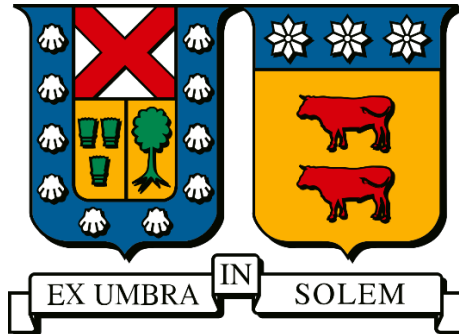


UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
DEPARTAMENTO DE ELECTRÓNICA E INFORMÁTICA
SEDE CONCEPCIÓN – CHILE



**SISTEMA DE CONTROL Y MONITOREO DE BOMBAS EN CALDERAS DE
PESQUERA ORIZON**

Trabajo de Titulación presentado por

PABLO VALDERRAMA CARTES

JHONSON GATICA CID

Para optar al Título Profesional de

Ingeniero de Ejecución en Control e Instrumentación Industrial

Profesor Guía

LUIS MUÑOZ QUEZADA

RESUMEN

KEYWORDS: WINCC ADVANCED, TIA PORTAL V16, AUTOCAD, PROFINET, ETHERNET, SIMATIC ET 200SP, PLC S7-1500, CALDERAS, BOMBAS DE AGUA Y DE PETRÓLEO.

El presente trabajo de título de Sistema de Control y Monitoreo de Bombas en Calderas de Pesquera Orizon, tiene como finalidad mejorar y optimizar el Control y Monitoreo actual de la planta incluyendo al SCADA existente de la Sala de Control, la implementación de un Sistema de Control y Monitoreo de las bombas de agua y petróleo de Calderas de la Pesquera, se escogió el software Tía Portal V16 para la programación de control y Wincc Advanced para la visualización de las bombas. Para esto se deberá agregar tarjetas de entrada y salidas digitales para tener el control de las bombas a través del SCADA, el controlador a utilizar será un PLC S7-1500, también, se emplea el uso de dos ET 200SP, que es un sistema de periferia escalable y muy flexible, que