crucial que no debe pasarse por alto es la importancia del mantenimiento preventivo. Realizar un mantenimiento adecuado de la bomba contribuye a prevenir interrupciones costosas en la operación y evita la necesidad de realizar reparaciones costosas de emergencia.

Motor

Es el corazón de un sistema que permite la conversión de un tipo de energía a otra, es decir, realiza el cambio de energía eléctrica o de combustión en trabajo mecánico, esta acción permite que la bomba genere un tipo de corriente en el líquido para que pueda ser trasladado hasta el punto de destino.

Válvulas

Son elementos mecánicos que permite darle continuidad o parar un compuesto líquido o gaseoso, podemos encontrar una gran variedad en el mercado dependiendo del uso que se necesite dar, en el mercado de válvulas podemos encontrar válvulas de aislamiento, retención, seguridad y regulación.

Tuberías y conductos

Son medios que permite la circulación o transporte de líquido o gas, estos son fabricados de distintos tipos de material. Aquellos pueden ser PCV, metal o fibra de vidrio y su selección depende de que elemento se desea circular.

Filtros

Los filtros dentro de un sistema de bombeo ayudan a evitar la entrada de elementos contaminantes al momento de trasladar el fluido de un punto a otro, además los filtros alargan la vida útil del sistema. Porque forman una barrera que impide el paso de materiales que puedan dañar los equipos en el proceso de bombeo.

Tipos de bombas

Bomba mecánica

Este dispositivo, que aprovecha la energía de fuentes mecánicas como manivelas, levas o motores de combustión interna, se emplea para generar movimiento en un fluido. El funcionamiento de estas bombas mecánicas se rige por su diseño y tipo, aunque, en general, siguen el principio de transportar el fluido de un punto a otro mediante acción mecánica.

Este tipo de bombas, son esenciales en diversas aplicaciones, y su elección se basa en factores como el tipo de fluido a transportar, la capacidad requerida, la eficiencia y las condiciones operativas específicas. A menudo, estas bombas son utilizadas en situaciones donde se necesita un mecanismo de transferencia robusto y confiable, como en aplicaciones industriales y en el campo de la construcción. El conocimiento del principio de funcionamiento y la selección adecuada de bombas mecánicas son cruciales para garantizar un rendimiento óptimo en una variedad de contextos.

Bomba eléctrica

La bomba eléctrica que se utiliza para el transporte del agua posee una entrada de un tubo que permite la succión del líquido, es impulsada por el motor que produce un campo magnético, debido al trabajo de los imanes juntamente con las bobinas que permite que el líquido sea transportado de un punto a otro.

Este tipo de bombas, requieren una fuente de energía confiable para su funcionamiento. Esta fuente de energía puede ser un tomacorriente estándar, un generador o incluso un dispositivo eléctrico industrial, esto varía según la aplicación y las necesidades del usuario. Por otro lado, para su accionamiento, además de su control, se usan controladores eléctricos, como arrancadores o variadores de frecuencia, puesto que son utilizados para encender, apagar el motor y controlar su velocidad.

Estos componentes son fundamentales para gestionar el rendimiento y la eficiencia de la bomba.

Sistemas de bombeo implementados en la actualidad

En algunos sistemas encontrados en la Web se observa, que el transporte de fluido y su adecuado tratamiento se realiza mediante sistemas de bombas centrífugas. Esta técnica ha ganado mucha fuerza a nivel industrial debido a su sencilla instalación y su bajo costo de implementación. Actualmente se busca prolongar la vida útil de los equipos, para que los sistemas trabajen de manera continua y sin fallas (Rodríguez, 2023). Por esta razón se centra como objetivo el diseño de una solución basada en IoT para realizar el monitoreo y cálculo del rendimiento dentro de los sistemas de Bombas Centrífugas. Para conocer las variables físicas como presión, flujo y nivel, se utilizaron varios tipos de sensores (Rodríguez, 2023) además de los medidores de energía eléctrica para conocer el consumo que produce la bomba y el motor (Rodríguez, 2023).

El valor de cada una de las variables obtenidas en campo, mediante la configuración de un enlace OPC-UA será trasladado del sistema de bombeo hasta un Gateway industrial, que se basa en la computación en el borde con el fin de tener una respuesta en tiempo real. Dentro de los valores que son analizados también se encontrarán las pérdidas teóricas que ocurren por fricción, para así poder obtener una gráfica que visualice la curva del sistema. Todos los datos que son tomados del sistema serán enviados a la nube que contiene una infraestructura de datos SQL, a su vez, para el análisis y el control de los datos, contiene un interfaz que permitirá al usuario monitorear parámetros importantes del sistema y observar la eficacia del trabajo de los motores (Rodríguez, 2023).

En la actualidad dentro de las industrias encontramos una gran cantidad de sistemas de bombas automatizados, su automatización se basa en el control de temperatura del motor (Huaranga, 2020).

Las bombas básicas dentro de los hogares no cuentan con un analizador de temperatura como las bombas industriales, la falta de control en la temperatura provoca que una gran cantidad de bombas se averíen (Huaranga,

2020). Para solucionar dicho problema se plantea el diseño de un sistema de control de monitoreo de temperatura para motores de bomba de agua de 0.75 kW, para lo cual se utilizará un sistema de control de lazo cerrado. Para el control del sistema se ha diseñado un software en Proteus VSM ya que es un entorno visual de tipo CAD (Huaranga, 2020).

El control se realizará mediante comparación del valor medido con el valor deseado, dependiendo de que resultados se obtenga de dicha comparación se activará un relay que permitirá el encendido y el apagado del sistema. Además, se crea una tarjeta de control, sus principales dispositivos que lo componen es Arduino Nano, microcontrolador Atmega328P, integrado FT232RL, relay, transistor (Huaranga, 2020). Finalmente se elabora un Firmware en el entorno de Arduino IDE, utilizando para su codificación el lenguaje C++ y librerías propias de Arduino (Huaranga, 2020).

En resumen, el nivel técnico de los sistemas de monitoreo y control de bombas ha experimentado avances significativos debido a los avances tecnológicos y a los crecientes requisitos de eficiencia, seguridad y sostenibilidad. Este progreso ha revolucionado la forma en que gestionamos los sistemas de bombeo, proporcionando una mayor capacidad de supervisión y control sobre el rendimiento de las bombas en una variedad de aplicaciones. A medida que la industria y la sociedad en general han aumentado su enfoque en la eficiencia energética y la reducción de la huella de carbono, la optimización de los sistemas de bombeo se ha vuelto esencial.

Uno de los desarrollos clave en esta evolución es la adopción generalizada de sensores avanzados que monitorean constantemente las condiciones de operación de las bombas. Estos sensores recopilan datos sobre variables como la temperatura, la presión, el caudal y la vibración. Estos datos son luego transmitidos a una plataforma centralizada que utiliza tecnología de nube para el almacenamiento y análisis de datos. Esto permite a los operadores

supervisar en tiempo real el rendimiento de las bombas desde cualquier ubicación con acceso a Internet. Además, la inteligencia artificial y el aprendizaje automático se han implementado para detectar patrones y tendencias, lo que puede ayudar a prever problemas antes de que ocurran.

La combinación de sensores avanzados, tecnología de nube y análisis de datos ha abierto nuevas oportunidades para el mantenimiento predictivo. En lugar de depender de un mantenimiento programado en función del tiempo, las bombas ahora pueden someterse a mantenimiento justo cuando es necesario. Esto no solo reduce los costos de mantenimiento, sino que también minimiza el tiempo de inactividad no planificado.

Además, la conectividad y la interoperabilidad de estos sistemas han permitido una mayor automatización y control. Los operadores pueden ajustar la velocidad de las bombas o cambiar su configuración en función de las condiciones cambiantes, lo que optimiza la eficiencia y ahorra energía. A continuación, se muestran algunos dispositivos y tecnologías más utilizados en el proceso de automatización en la actualidad:

IloT (Internet de las cosas industrial)

Los sistemas de control y monitoreo de bombas aprovechan el Internet de las cosas para la recopilación y transmisión de datos en tiempo real. Esto nos permite monitorear el estado de la bomba, las condiciones ambientales y otros factores importantes desde una ubicación remota, lo que permite una toma de decisiones y un mantenimiento predictivo más efectivos.

Estos datos son transmitidos a través de una red inalámbrica hacia una plataforma de monitoreo centralizada, lo que permite a los operadores monitorear continuamente el rendimiento de la bomba en cualquier lugar donde tengan acceso a Internet. Además, la automatización inteligente

basada en estos datos puede tomar decisiones informadas en tiempo real, como ajustar las velocidades de las bombas para optimizar la eficiencia energética o programar el mantenimiento preventivo cuando sea necesario, reduciendo los costos y el tiempo de inactividad.



Figura 1.6 El internet de las cosas

Sensores inteligentes:

Se emplean sensores de alta tecnología para la medición de múltiples parámetros, incluyendo caudal, presión, temperatura y vibración. La información recopilada por estos sensores tiene la capacidad de detectar posibles inconvenientes antes de que se materialicen, al tiempo que permite optimizar el funcionamiento de la bomba

Estos avanzados sensores también permiten una supervisión continua y detallada del sistema, brindando a los operadores la capacidad de ajustar parámetros en tiempo real para garantizar la operación óptima y la eficiencia energética.



Figura 1.7 Sensores inteligentes

Control automático

Un sistema de control basado en algoritmos avanzados es una pieza fundamental en la gestión eficiente de bombas. Estos algoritmos están diseñados para evaluar constantemente las condiciones ambientales y los parámetros operativos de la bomba. Al hacerlo, permiten una respuesta en tiempo real que optimiza el rendimiento del sistema y minimiza los costos operativos

Una de las características clave de estos sistemas de control es su capacidad de ajuste automático. A medida que las condiciones ambientales cambian, como las variaciones de temperatura o la demanda de agua, el sistema ajusta la velocidad y la potencia de la bomba para satisfacer las necesidades actuales.

Además, la adaptabilidad del sistema de control también conlleva un beneficio importante en términos de vida útil de la bomba. Al evitar el funcionamiento innecesario o el sobreesfuerzo, se reduce el desgaste de los componentes y se prolonga la duración de la bomba, lo que ahorra costos a largo plazo en reparaciones y reemplazos.



Figura 1.8 Control automático

PLC

Como sus siglas lo indican, es un controlador lógico programable, este dispositivo automatizado cuenta con un sistema informático de control industrial, que permite monitorear de manera constante el estado de los dispositivos de entrada y enviar señales de salida basándose en un programa creado por el usuario. Este aparato electrónico programable tiene la capacidad de guardar diversas instrucciones, tales como funciones lógicas, secuencias de acciones, operaciones temporizadas, contadores y operaciones matemáticas (Quijia & Gaibor, 2019).

Los controladores lógicos programables en el pasado no estaban al alcance de las pequeñas y medianas empresas, debido a sus costos elevados y la complejidad de su programación. Sin embargo, con el transcurso del tiempo, las empresas comenzaron a reconocer su gran importancia y la necesidad de mejorar su productividad. Hoy en día el PLC es uno de los dispositivos centrales más importante dentro de la automatización de sistemas.

Características



Figura 1.9 PLC SIEMENS S7-1200

Un controlador Lógico Programable (PLC) posee las siguientes características:

- Permite el control tanto de las entradas como las salidas de forma sencilla.
- Permite programar en lenguajes de texto y lenguaje gráficos.
- Poseen memorias donde se puede guardar variables importantes.
- Permite el control de sistemas en tiempo real.

Ventajas y Desventajas de un PLC

Los PLC han sido desarrollados para resistir vibraciones, variaciones de temperatura e impactos en entornos industriales, otras de las ventajas significativas son la reducción de costos en la construcción de tableros de control para las máquinas, observar en tiempo real los procesos de producción y detección de fallas.

Por otro lado, también se deben considerar las desventajas que se encuentran en esta tecnología, entre las cuales se encuentra la necesidad de contar con un personal altamente capacitado para supervisar, mantener y poner en

funcionamiento los equipos. Asimismo, esta tecnología exige una demanda constante de actualización, lo cual requiere adquirir equipos con características más avanzadas a un costo mayor.

Arrancadores

Se trata de los dispositivos de control eléctrico que posibilita el proceso de incrementar gradualmente la velocidad de un motor desde su estado de reposo hasta alcanzar la velocidad requerida para su funcionamiento óptimo. Este controlador despliega una funcionalidad esencial al regular de manera progresiva la corriente hasta que el motor se encienda de manera segura, asegurando así un arranque suave y eficiente sin generar impactos bruscos que pueden afectar su funcionamiento.



Figura 1.10 Arrancadores

Ventajas de arrancadores suaves

- Elimina picos de corriente generados en el arranque del motor.
- Aumenta la vida útil del motor y protege redes eléctricas.
- Ahorro en costos de reparación en dispositivos eléctricos.

Variadores de velocidad

Este dispositivo eléctrico permitirá controlar tanto el voltaje como la frecuencia para así poder dar al motor la velocidad en la cual se desea que trabaje. El variador de velocidad se encontrará en medio del suministro de energía y el motor, al momento que la energía entra al variador tenemos la primera etapa de rectificación, es decir el cambio de corriente alterna a corriente continua, a su vez, dicha señal de entrada pasará por un conjunto de condensadores que se encargará de suavizar la señal. En la etapa final ingresa al inversor para volver a su estado inicial que es la corriente alterna.



Figura 1.11 Arrancadores de Velocidad

Ventajas de variadores de velocidad

- Permite variar las velocidades del motor
- Alarga la vida útil del motor controlando el encendido y apagado
- Disminuye el consumo de energía
- Protege al motor de sobrecargas en el sistema de alimentación

En resumen, se usan variadores de velocidad cuando se requiere control preciso y continuo de la velocidad del motor, mientras que los arrancadores se

emplean principalmente para facilitar un arranque suave y proteger el motor y el sistema eléctrico durante este proceso.

Controlador de horarios programables

Estos dispositivos permiten la manipulación del tiempo y su programación, el uso de controlador se ha extendido a varios sectores industriales y residenciales este permitiendo una disminución en costos de energía y ofreciendo una vida más cómoda a sus usuarios.

Son utilizados a la hora de activar y desactivar alumbrados, calefacción, bombas de agua, alarmas, puertas eléctricas. En el mercado podemos encontrar dos tipos de controladores de horarios: analógico y digital; el controlador analógico permite que se programe la activación en una hora o día específico de manera constante, mientras que el controlador digital nos permite seleccionar diferentes horas o días para que pueda entrar en funcionamiento.



Figura 1.12 Controlador de horarios programables

Ventajas del controlador de horarios programables

- Ahorro en costos de energía
- Alarga la vida útil de los equipos

- Fácil manejo
- Permite al usuario tener una vida más cómoda

Sistemas de embebidos

Son sistemas que presentan un microprocesador o microcontrolador los cuales están incorporados dentro de los dispositivos electrónicos o máquinas, están compuestos tanto de hardware como de software. En su núcleo estos sistemas son los responsables del proceso de información, supervisión y control de funciones específicas en un dispositivo. Está encargado de controlar y coordinar las funciones de dicho dispositivo, procesando datos y ejecutando tareas específicas.

Los sistemas de embebidos son diseñados para ser manejados por doce microprocesadores o microcontroladores. Por lo general se programan de manera concisa mediante el lenguaje ensamblador del propio microcontrolador que está integrado en sí mismo, aunque también es posible programarlo utilizando compiladores específicos. (Ross, 2020)



Figura 1.13 Sistemas de embebidos

Características de los sistemas de embebidos

- Son capaces de recibir actualizaciones, es posible reprogramar un mismo sistema de embebido para desempeñar labores más complejas, con mayor eficiencia para corregir posibles fallas.
- Contribuyen a mejorar el rendimiento mecánico de otros dispositivos al gestionar o reducir la cantidad de tareas realizadas por un sistema determinado.
- Se caracterizan por ser fiables, eficientes y de bajos costos.

Comunicación inalámbrica (enlace)

En tiempos pasados este tipo de comunicación era la más usada en lugares donde era imposible la conexión con cable, hoy en día a tomado mucha fuerza esta tecnología inalámbrica entre las cuales se tiene Wifi, Bluetooth, laser, infrarrojo. Existen varios tipos de enlaces inalámbricos: punto a punto, punto a multipunto, red WLAN(Wifi). Los enlaces punto a punto trabajan en un rango de 500[m] a 80[Km] permitiendo la conexión de 2 redes remotas y son usadas en la comunicación de red, internet, video. Los enlaces punto a multipunto trabajan hasta 250 Mbps por sector. Este enlace es una conexión en la que varios elementos están conectados al mismo medio y, opcionalmente, pueden reconocerse entre sí. Este tipo de conexión utiliza un método de distribución inalámbrica para conectar múltiples dispositivos. Las redes Wi-Fi también funcionan en canales de frecuencia con alcance limitado de forma predeterminada: 2,4 GHz: Tiene un alcance de 45 metros en interiores y aproximadamente 90 metros en exteriores. 5 GHz: el alcance de comunicación es de 15 metros en interiores y 30 metros en exteriores.



Figura 1.14 Tipos de enlaces inalámbricos

Routers

Es un dispositivo intermediario entre los nodos de la red y el internet, el cual sirve para interconectar redes informáticas. Su función es guiar, dirigir y transmitir el tráfico de datos a través de la red para garantizar que llegue de manera eficiente y segura a su destino. Los routers operan en la capa de red del modelo OSI (Open Systems Interconnection) y se utilizan comúnmente en entornos domésticos, oficinas y en la infraestructura de internet. Estos dispositivos son fundamentales para la comunicación entre diferentes redes, ya sea una red local (LAN) o la conexión a internet, y permiten la conexión de múltiples dispositivos a una red para compartir recursos y acceso a internet.



Figura 1.15 Routers

Características de un router

- Ofrece cobertura y alcance a los usuarios que desean conectarse a Internet.
- Brinda seguridad a la red.
- Dispone de la capacidad para realizar conexiones simultáneas y cuenta con múltiples puertos disponibles.
- Posee una alta velocidad de transferencia y tiene la capacidad de aumentar el rendimiento en la señal.

Pasarelas

Una pasarela (gateway en inglés) es un dispositivo o software que actúa como un punto de entrada o salida entre dos redes diferentes, permitiendo la comunicación entre ellas, incluso si utilizan diferentes protocolos de comunicación. Las pasarelas son fundamentales para establecer la conexión y facilitar la transferencia de datos entre redes heterogéneas.

Podemos encontrar varios tipos de pasarelas:

- Pasarelas de red: Son dispositivos físicos o software que permiten la conexión entre redes de diferentes tipos, como una pasarela entre una red local (LAN) y una red amplia (WAN) como internet. Estos dispositivos traducen los datos desde el formato de una red a otro para que puedan ser entendidos por ambas redes.
- Pasarelas de protocolo: Permiten la comunicación entre dispositivos que utilizan diferentes protocolos de red. Por ejemplo, una pasarela de protocolo puede permitir la comunicación entre una red que utiliza el protocolo TCP/IP y otra que utiliza el protocolo IPX/SPX.
- Pasarelas de aplicaciones: Facilitan la interoperabilidad entre aplicaciones o sistemas que utilizan distintos lenguajes de programación, estructuras de datos o protocolos de comunicación. Estas pasarelas son comunes en entornos empresariales donde se integran sistemas heredados con tecnologías más modernas.

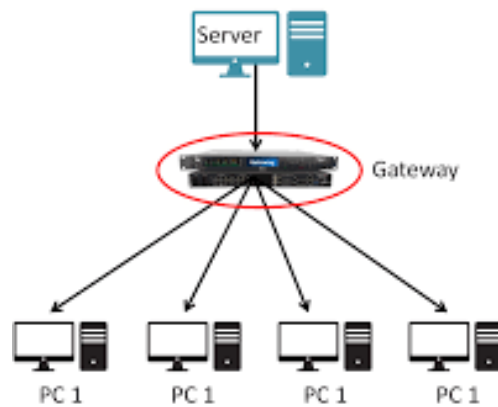


Figura 1.16 Pasarelas

CAPÍTULO 2

2. METODOLOGÍA



Figura 2.1 Metodología a utilizar

Tomando en consideración los requerimientos solicitados por la industria pesquera Santa Priscila S.A, se ha analizado minuciosamente el sistema con que trabaja actualmente el llenado de reservorio. Para realizar un cambio total en el sistema de llenado se hace la selección de equipos para el monitoreo y control remoto de una bomba sumergible, entre los equipos a utilizar se considera disyuntores, medidor de energía, Zlan-5143D, HC-18A, Floatless relay AFR-1, Sitop PSU200M, Relé LZX, Supervisor de voltaje, Switch, Transformador, Raspberry pi 4, PLC, Enlace de comunicación ePmP, Guardamotor, Arrancador suave. Para que el usuario pueda controlar y supervisar la bomba se realizará un dashboard mediante programación de bloques en Node-Red. Además, se realizará la programación en TIA Portal V17 para la transmisión de datos a través de MQTT y en el ordenador Raspberry pi 4 se encontrará un bróker local que consolidará y gestionará los datos provenientes de todos los dispositivos conectados al switch.

Finalmente se realizará las pruebas respectivas para demostrar su funcionamiento y por consiguiente se realiza un análisis de costo del sistema automatizado terminado.

Análisis de camaronera Santa Priscila

Santa Priscila es uno de los principales sectores productores y exportadores de camarones, esta empresa fue fundada en 1976, sus piscinas camaroneras están conformado aproximadamente con más de 18 hectáreas las cuales se encuentra ubicadas en Chanduy, Churute y Taura. Estas fincas cuentan con los elevados estándares en los protocolos de bioseguridad, tanto en cría como también en su exportación, lo mismo que ha hecho que obtengan una buena opinión por parte de los mercados destinatarios.

Para finales del año 2021, esta empresa logra convertirse en la principal compañía exportadora de camarones, ya que en su historia Santa Priscila tiene como desafío impulsar el desarrollo de una industria acuícola sostenible, y contar con una tecnología no solamente eficiente sino también amigable, la misma que cuide al medio ambiente.

Selección de instrumentos y equipos a utilizar

Medidor de energías PAC-3120

El Medidor de Energías PAC 3120, fabricado por Siemens, es un dispositivo avanzado de medición de energía eléctrica ampliamente utilizado en aplicaciones industriales y comerciales para el monitoreo y registro preciso del consumo de energía. Este medidor de energía dentro del proyecto será el encargado del control de la red eléctrica en nuestro tablero, el cual cuenta con

tecnología de vanguardia y desempeña un papel fundamental en la gestión eficiente de recursos y en la optimización de costos para empresas y organizaciones.

Además, el PAC 3120 está diseñado con capacidades de comunicación que facilitan la integración con sistemas de control y software de monitoreo centralizado. Esto permitirá a nuestros usuarios acceder a datos en tiempo real y gestionar eficazmente el consumo de energía dentro del sistema automatizado



Figura 2.2 Medidor de energía PAC 3120

Interfaz	RS485
Dos entradas digitales	Pasivas integradas multifuncionales.
Dos salidas digitales	Integradas multifuncionales
Ue nominal	690/400 V 45-65 Hz.
Ie nominal	X/1 A o bien X/5 A AC.
Energía auxiliar	100...250 V +- 10 %.

Tabla 1. Características de un Medidor de energía PAC 3120

Zlan-5143D

El Zlan-5143D, en su rol esencial como convertidor de Modbus RTU a Modbus TCP/IP, desempeña un papel crucial en la convergencia de tecnologías de comunicación en entornos industriales y de automatización. Su capacidad para establecer un puente entre estos dos protocolos de comunicación es particularmente valiosa.

Este dispositivo será utilizado dentro del proyecto para llevar los datos obtenidos del medidor de energías PAC-3120 hacia el Raspberry, ya que PAC-3120 contiene el protocolo de comunicación Modbus RTU con un interfaz de comunicación rs485, dicho protocolo será cambiado Modbus TCP/IP que tiene como interfaz principal el Internet. De esta forma no solo se permitirá la comunicación en tiempo real, sino que también habilita la integración de estos dispositivos en sistemas de control y supervisión basados en tecnologías de red más modernas.



Figura 2.3 Convertidor de Modbus RTU

Puerto serial tres en uno	RS232/RS485/RS422
Voltaje de trabajo	9-24 [V] DC
Corriente de trabajo	145[mA] a 9[V]
Velocidad en baudios	1200~115200bps
Data bits	5 ~ 9
Temperatura de funcionamiento	-40~85°C

Tabla 2. Características de un Convertidor de Modbus RTU

HC-18A

El HC-18A es un dispositivo electrónico muy versátil y altamente funcional que combina las capacidades de un relé interruptor con las características de un temporizador digital multi tiempo. Su diseño y funcionalidad hacen que sea una solución eficaz para una amplia variedad de aplicaciones que requieren la activación o desactivación de cargas eléctricas en momentos específicos o en intervalos de tiempo predefinidos. Este dispositivo ofrece un control preciso y fiable sobre la temporización de eventos, lo que es esencial en entornos industriales, comerciales y de automatización.

El HC-18A tiene la capacidad de programar y ajustar múltiples tiempos de operación, proporcionando un alto grado de flexibilidad en la gestión de sistemas eléctricos y de control.

Se puede observar que este dispositivo puede ser muy útil dentro de nuestro proyecto, ya que ayudará al operario en la programación manual del encendido y apagado de la bomba en el momento que se produzca algún problema dentro de la parte automática, porque este dispositivo permite establecer el día y la hora donde se desee que se apague o encienda un equipo, para este caso sería que se pague o prenda una bomba de agua.



Figura 2.4 HC-18A

Capacidad de carga eléctrica	16Amp (4A inductivo)
Tensión de alimentación	220v
Capacidad de programación	Encendido y apagado 16

Tabla 3 Características de un HC-18A

Floatless relay AFR-1

El AFR1 es un dispositivo electrónico utilizado como un sensor de nivel que opera sin necesidad de flotadores mecánicos. Este tipo de relé es una solución avanzada y eficaz para supervisar y regular el nivel de líquidos en tanques, pozos, sistemas de bombeo y otros contextos donde mantener un nivel específico es fundamental. A diferencia de los sensores de nivel convencionales, que dependen de flotadores mecánicos, el AFR1 utiliza tecnología electrónica para detectar el nivel del líquido. Esta característica lo hace más confiable y duradero, ya que no incorpora partes móviles susceptibles al desgaste y a posibles bloqueos con el tiempo.

El AFR1 ofrece numerosas ventajas, incluyendo su resistencia a la corrosión, la facilidad de instalación y su versatilidad para funcionar con diversos tipos de líquidos, desde agua hasta productos químicos corrosivos. Además, su

naturaleza electrónica permite una medición y control más precisos del nivel de líquido, lo que lo convierte en una elección popular en aplicaciones de automatización e industrias de control de procesos.

Debido a lo mencionado anteriormente, este equipo sería útil dentro del proceso de automatización que estamos trabajando, para poder controlar el llenado y vaciado del reservorio camaronero, debido a que las granjas están ubicadas en zonas de agua oceánica



Figura 2.5 Floatless relay AFR-1

Voltaje nominal	AC:110V,220V,240V
Frecuencia	50/60HZ
Voltaje de funcionamiento	85~110% Voltaje nominal
Tiempo de respuesta	Funcionamiento:80 MSEC MAX.Liberación:160MSEC MAX.
Energía consumida	3.2VA

Tabla 4. Características de un Floatless relay AFR-1

Sitop PSU200M

El SITOP PSU200M 5A de Siemens, es una fuente de alimentación estabilizada y es una solución robusta diseñada para entornos industriales, con una potencia nominal de hasta 240 W y una corriente nominal de 5 A. Este dispositivo proporciona una alimentación eléctrica confiable y estable a sistemas y maquinaria industriales, asegurando un funcionamiento consistente incluso en condiciones de fluctuaciones en la entrada de corriente. Su diseño modular permite la expansión con módulos adicionales para funciones más específicas. Este dispositivo se utilizará dentro del proyecto para la alimentación del Switch Hirschmann SPIDER-SL-20-05T1 y Zlan-5143D.



Figura 2.6 Sitop PSU200M

Voltaje de alimentación	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 at AC 120 ... 230 V ● 2 at AC 230 ... 500 V
Voltaje de entrada	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 at AC 85 ... 264 V ● 2 at AC 176 ... 550 V
Frecuencia nominal de línea 1	50 Hz
Frecuencia nominal de línea 2	60 Hz
Corriente de entrada	<ul style="list-style-type: none"> ● a tensión nominal de entrada 120 V 4.4 A ● a tensión nominal de entrada 230 V 2.4 A

Tabla 5. Características de un Sitop PSU200M

Relé LZX:PT570730

El relé enchufable Siemens LZX:PT570730 se encuentra diseñado pensando en la practicidad de su instalación en zócalos LZS estándar, el cual cuenta con 4 contactos conmutados, lo que nos permite gestionar cargas eléctricas de hasta 6 A a 230 V de corriente alterna. Su diseño compacto, con un ancho de 22,5 mm, facilita su integración en espacios reducidos, proporcionando una solución eficiente para diversas aplicaciones.

En entornos eléctricos y de automatización, contar con relés conmutados resulta esencial. Estos dispositivos desempeñan un papel crucial al conectar o desconectar circuitos en respuesta a señales eléctricas o electrónicas. En el caso de este relé Siemens, su capacidad para controlar hasta cuatro circuitos independientes añade versatilidad a su funcionalidad. Esto lo convierte en una opción práctica para optimizar el control y la automatización en distintos escenarios industriales.



Figura 2.7 LZX PT570730 Relé Siemens

Corriente térmica	6A
Tensión de alimentación del circuito de mando AC	<ul style="list-style-type: none"> ● con 50 Hz valor asignado 230 V ● con 60 Hz valor asignado 230 V
Frecuencia de la tensión de alimentación de mando	<ul style="list-style-type: none"> ● 1 valor asignado 50 Hz ● 2 valor asignado 60 Hz

Tabla 6. Características de un LZX PT570130 Relé Siemens

Supervisor de voltaje 3UG4615-1CR20

El supervisor de voltaje Siemens 3UG4615-1CR20 se presenta como una herramienta esencial en el ámbito industrial, destinada a la vigilancia y gestión eficaz del suministro eléctrico. Su diseño integral y avanzadas características se orientan hacia la preservación de la estabilidad del voltaje, garantizando así un entorno eléctrico confiable para los equipos conectados. Con la capacidad de llevar a cabo mediciones precisas del voltaje, este dispositivo se destaca por su habilidad para detectar desviaciones en los niveles de voltaje, permitiendo una rápida respuesta ante cualquier variación indeseada. Además, la versatilidad de este dispositivo se manifiesta en sus capacidades

de activar alarmas o desconectar cargas automáticamente, brindando una capa adicional de protección ante fluctuaciones perjudiciales. Estas funcionalidades combinadas reflejan un enfoque proactivo y robusto para salvaguardar la integridad de los sistemas eléctricos en entornos industriales exigentes



Figura 2.8 Supervisor de voltaje 3UG

Tipo de corriente	<ul style="list-style-type: none"> ● para vigilancia AC ● de la alimentación de tensión de mando AC
Resistencia a vibraciones	1 ... 6 Hz: 15 mm, 6 ... 500 Hz: 2g
Tensión de alimentación del circuito de mando con AC	<ul style="list-style-type: none"> ● con 50 Hz valor asignado 160 ... 690 V ● con 60 Hz valor asignado 160 ... 690 V
Tensión de aislamiento	<ul style="list-style-type: none"> ● para categoría de sobretensión III según IEC 60664 — con grado de contaminación 3 valor asignado 690 V

Tabla 7. Características de un Supervisor de voltaje 3UG4615-1CR20

Switch Hirschmann SPIDER-SL-20-05T1

El switch Hirschmann SPIDER-SL-20-05T1 es una solución compacta y resistente para entornos industriales que requieren conectividad Ethernet confiable. Posee cinco puertos, este switch no gestionado ofrece una instalación sencilla y es capaz de soportar condiciones adversas, como vibraciones y temperaturas extremas. Dentro del proyecto se utilizará para conectar todos nuestros dispositivos tales como, PLC, Raspberry Pi 4, El Convertidor Modbus y el enlace de comunicación. Este Switch nos proporcionara una conectividad estable al momento de transmisión de datos.



Figura 2.9 Switch de 5 puertos

Tensión de funcionamiento	12/24 V DC (9.6 - 32 V DC)
Consumo de corriente	Max. 55 mA
Consumo de energía	Max. 1.3 W, 4.6 Btu (IT) h
Temperatura de funcionamiento	0 °C ... 60 °C
Temperatura de almacenamiento/transporte	-40 °C ... 70 °C

Tabla 8. Características de un Switch de 5 puertos

Trasformador Elektra ETC-0150-480240

Estos dispositivos desempeñan un papel fundamental al proporcionar una fuente de energía estabilizada y adaptada a las necesidades específicas de los sistemas de control en entornos industriales. Los dispositivos de control llamados transformadores desempeñan un papel crucial en el mantenimiento de fiabilidad y efectividad de los circuitos de diversos equipos y maquinas. Su habilidad para regular y modificar la corriente eléctrica asegura un suministro estable y seguro, es un elemento fundamental para el correcto funcionamiento de los sistemas de automatización y control en entornos industriales desafiantes. El transformador Elektra ETC-0150-480240 será utilizado principalmente para la suministración de energía al PLC S7-1200 AC/DC/RLY, medidor de energías PAC-3120, Floatless relay AFR-1, además de una lámpara fluorescente que servirá para el alumbrado de tablero interno.



Figura 2.10 Transformador Elektra ETC-0150-480240

Voltaje en el devanado primario	240V/480V
Voltaje en el devanado secundario	120V/240V
Corriente	0.63A
Frecuencia	60Hz
Potencia	150VA

Tabla 9. Características de un Transformador Elektra ETC-0150-480240

Raspberry pi 4

Dentro del proyecto la Raspberry Pi 4 se conectará al switch a través de su puerto Ethernet, desempeñando el papel de un nodo central. Esta placa única albergará un bróker local que consolidará y gestionará los datos provenientes de todos los dispositivos conectados al switch. Los datos recopilados serán centralizados y accesibles a través de un Dashboard desarrollado en Node-RED, proporcionando a los operadores una interfaz intuitiva para la configuración de horarios y control del encendido y apagado de la bomba. De esta forma podremos tener una solución eficiente para la supervisión y gestión remota de dispositivos, permitiendo una interacción ágil y personalizada con el sistema en tiempo real.



Figura 2.11 Raspberry Pi 4

Cuatro núcleos	ARM-Cortex A72 de 64 bits a 1,5 GHz
Opciones de memoria	RAM LPDDR4 de 1, 2 y 4 gigabytes
Descodificación por hardware	H.264 (hasta 1080p60)
Bluetooth	5.0 con BLE
Gráficos	3D VideoCore VI, soporte de salida doble HDMI hasta 4Kp60

Tabla 10. Características de un Raspberry Pi 4

PLC S7-1200 AC/DC/RLY

Este PLC nos permitirá la transferencia de datos a la nube al conectarse a una Raspberry Pi 4 a través del protocolo MQTT. Es crucial destacar que esta integración requiere una versión de firmware igual o superior a la 4.0 y la descarga de la librería MQTT desde la página oficial de Siemens, facilitando así la implementación de una solución de conectividad eficiente sin incurrir en gastos excesivos.



Figura 2.12 PLC S7-1200 AC/DC/RLY

Memoria de trabajo	25 KB
Memoria de carga	1 MB
Memoria remanente	2 KB
E/S digitales integradas	8 entradas y 6 salidas
E/S analógicas integradas	2 entradas
Memoria de imagen de proceso (entradas)	1024 bytes
Memoria imagen de proceso (salidas)	1024 bytes
Área de marcas (M)	4096 bytes

Tabla 11. Características de un PLC S7-1200 AC/DC/RLY

Enlace de comunicación ePmP forcé 180

Este enlace, al establecer y mantener una comunicación efectiva con la torre que alberga el enlace multipunto ePmP C050900D021B, se erige como un componente fundamental para la operatividad fluida y eficiente desde las oficinas de Santa Priscila. Al disponer de una dirección IP asignada al conectarse al switch, se abren diversas oportunidades que van más allá de simplemente visualizar y realizar un ping a la Raspberry y el PLC de forma remota. Este acceso a distancia no solo simplifica la supervisión continua, sino que también posibilita la implementación de ajustes y mejoras de manera rápida y oportuna, garantizando así la capacidad de adaptación y el rendimiento efectivo del sistema. Además, al contar con esta capacidad de gestión remota, se establece un marco que facilita una respuesta inmediata ante cualquier imprevisto, fomentando la eficiencia operativa y la toma de decisiones informadas desde las sedes centrales.



Figura 2.13 Enlace de comunicación ePmP forcé 180

Rango de frecuencia	5 GHz: 4910-5970 MHz
QoS prioriza tráfico triple play	Videos, voz y datos
Espaciado entre canales	Configurable en incrementos de 5 MHz
Ancho de canal	5 10 20 40 MH
Protocolos utilizados	IPv4, UDP, TCP, IP, ICMP, SNMPv2c, HTTPs, STP, SSH, IGMP Snooping

Tabla 12. Enlace de comunicación ePmP forcé 180

Guardamotor 3R2031-4JA15

Este dispositivo dentro del proyecto se utilizará para salvaguardar al motor contra posibles daños debido a sobrecargas y cortocircuitos. A este componente ingresa las fases L1, L2, L3 en los bornes de entrada. En la parte inferior tendremos los bornes de salida que ira directos al motor. De esta forma el guarda motor estará en constantemente monitoreo de la corriente que fluye hacia el motor y, si detecta un valor de corriente que se exceda a lo seteado con la perrilla de regulación térmica durante un período prolongado, se abre el circuito para prevenir sobrecalentamiento o quema del motor.



Figura 2.14 Guardamotor 3R20314JA15

Voltaje nominal	20690V
Frecuencia nominal	50 60 Hz
Corriente nominal	65 A
Temperatura de operación	-20 +60 C°
Rendimiento mecánico	Para motor de 3 fases AC: - a 200/208 V valor nominal 20 CV - a 220/230 V valor nominal 25 CV - a 460/480 V valor nominal 50 CV - a 575/600 V valor nominal 60 CV

Tabla 13. Características de Guardamotor 3R20314JA15

Arrancador suave MCD202

Será el encargado de accionar el motor para su correcto funcionamiento; este arrancador irá conectado al PLC, el cual dará una señal de activación para cerrar el circuito. Una vez que el guardamotor detecta que las condiciones son seguras y no hay anomalías, permite que la corriente fluya hacia el motor, iniciando así el arranque. Además, en caso de que se presenten situaciones de emergencia, como sobrecargas o cortocircuitos, el guardamotor interviene rápidamente, desconectando la corriente y protegiendo tanto al motor como a la instalación eléctrica. Esta capacidad de respuesta y protección integral asegura un funcionamiento seguro y eficiente de los motores eléctricos en la instalación.



Figura 2.15 Arrancador suave MCD

Tensión de alimentación	3 x 200 V AC - 440 V AC o 3 x 200 - 575 V AC
Frecuencia de alimentación	45 – 66 Hz
Tensión de control	100 - 240 V AC 380 - 440 V AC 24 V DC/ 24 V AC
Entradas de control	Arranque, parada Botón [Reset] de la unidad
Salida de relé	1 interruptor principal 1 programable * (desconexión o funcionamiento)
Temperatura ambiente de funcionamiento	de -5 a 60° C (por encima de 40° C sin reducción de potencia)

Tabla 14. Características de un Arrancador suave MCD202

Diagrama de conexionado

El diagrama de las conexiones de los componentes fue diseñado en el software de Eplan, proporcionando una representación visual detallada y precisa de cómo interactúan entre sí. Este software especializado facilita la creación de esquemas eléctricos y diagramas de cableado, permitiendo una planificación eficiente y una documentación clara. Cada componente, desde interruptores hasta dispositivos de protección como guardamotores, está representado en el diagrama, indicando claramente sus conexiones eléctricas y relaciones funcionales. Este enfoque de diseño en Eplan no solo mejora la eficiencia en la planificación y configuración del sistema eléctrico, sino que también proporciona una herramienta valiosa para el mantenimiento y la solución de problemas en la instalación.

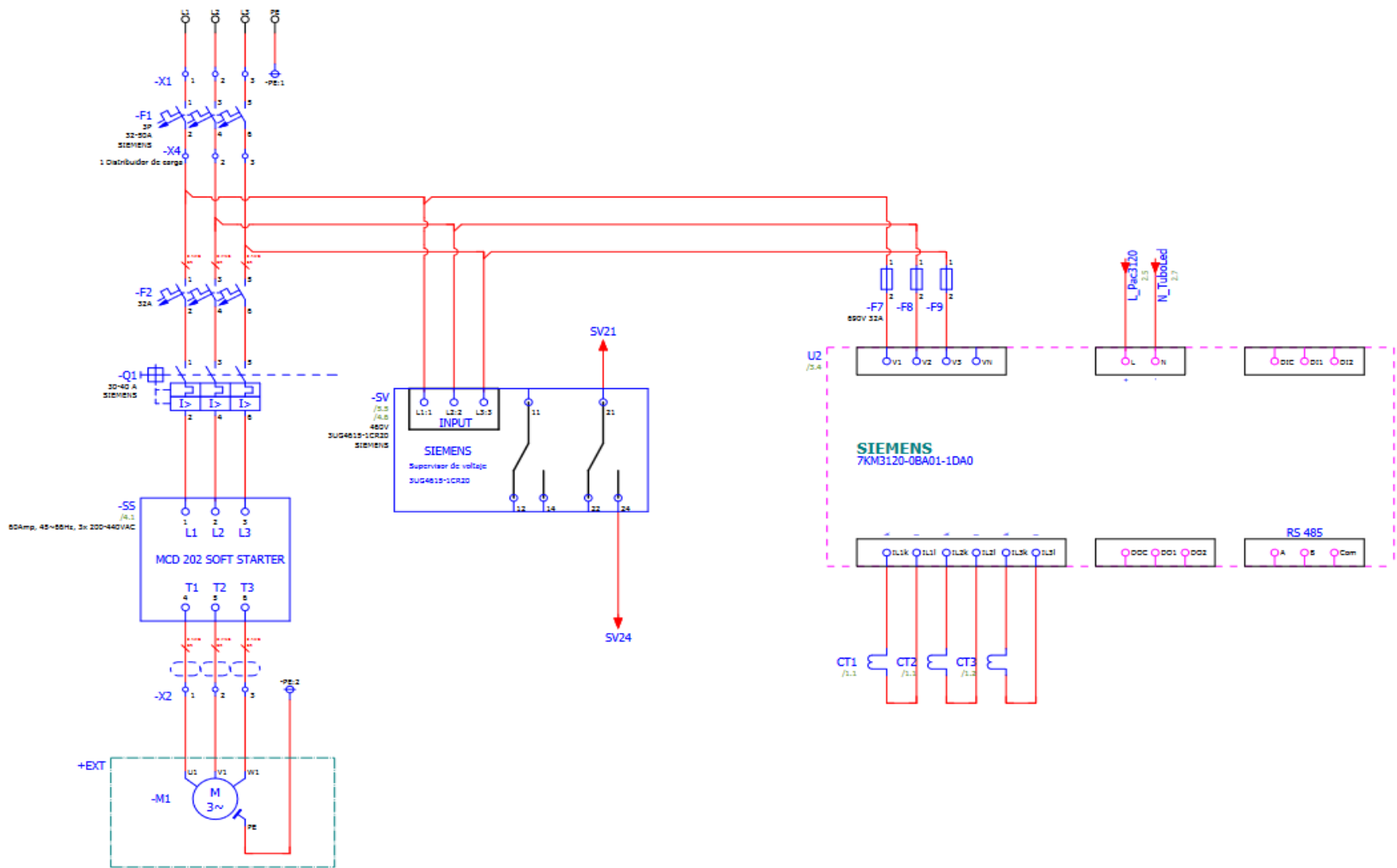


Figura 2.16 Diagrama 1

En el diagrama, se observa claramente la entrada de las tres líneas de fase desde la acometida hacia los breakers trifásicos, estableciendo así el sistema de protección. Luego, continúan hacia los fusibles antes de energizar el arrancador suave. Es relevante destacar que la conexión del motor de la bomba se realiza en la salida de este arrancador suave, utilizando contactos de fuerza para garantizar una transición suave y controlada. Asimismo, se identifica que tanto el supervisor de voltaje como el medidor de energía PAC3120 están conectados a la salida de los breakers trifásicos. Esta disposición estratégica se debe a que el medidor de energía desempeña la función crucial de monitorear y controlar los cambios en la red, mientras que el supervisor de voltaje contribuye a mantener la estabilidad del voltaje en todo el sistema eléctrico.

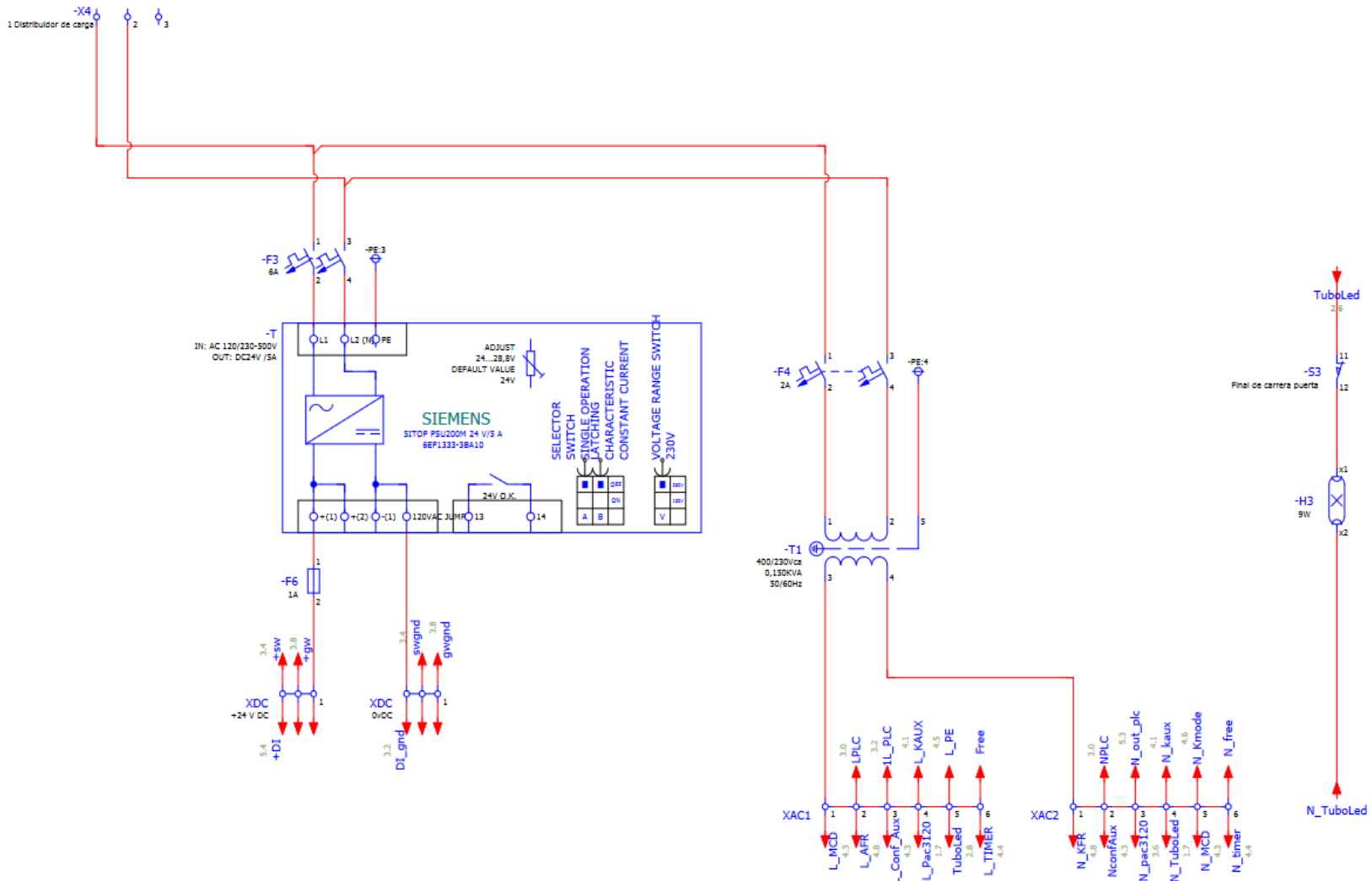


Figura 2.17 Diagrama 2

En el diagrama, se destaca la conexión de la fuente de voltaje, la cual proporciona una salida de 24V. Estos 24V son esenciales para alimentar el switch y garantizar su funcionamiento adecuado. Por otro lado, el transformador desempeña un papel crucial al suministrar energía al PLC y a una luminaria fluorescente. Esta última tiene la función específica de iluminar el tablero durante la noche, asegurando una visibilidad óptima en todo momento. Este diseño cuidadoso de las conexiones eléctricas permite la operación eficiente de los dispositivos asociados y contribuye a la funcionalidad integral del sistema.

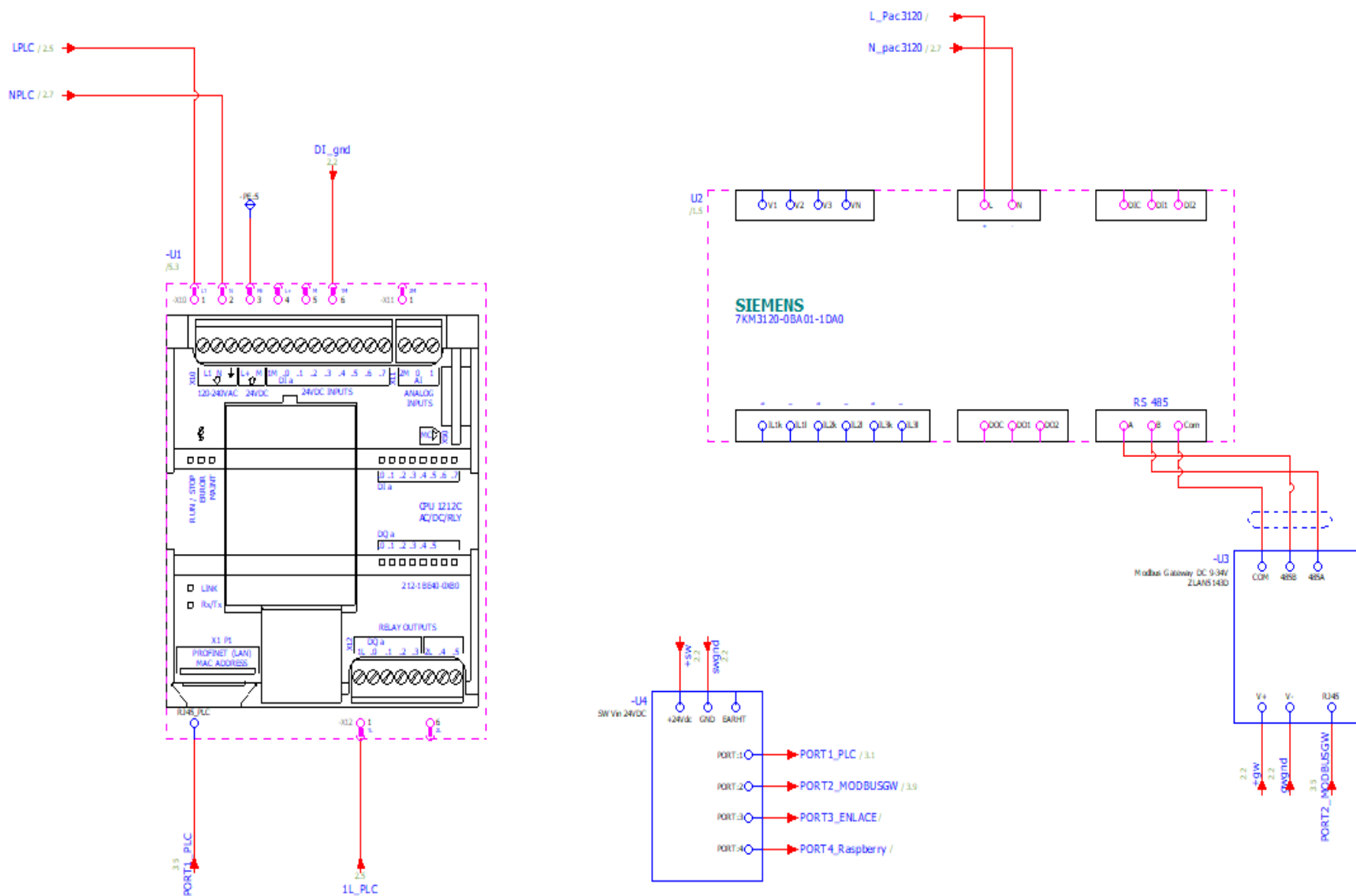


Figura 2.18 Diagrama 3

En el diagrama 3, se presenta detalladamente la configuración de las conexiones para la alimentación del PLC, destacando la secuencia precisa para su correcta operación. Además, se observa la interconexión estratégica del medidor de energía y el convertidor Modbus, ambos dirigidos hacia el switch.

En cuanto al PLC, es esencial subrayar que su conexión se ha diseñado de manera meticulosa para garantizar un suministro eléctrico estable y confiable. Este componente central recibe la energía necesaria para desempeñar sus funciones cruciales en el sistema.

Por otro lado, el medidor de energía y el convertidor Modbus han sido integrados en el diagrama con el objetivo de ofrecer una visión completa de su ubicación y relación en la red eléctrica. Ambos dispositivos están estratégicamente conectados al switch, lo que facilita la transmisión eficiente de datos y la monitorización precisa de los niveles de energía en el sistema.

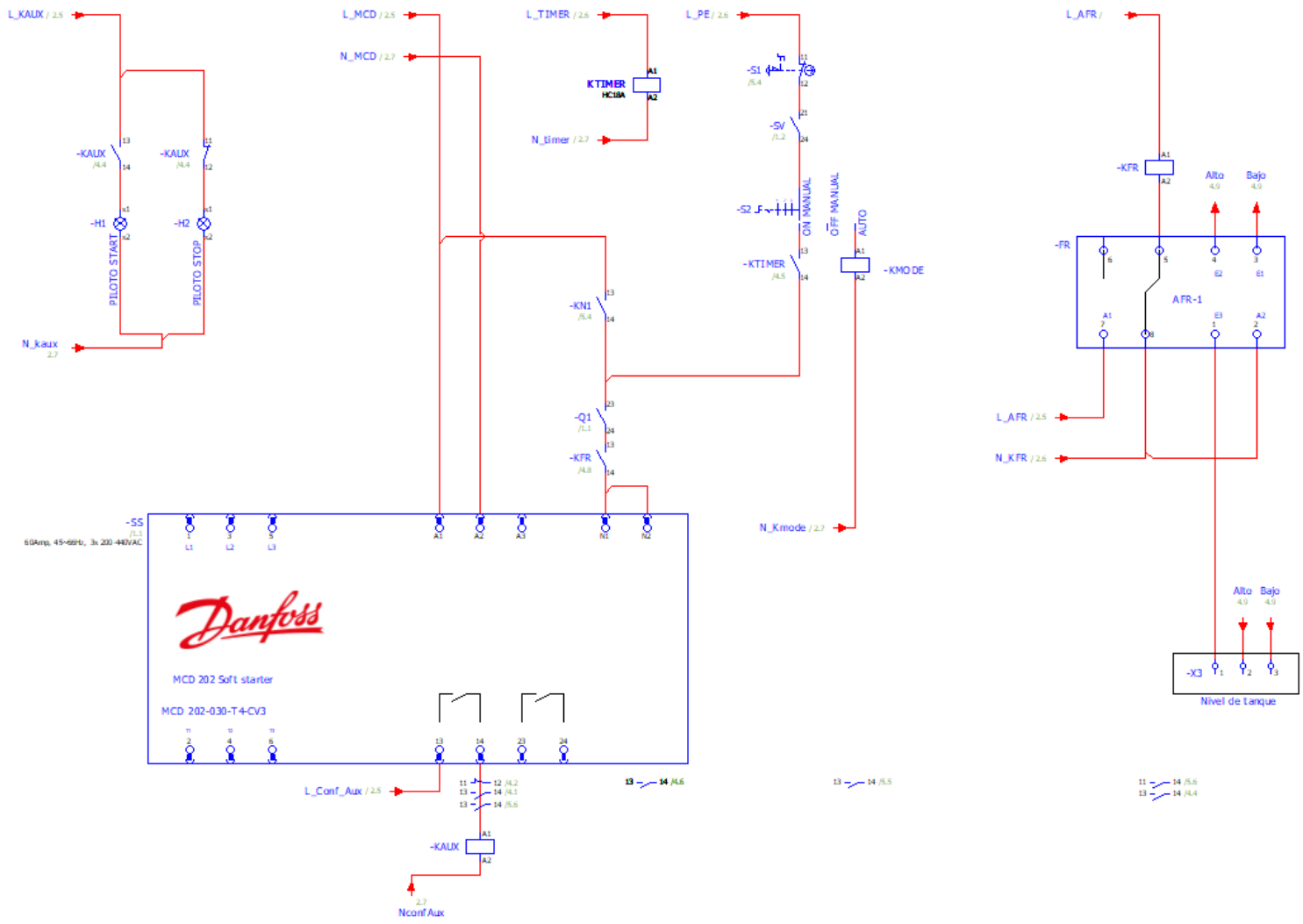


Figura 2.19 Diagrama 4

Finalmente, en el diagrama 4, se detalla la conexión de control para el equipo del arrancador suave Danfoss, destacando la disposición precisa de los cables que facilitan su operación eficiente. Además, se incluye la conexión de las luces piloto, estratégicamente ubicadas para indicar claramente el estado y funcionamiento del tablero.

Por otro lado, las luces piloto han sido incorporadas con el propósito de ofrecer una señal visual instantánea sobre el estado del tablero. Estas luces indicadoras desempeñan un papel fundamental al proporcionar información visual rápida y efectiva sobre el funcionamiento del sistema, contribuyendo así a una gestión eficiente y a la identificación inmediata de posibles problemas.

Programación de bloques en Tía Portal

Para la ejecución del proyecto, hemos optado por utilizar TIA Portal V17. Es crucial señalar que, para la transmisión de datos a través de MQTT utilizando el PLC S7-1200, se requiere actualizar el firmware a una versión 4.0 o posterior. Además, es esencial descargar la librería LMQTT de la página oficial de Siemens y posteriormente integrarla en la librería de nuestro programa. Este procedimiento garantiza la compatibilidad y funcionalidad adecuada para el intercambio efectivo de datos mediante MQTT, asegurando una implementación exitosa de la comunicación en el sistema.

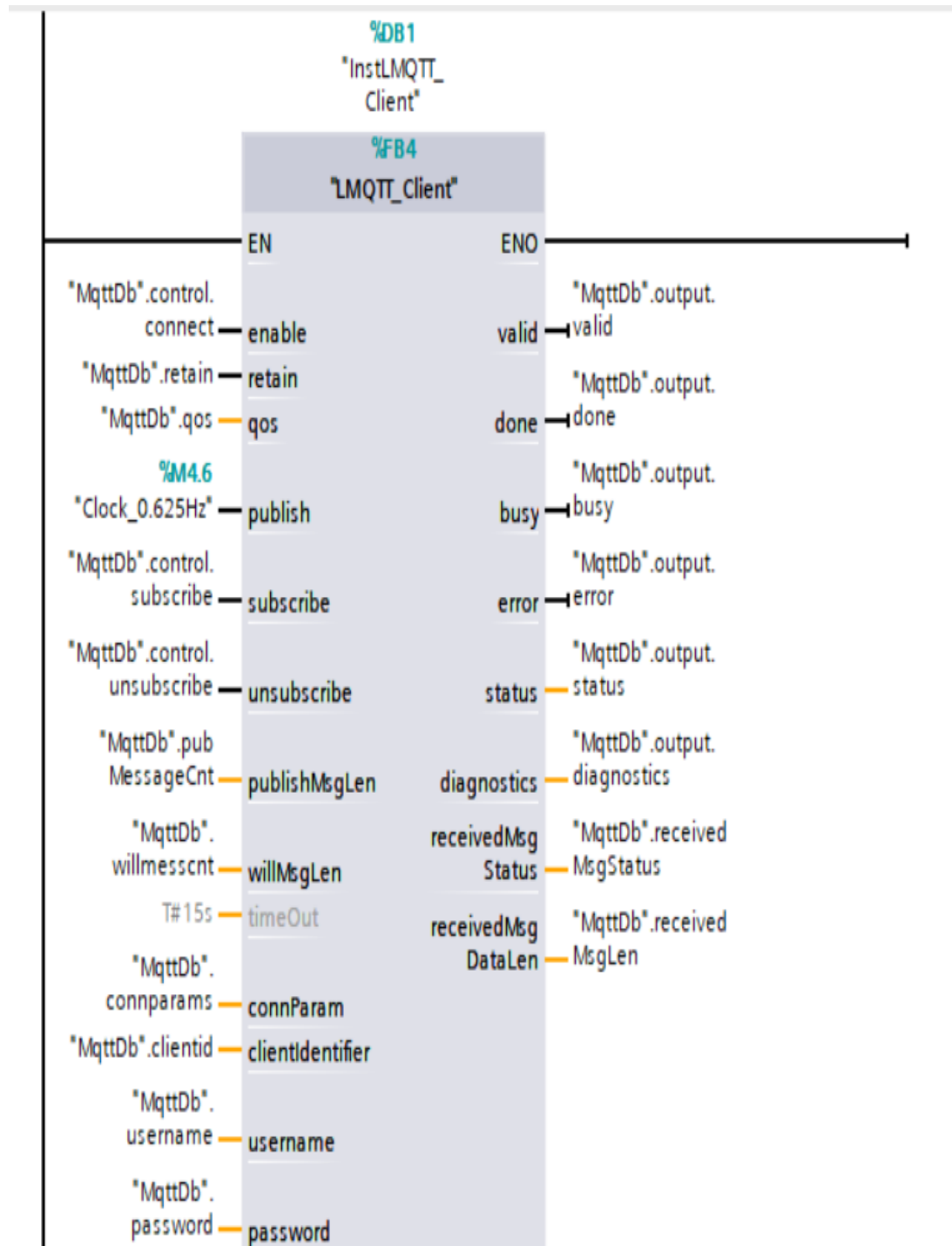


Figura 2.20 Bloque LMQTT

La librería "LMQTT_Client" proporciona un bloque de función diseñado para ser compatible con las CPUs S7-1500 y S7-1200 de Siemens. Dentro de este bloque de función, llamado "LMQTT_Client", se encuentra la capacidad de actuar como un cliente MQTT, facilitando la transmisión de mensajes hacia un broker y la creación de suscripciones. En este contexto, es importante señalar que la comunicación puede ser segura mediante una conexión TLS, permitiendo el acceso al broker MQTT mediante una dirección IP estática o un nombre de dominio.

Cuando mencionamos creación de suscripciones, nos referimos al proceso en el cual el cliente MQTT, a través del bloque de función mencionado, puede suscribirse a ciertos temas o canales de comunicación específicos en el broker MQTT. El cual configuramos con la dirección IP de la Raspberry crear ese enlace de comunicación. Este mecanismo posibilita la recepción de mensajes relevantes en función de los temas a los que se haya suscrito, lo que enriquece la flexibilidad y la personalización de la comunicación MQTT en el sistema.

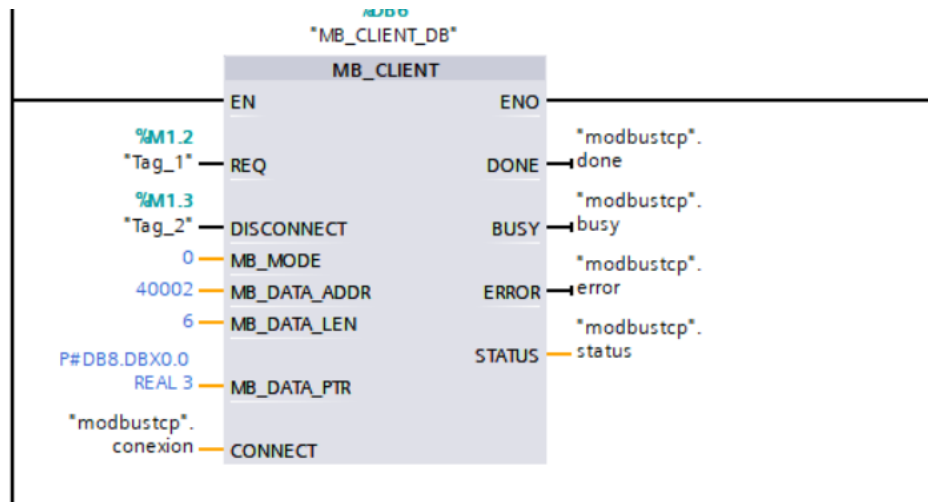


Figura 2.21 Bloque MB Client

El bloque de función "MB_CLIENT" establece la comunicación como cliente MODBUS TCP mediante un enlace PROFINET conectado a la CPU S7-1200. Es relevante destacar que no se requiere la incorporación de ningún módulo hardware adicional para utilizar esta instrucción. La funcionalidad de "MB_CLIENT" permite la creación de un enlace efectivo entre el cliente y el servidor, facilitando la transmisión de tareas, la recepción de respuestas y el control del proceso de desconexión del enlace del servidor Modbus TCP.

En el proceso de interacción entre el cliente y el servidor MODBUS TCP, "MB_CLIENT" actúa como un mediador, permitiendo el flujo bidireccional de información de manera eficiente. Este bloque de función se convierte en un facilitador clave para la coordinación de operaciones en entornos S7-1200, proporcionando una solución integral para la comunicación efectiva y el control de enlaces en el contexto de MODBUS TCP y PROFINET.

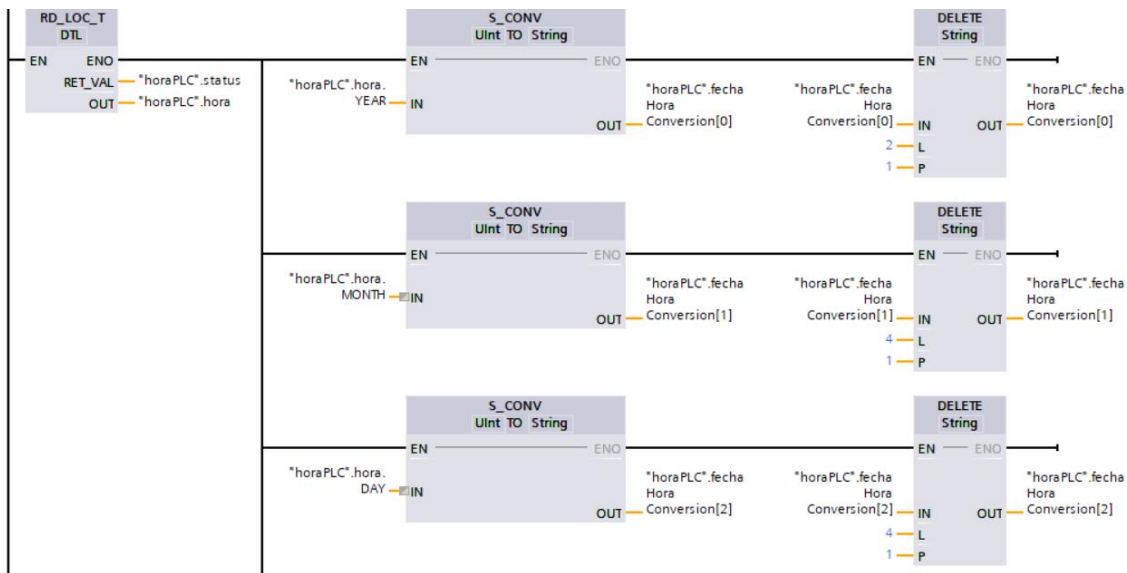


Figura 2.22 Programación Horaria

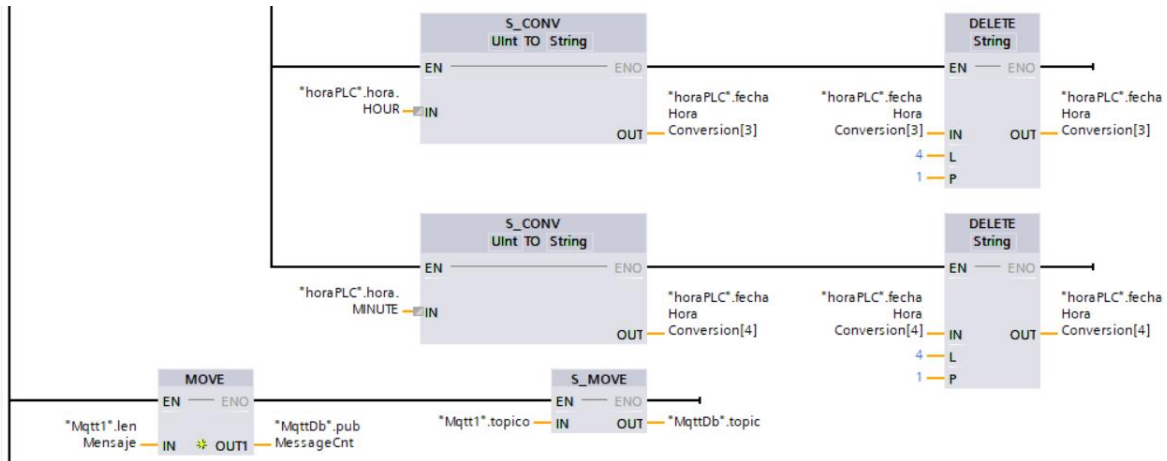


Figura 2.23 Programación Horaria

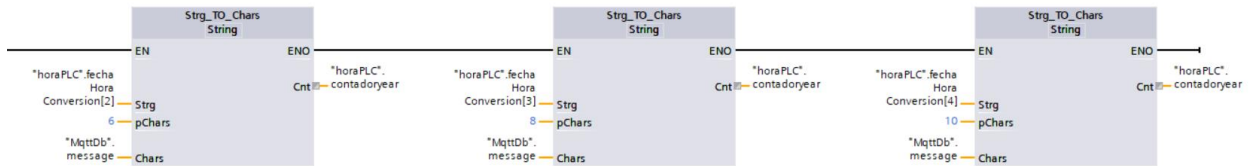


Figura 2.24 Programación Horaria

Estos bloques desempeñan la función crucial de obtener información detallada sobre años, meses, horas, minutos. Esta recopilación exhaustiva de datos permite un monitoreo completo y la generación de un informe detallado que registra la fecha y hora específicas del funcionamiento de la bomba. Posteriormente, esta información se empaqueta cuidadosamente para ser enviada al broker en la Raspberry. Una vez en el broker, estos datos formarán la base para la creación de un Dashboard informativo, facilitando un análisis más profundo y una gestión eficiente del rendimiento del sistema.

Se enviará una cadena de caracteres con el formato AAAAMMDDHHmm, como, por ejemplo: 20230729 1530. Antes de la transmisión, se realizará el procesamiento del dato a enviar. Esta acción se activará periódicamente a intervalos predefinidos, garantizando una transmisión regular y actualizada de la información con el formato especificado.

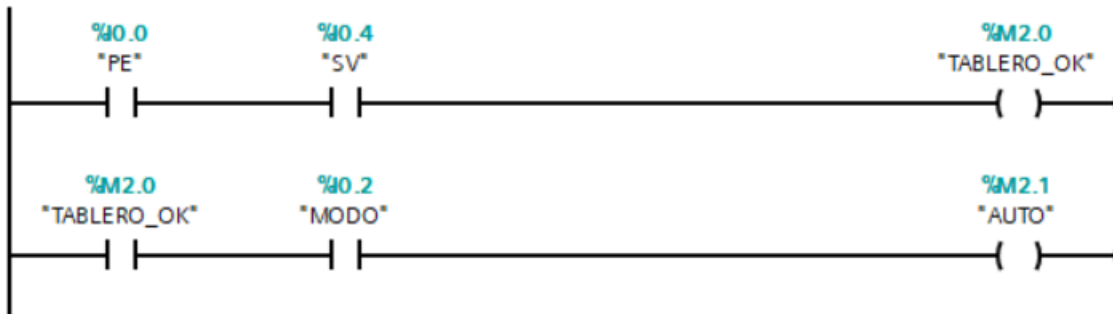


Figura 2.25 Validación

En la figura muestra la realización de la validación del tablero, incluyendo la verificación minuciosa de sus componentes para garantizar su correcto funcionamiento. Además, se llevará a cabo la activación del modo automático, permitiendo que el sistema opere de manera autónoma según las condiciones predefinidas. En paralelo, se realizará la sincronización de la hora, asegurando la coherencia temporal en todas las operaciones y registros del sistema para una gestión precisa y sincronizada.

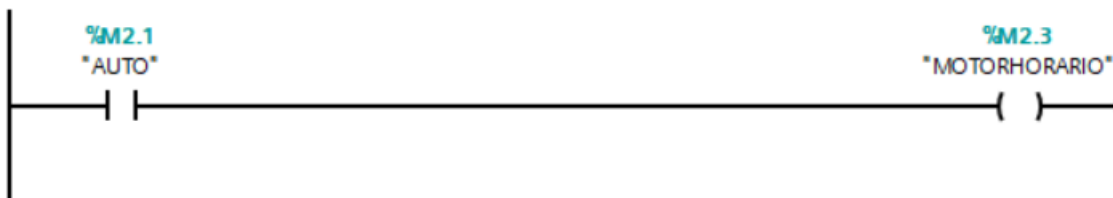


Figura 2.26 Motor Horario

Este bloque se encarga de gestionar el encendido y apagado de la bomba de acuerdo con un horario predefinido. Para que esta acción se active, se han establecido dos requisitos fundamentales. En primer lugar, es imperativo que la fecha y hora actual se correspondan con los parámetros

programados, asegurando así una activación precisa y puntual. En segundo lugar, se exige que el sistema esté configurado en modo automático, lo que garantiza que la operación se realice de manera autónoma, siguiendo las condiciones preestablecidas sin intervención manual. Este enfoque asegura una gestión eficiente y automatizada del encendido de la bomba, cumpliendo con los requisitos horarios establecidos únicamente cuando el sistema se encuentra en modo automático.

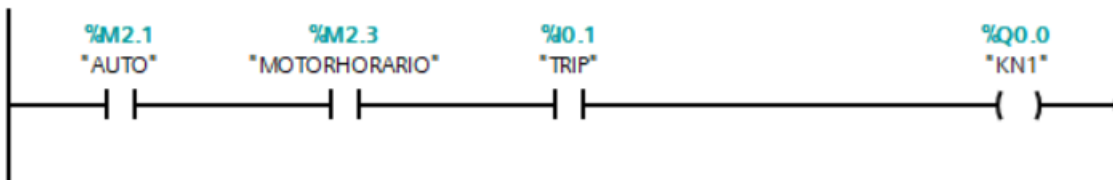


Figura 2.27 Control de la bomba

En la Figura 2.27 muestra el encendido de la bomba cuando se activa el modo automático y se tiene el horario de funcionamiento.

■	▼ mqttBrokerAddress	Struct		<input type="checkbox"/>
■	qdnAddress	String	""	<input type="checkbox"/>
■	▼ ipAddress	IP_V4		<input type="checkbox"/>
■	▼ ADDR	Array[1..4] of Byte		<input type="checkbox"/>
■	ADDR[1]	Byte	192	<input type="checkbox"/>
■	ADDR[2]	Byte	168	<input type="checkbox"/>
■	ADDR[3]	Byte	8	<input type="checkbox"/>
■	ADDR[4]	Byte	144	<input type="checkbox"/>
■	port	UInt	1883	<input type="checkbox"/>

Figura 2.28 Enlace con la Raspberry

La asignación de la dirección IP 192.168.8.144 se realiza específicamente para identificar y conectar la Raspberry Pi en la red. Este dispositivo utiliza

el puerto 1883 como punto de entrada para la comunicación mediante el protocolo MQTT. Este puerto desempeña un papel esencial al permitir que la Raspberry Pi reciba y envíe mensajes de manera eficiente, facilitando la interacción fluida con otros dispositivos que siguen el mismo protocolo en la red. De esta manera, la combinación de la dirección IP y el puerto 1883 proporciona la base para una comunicación efectiva y coordinada en el entorno de la Raspberry Pi.

Dashboard en NodeRe

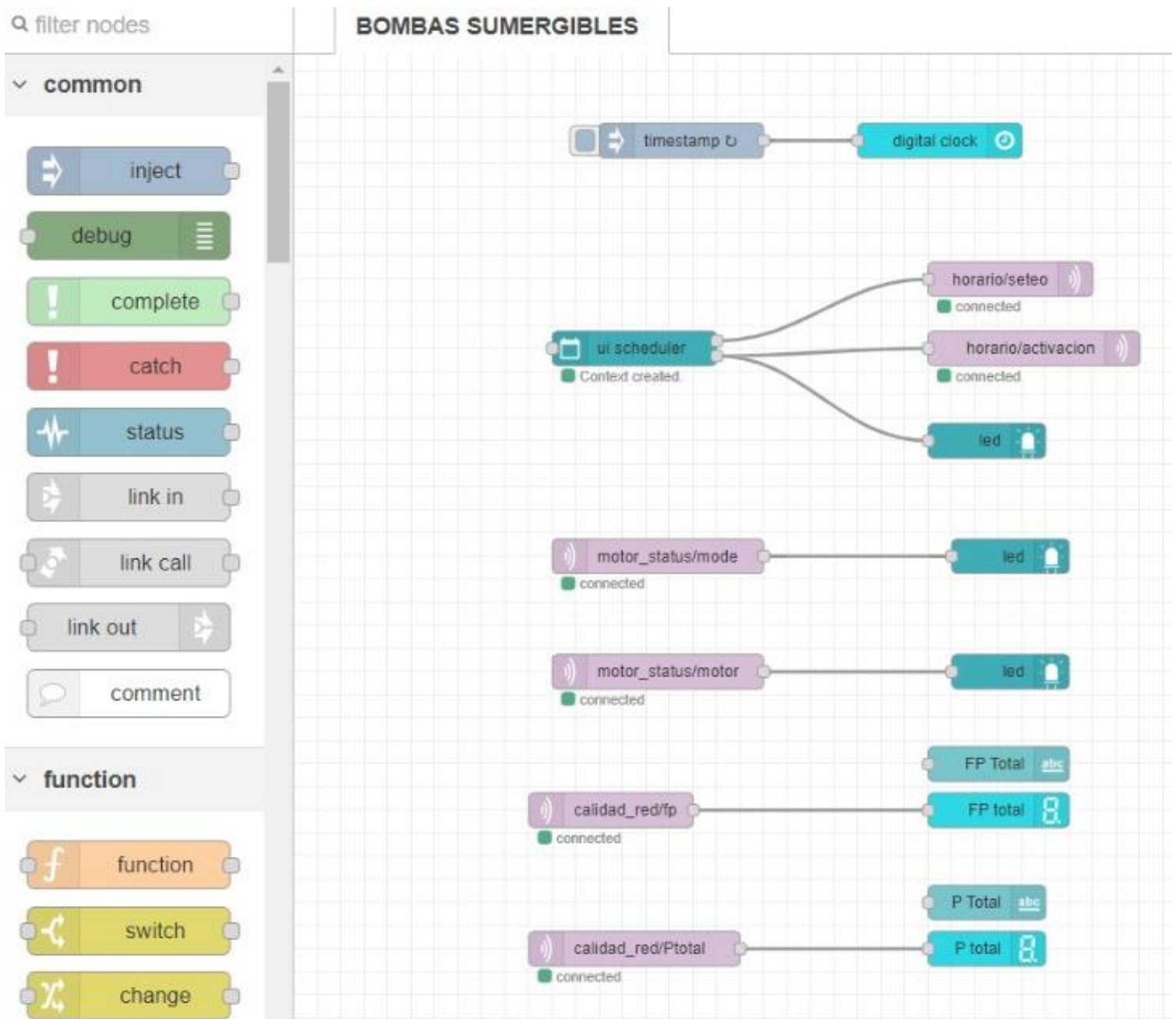


Figura 2.29 Programación de bloques en NodeRed

La programación de bloques en Node-RED es un enfoque visual y modular para el desarrollo de flujos de aplicación. En Node-RED, los bloques, también conocidos como nodos, representan funciones individuales o servicios, y se conectan entre sí para construir flujos lógicos.

Al introducirnos en la configuración inicial, uno de los pasos clave es habilitar la comunicación mediante el protocolo MQTT con el PLC. Este proceso sienta las bases para gestionar eficientemente los datos provenientes del PLC, que, recordemos, incluyen información de fecha y hora empaquetada en una estructura única. La gestión de estos datos se convierte en una tarea fundamental, ya que implica desempaquetar y manipular la información temporal de manera precisa y coherente.

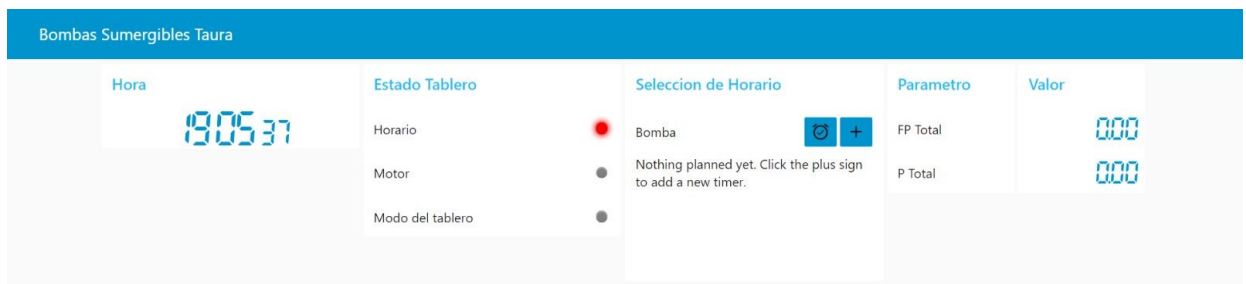


Figura 2.30 Programación de bloques en NodeRed

En la figura 2.30 muestra el Dashboard que será usado para controlar el encendido de la bomba.

Para entrar directamente a la interfaz, la hace de la siguiente manera:
localhost:1880/ui

Siendo el localhost la dirección IP de la Raspberry.


```

1 from pyModbusTCP.client import ModbusClient
2 from pyModbusTCP import utils
3 import struct
4 c = ModbusClient(host="192.168.8.200", port=502, auto_open=False, auto_close=False)
5
6 open the socket for 2 reads then close it.
7 if c.open():
8     regs_list_1 = c.read_holding_registers(1, 2)
9     c.close()
10
11 print(regs_list_1)
12 print(type(regs_list_1[0]))
13
14 lista_register = [17146, 9649]

```

Figura 2.31 Lectura del PAC3120 con la raspberry

Este script en Python utiliza la biblioteca pyModbusTCP para establecer una conexión Modbus TCP con el medidor de energía PAC3120 ubicado en la dirección IP 192.168.8.200 y el puerto 502. El código realiza dos lecturas de registros de retención (holding registers) en el medidor con las direcciones 1 y 2. Luego, cierra la conexión Modbus. La información leída se almacena en la lista "regs_list_1", y se imprime junto con el tipo de dato de su primer elemento. Además, se define una lista llamada "lista_register" con valores específicos. Este script proporciona una estructura básica para la lectura de datos Modbus desde el medidor de energía PAC3120 y la manipulación de la información obtenida.

CAPITULO 3

3. RESULTADOS

En el marco de este proyecto, hemos logrado satisfacer de manera integral los requisitos establecidos por nuestro cliente, Santa Priscila, para la supervisión y control de la bomba sumergible. A continuación, se presentan los resultados obtenidos, los cuales evidencian el óptimo desempeño de nuestro sistema integrado. Este logro no solo valida la eficacia de la implementación de los requerimientos del cliente, sino también destaca la capacidad de nuestro equipo para cumplir con los estándares de calidad y rendimiento esperados.



Figura 3.1 Tablero de Control Antes

Como se evidencia en la Figura 3.1, el tablero de control de la bomba presentaba deficiencias significativas en su diseño y funcionalidad. Las conexiones carecían de orden, generando un entorno propenso a errores y dificultando cualquier intervención o mantenimiento. La ausencia de una opción para el encendido remoto de la bomba requería que el operador se desplazara físicamente hasta el tablero, lo que resultaba ineficiente y limitaba la capacidad de respuesta ante situaciones inesperadas.

Adicionalmente, la inexistencia de un diagrama de conexiones complicaba la comprensión y documentación de la configuración eléctrica del tablero. Esta carencia representaba un obstáculo para el respaldo de información crucial, dificultando la identificación de fallos y la planificación de futuras actualizaciones.

A pesar de las limitaciones observadas, se pudo rescatar el arrancador suave Danfoss del tablero original. Este componente fue cuidadosamente reutilizado en el nuevo diseño, tras verificar su funcionamiento óptimo y asegurar que no presentara fallas que pudieran derivar en problemas futuros. La reutilización estratégica de este elemento contribuyó a la eficiencia y economía del proyecto, aprovechando un componente funcional en el desarrollo de la nueva solución.



Figura 3.2 Implementación del tablero (Parte interior)

La Figura 3.2 presenta el tablero completamente implementado, representando un avance significativo respecto al anterior. Este nuevo diseño se caracteriza por la incorporación de componentes robustos que garantizan su eficacia y óptimo funcionamiento. Se han integrado todas las protecciones correspondientes para salvaguardar el estado de los componentes utilizados, asegurando así una mayor durabilidad y confiabilidad del sistema. Es importante destacar la reutilización del arrancador Danfoss, elemento que ha demostrado su eficiencia y que ha sido integrado de manera estratégica en este nuevo contexto.

Un aspecto central de este tablero es la Raspberry Pi 4, que desempeña un papel crucial como el corazón del sistema. Esta potente y versátil unidad es responsable de enviar los datos recopilados por el PLC y el medidor de energías hacia la nube. Además, facilita la visualización de estos datos a través del Dashboard, proporcionando una interfaz amigable para el monitoreo y control remoto. La integración de la Raspberry Pi 4 agrega una

capa adicional de conectividad y funcionalidad al sistema, mejorando su versatilidad y capacidad de respuesta.

En la figura 3.2 muestra la parte frontal del tablero. En esta representación visual,



Figura 3.3 Implementación del tablero (Parte frontal)

se pueden identificar claramente las luces piloto destinadas a señalar el estado de la bomba, indicando de manera efectiva si está activada (ON) o desactivada (OFF). Además, se destaca la presencia de un selector que permite al usuario elegir entre los modos de operación, brindando la flexibilidad de optar por el control manual o automático según las necesidades del momento. Asimismo, se incorpora un botón de paro de emergencia, proporcionando una medida inmediata y efectiva en situaciones críticas.

Modo Manual

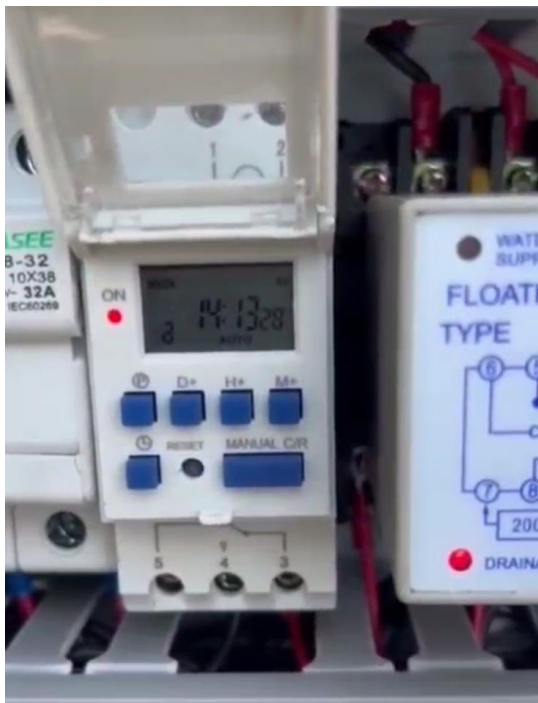


Figura 3.4 Configuración horaria usando el timer

La utilización del HC-18A (timer) otorga la capacidad de programar tanto la hora de encendido como la hora de apagado de la bomba de manera precisa y eficiente. La hora visualizada en la imagen refleja el instante exacto de la configuración. Para ilustrar, si configuramos la hora de encendido a las 14:20 y la hora de apagado a las 17:45, en el momento en que el temporizador alcance la hora programada de inicio, activará el contacto Ktimer, provocando el cierre de los contactos internos del arrancador Danfoss. Este cierre, a su vez, activará la bomba. Una vez que se alcance la hora de apagado programada, el temporizador abrirá el contacto Ktimer, desactivando la bomba. En resumen, el sistema operará de manera continua durante un lapso específico de 3 horas y 25 minutos. Después de este tiempo, la bomba se apagará. Es importante destacar que, incluso cuando la activación se realiza

de manera manual, el sistema registra esta acción en la nube. Por lo tanto, cualquier activación se reflejará de inmediato en el Dashboard, permitiendo que el personal de monitoreo tenga una visión en tiempo real de las operaciones de la bomba.



Figura 3.5 Vista del Dashboard

La Figura 3.5 presenta la interfaz del Dashboard, accesible para el monitorista, proporcionando una visión integral del sistema. En este ejemplo, la hora actual del temporizador es las 19:46 del Viernes. El operador ha configurado la hora de encendido a las 14:16 y la de apagado a las 14:22, estableciendo así un período de funcionamiento de 6 minutos. En estado del motor se indica el estado en que se encuentra el motor con un indicador verde.

El indicador de señal horario solo se activará cuando la bomba está en funcionamiento dentro del horario establecido para encendido y apagado en modo automático. Mientras que Confirmación motor, se activa cuando la

bomba a sido activada independientemente si esta en modo manual o automático.

Estos indicadores visuales proporcionan al monitorista una representación clara del estado actual del sistema, permitiéndole identificar rápidamente si la bomba está activa y si cumple con el horario preestablecido.

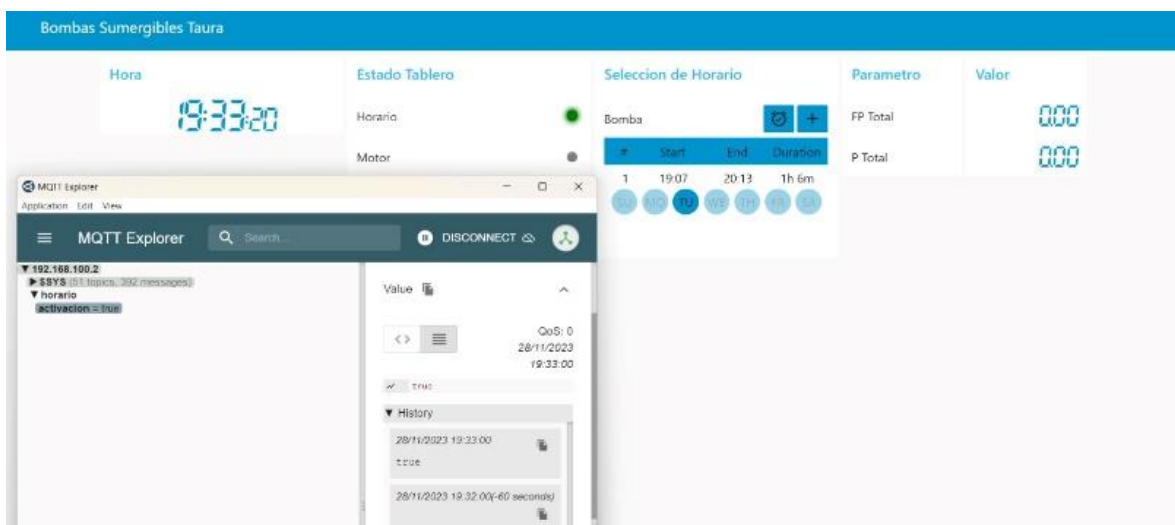


Figura 3.6 Obtención de Datos desde el PLC usando MQTT

Tras transcurrir el lapso establecido para su activación, se observa la activación simultánea de los indicadores horario y motor en el Dashboard. Esta condición señala claramente que la bomba ha sido puesta en funcionamiento dentro del horario preestablecido. El indicador horario confirma que la activación se ha realizado según la programación de encendido, mientras que el indicador de motor indica la operatividad actual de la bomba.

En el marco de la configuración del sistema, se destaca un proceso crítico en el cual, al elegir el horario específico de 19:07 a 20:13, se emite una señal booleana de valor "true" en el tópico "horario/activacion". Para ejecutar esta

acción, el PLC (Controlador Lógico Programable) debe establecer una suscripción a este tópico, esencialmente convirtiéndose en un observador activo de las señales temporales.

En detalle, este flujo de información implica que el PLC, al recibir la notificación de "true" en el tópico "horario/activacion", debe llevar a cabo una validación instantánea. En el caso afirmativo, se activa la salida correspondiente del motor, asegurando así su funcionamiento en el intervalo de tiempo especificado. Sin embargo, en el escenario contrario, cuando la señal es "false" o no está presente, el PLC procede a desactivar la salida del motor, garantizando una respuesta ágil y precisa según el estado de activación programado.

Modo Automático

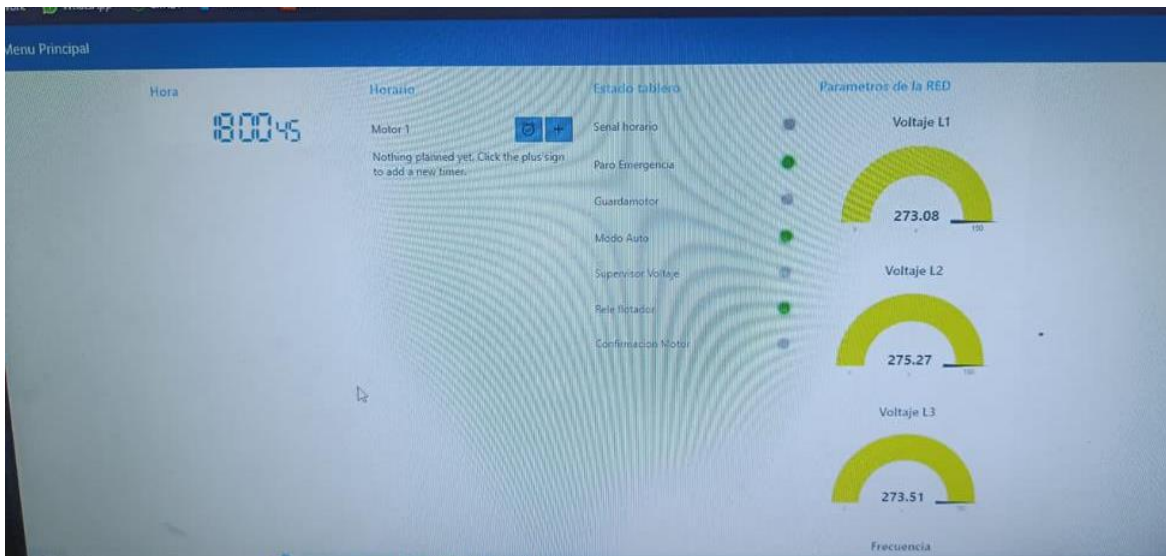


Figura 3.6 vista principal del Dashboard

En esta visualización, se presenta el estado de la red eléctrica del tablero, detallando las tres líneas activas identificadas como voltaje 1, voltaje 2 y voltaje 3. Para activar el tablero en modo automático, es necesario ajustar el

selector correspondiente, una operación que se realiza directamente en el tablero. Una vez completado este paso, se puede proceder a la configuración de la hora de inicio y apagado de la bomba.

La verificación exitosa de la activación en modo automático se refleja mediante la iluminación del indicador de modo automático en la sección de estado del motor. El procedimiento para fijar los horarios es similar al modo manual, con la única diferencia de que, en este caso, es necesario posicionar el selector en la posición indicada para asegurar el correcto funcionamiento en modo automático.

3.1 Análisis de costos

Tabla de costos		
Material	Cantidad	Precio c/u
MEDIDOR DE ENERGIA PAC3120	1	\$318.42
RASPBERRYPI4	1	\$75
PLC S7-1200 CPU 1212C 6ES7211-1BE31-0XB0	1	\$287.47
SWITCH 12-24VDC 5 PUERTOS	1	\$188.55
EPMP 5GHZ FORCE 300-16 SM	1	\$280.50
RELE AFR-1	1	\$42.98
MCD 202 SOFT STARTER	1	\$520.34
Ebase TIMER HC18A	1	\$15.40
BREAKER 3P 50 A CAJA MOLDEADA	1	\$104,33
3VM1112-3ED32-0AA0	1	\$425.07
BREAKER 3P 5SL4350-7RC	1	\$43,71
BREAKER 2P 5SL3206-7MB	1	\$17.28
BREAKER 2P 5SL4202-7RC	1	\$18.63
RELE MINI 220VAC	4	\$47.32
LUZ PILOTO VERDE 220VAC	1	\$12.03
LUZ PILOTO ROJA 220VAC	1	\$12.03
FUENTE SITOP	1	\$682
CANALETA RANURADA DEXSON GRIS 40X40 MM	5	\$37.9
SELECTOR TRES POSICIONES	1	\$24.51
SUPERVISOR DE VOLTAJE	1	\$198.95
TRASFORMADOR DE VOLTAJE	1	\$194.83
PULSADOR HONGO ROJO	1	\$20.6
LUMINARIA LED 8W 6.5K LINEAL 100V/240V	1	\$9
SOPORTE DE TUBO LED	1	\$1.14
RIEL DIN 35MM ACERO (1MT)	2	\$5.20
GUARDAMOTOR	1	\$98.93
TABLERO 80x70x40 cm	1	\$589.90
TOTAL = \$4259.99		

Tabla 15 Tabla de Costos

El análisis económico y tecnológico revela una justificación sustancial para la inversión en el sistema de monitoreo y control remoto de bombas sumergibles en comparación con los costos operativos actuales. Al considerar el ahorro potencial en costos de combustible, eficiencia operativa mejorada y la capacidad de respuesta proactiva a situaciones críticas, se destaca la viabilidad económica del proyecto.

La introducción de tecnologías clave, como la Raspberry Pi, el PLC y el protocolo MQTT, respalda la implementación de una solución tecnológica robusta y eficiente. Específicamente, la reducción significativa en gastos asociados con el combustible, al eliminar la necesidad de desplazamientos constantes de operadores en motocicletas para el encendido y apagado de las bombas, contribuye directamente a la disminución de los costos operativos.

Considerando los costos adicionales asociados con el mantenimiento de la moto, incluyendo la compra de repuestos y los honorarios del técnico de mantenimiento, se resalta la ventaja de la automatización propuesta. La implementación del sistema de monitoreo y control remoto no solo elimina la dependencia del comportamiento de la marea y reduce los costos de movilización, sino que también minimiza la necesidad de mantenimiento constante de la infraestructura asociada a la movilización, como las motocicletas.

Al considerar los salarios de los empleados, donde tanto el técnico de mantenimiento como el operador ganan un sueldo básico de \$450, la automatización no solo contribuye al ahorro de costos operativos, sino que también permite redirigir esos recursos a tareas más estratégicas y especializadas.

Gastos por parte de Santa Priscila	
operario	\$450
Técnico de mantenimiento	\$450
Gasolina	\$25
Cambio de piezas	\$100
Compra de nueva moto	\$2500
Total = \$1025	
Total = \$3425	

Tabla 16 Gastos por parte de santa Priscila

Además de los gastos de combustible, es crucial considerar los costos asociados con el personal operativo y el técnico de mantenimiento, ambos recibiendo salarios mensuales fijos. Sumado a esto, los gastos relacionados con el mantenimiento del vehículo, incluyendo posibles reparaciones en el motor de arranque, batería o alternador, y la potencial necesidad de adquirir un nuevo vehículo, amplían el panorama financiero.

Si calculamos un gasto mensual total de \$1025, esto se traduce en \$12300 anuales. Bajo este escenario, la implementación del sistema de monitoreo y control remoto del tablero demostraría una capacidad de recuperación de inversión en aproximadamente 5 meses. Este cálculo considera no solo los ahorros generados en combustible y mantenimiento de vehículos, sino también la optimización en términos de eficiencia operativa y reducción de pérdida de tiempo asociada con los desplazamientos.

En el caso de considerar la adquisición de un nuevo vehículo, con un costo estimado de \$3425, la implementación del tablero mostraría una capacidad de recuperación de inversión en tan solo 2 meses. Esta rápida amortización

resalta no solo los beneficios económicos, sino también la eficiencia en términos de tiempos y la eliminación de la necesidad de transportar el tablero de un lugar a otro.

En ambos escenarios, la implementación del sistema de monitoreo y control remoto del tablero se presenta no solo como una inversión estratégica y rentable, sino también como una solución que genera ganancias significativas en un corto período, mejorando la eficiencia operativa y optimizando los recursos financieros y temporales.

CAPITULO 4

CONCLUSIONES

- El proceso de conexonado fue crucial para garantizar la interoperabilidad del equipamiento seleccionado. La atención detallada a este paso aseguró un funcionamiento fluido del sistema, minimizando posibles problemas de conexión y optimizando la eficiencia operativa.
- La implementación de una interfaz de programación horaria proporcionó a los operadores un medio intuitivo para controlar la bomba en modo Automático. Esta funcionalidad facilita la adaptabilidad a horarios específicos, mejorando la eficiencia operativa y permitiendo un control más personalizado.
- La capacidad de respuesta proactiva a situaciones críticas se rige como un pilar clave en la eficiencia operativa del sistema. La implementación del proceso de activación programada permite un control preciso y oportuno del funcionamiento de

la bomba sumergible, lo que no solo minimiza la pérdida de tiempo asociada con los desplazamientos del personal, sino que también previene posibles contratiempos en dichas operaciones.

- La adopción del protocolo MQTT para el envío, recepción y almacenaje de datos en la nube demostró ser una elección acertada. Garantizó una comunicación eficiente entre los dispositivos, facilitando el acceso remoto a la información y respaldando la creación del Dashboard para supervisión y control centralizado.
- La cuidadosa selección de dispositivos para el sistema de monitoreo y control se basó en criterios como confiabilidad, compatibilidad y eficiencia. Se optó por dispositivos que demostraron su idoneidad para entornos acuícolas, asegurando un funcionamiento consistente y duradero.

RECOMENDACIONES

- Para optimizar tanto el rendimiento del hardware como del software, se sugiere la consideración de las tarjetas controladoras de Siemav, específicamente la "RPI PLC". Esta tarjeta desempeña la misma función que un PLC convencional, pero con la ventaja notable de no requerir un módulo externo para establecer conexiones con interfaz RS485. La RPI PLC incluye esta conexión de manera nativa, eliminando la necesidad de utilizar un convertidor de Modbus RTU a TCP/IP. Esta característica simplifica la configuración y la integración del sistema, reduciendo la complejidad y asegurando un funcionamiento más eficiente y directo de la infraestructura.
- Establecer un programa de capacitación continua que aborde no solo la operación básica del sistema, sino también las actualizaciones y nuevas características que puedan implementarse en el futuro. La formación debe ser práctica y adaptarse a

diferentes niveles de habilidad, asegurando que el personal esté equipado para enfrentar cualquier cambio o mejora en el sistema.

- La instalación de un sistema de respaldo de energía debería ser parte integral de la estrategia de continuidad operativa. Además de asegurar el monitoreo y control durante cortes de energía, se recomienda realizar simulacros periódicos para garantizar que los procedimientos de cambio al sistema de respaldo sean conocidos y ejecutados eficientemente en situaciones de emergencia.

4. BIBLIOGRAFÍA

- ABB. (s.f.). Obtenido de <https://new.abb.com/drives/es/arrancadores-suaves>
- Allen Davis, P. C. (23 de Abril de 2018). *Global Seafood Alliance*. Obtenido de <https://www.globalseafood.org/advocate/sistemas-automatizados-de-alimentacion-en-la-produccion-en-estanques-de-camaron-blanco-del-pacifico/>
- contact, P. (s.f.). Obtenido de <https://www.phoenixcontact.com/es-cl/productos/arrancadores-de-motor-y-equipos-de-conmutacion-electronicos/arrancadores-de-velocidad>
- Danfoss. (s.f.). Obtenido de https://files.danfoss.com/download/Drives/doc_A_1_mg12a105.pdf
- Epcos. (s.f.). Obtenido de <https://www.epcos.net/producto/force180-FORCE180-CAMBIUM-NETWORKS-82565.html>
- Etec Soluciones de Ingeniería para el Manejo de Aguas*. (s.f.). Obtenido de <https://etecinternational.com/es/bombas-de-agua-acuicultura.aspx>
- Etec Soluciones de Ingeniería para el Manejo de Aguas*. (s.f.). Obtenido de <https://etecinternational.com/es/cultivo-de-camaron-un-negocio-que-demanda-gran-cantidad-de-agua.aspx>
- Finglai. (s.f.). Obtenido de <https://www.finglai.com/products/relays/floatless-level-relays/AFR-1/>
- HDMI. (s.f.). Obtenido de <https://datasheets.raspberrypi.com/rpi4/raspberry-pi-4-product-brief.pdf>
- Huaranga, C. R. (2020). *Diseño de un sistema de control para el monitoreo*[Tesis de Ingeniería, Universidad Continental]. Sitio web. Obtenido de https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/7328/3/IV_FIN_109_TE_Huaranga_Camargo_2020.pdf
- Ing. Fernando Huerta y Darryl E. Jory, P. (18 de Diciembre de 2017). <https://www.globalseafood.org/advocate/retro-adaptacion-de-granjas-de-camaron-sistemas-de-recirculacion/>.
- Manuel, R. L. (2017). *Repositorio Digital*. Obtenido de <http://repositorio.utmachala.edu.ec/handle/48000/11357>
- Mouser. (s.f.). *Mouser electronics*. Obtenido de https://co.mouser.com/ProductDetail/Amphenol-Technical-Products/HC18A-S32?qs=J%252BxBfat7XoKTWqefx1wlbA%3D%3D&_gl=1*11i8s6d*_ga*MTUxMzU3NjY3LjE3MDQyNTQyNjM.*_ga_15W4STQT4T*MTcwNTc2NjY3Ni4yLjEuMTcwNTc2NjY3Ni42MC4wLjA

- Our converters for your connections. (s.f.). Obtenido de https://www.adfweb.com/home/products/ModbusRTU_ModbusASCII.asp?frompg=nav3_17&loc_phy=20261&k001=b&cmpg1-k1=ascii%20modbus%20to%20rtu%20converter&d=c&pos=&gclid=Cj0KCQiA-62tBhDSARIsAO7twbYU8J0x1YGaCETTcd50xOz-2aYrNLz74B0NTdwDxguRzwQ-k132fWYyAqchEALw_wcB
- Prieto, P. (s.f.). Obtenido de [http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2.%20\[%C3%9Altimo%20acceso:%2020%2010%202021\]](http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2.%20[%C3%9Altimo%20acceso:%2020%2010%202021]).
- Prieto, P. (s.f.). Obtenido de *Lenguajes de programación - Principios básicos de PLC*
- Prieto, P. (Octubre de 2007). *Lenguajes de programación - Principios básicos de PLC*. Obtenido de [http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2.%20\[%C3%9Altimo%20acceso:%2020%2010%202021\]](http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=2.%20[%C3%9Altimo%20acceso:%2020%2010%202021]).
- Prieto, P. (2007). *Observatorio Tecnológico*. Obtenido de <http://recursostic.educacion.es/observatorio/web/gl/component/content/article/502-monografico-lenguajes-de-programacion?start=1>
- Quijia, & Gaibor. (2019).
- Rodriguez, D. J. (2023). *Monitoreo y medición de rendimiento basado en internet de las cosas para sistema de bomba centrífuga[Tesis de ingeniería,Pontificia Universidad Javeriana]*. Documento en línea. Obtenido de <https://repository.javeriana.edu.co/handle/10554/65142?locale-attribute=pt>
- Ross. (2020). *Sistemas computacionales*. Obtenido de <https://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/3390/1/KIMBERLY%20KARINA%20GILER%20CEVALLLOS.pdf>
- Saltos, M. M. (5 de Mayo de 2022). Obtenido de <https://www.forbes.com.ec/negocios/y-ustedes-ceo-santa-priscila-n15688>
- SGL. (Agosto de 2022). *La Colina Agrotecnología*. Obtenido de <https://lacolina.com.ec/sector-camaronero-en-ecuador/>

Siemens. (s.f.). Obtenido de
https://cache.industry.siemens.com/dl/files/307/109767307/att_1003966/v1/MAN_L1V30519172D-01_es_es-MX.pdf

Siemens. (s.f.). Obtenido de
<https://mall.industry.siemens.com/mall/es/es/Catalog/product?mlfb=LZX:PT570730>

Siemens. (s.f.). Obtenido de
file:///C:/Users/SOLANGE!/Downloads/3UG45131BR20_datasheet_es.pdf

VLT. (s.f.). Obtenido de <https://www.danfoss.com/es-es/products/dds/soft-starters/vlt-soft-starter-mcd-600/#tab-overview>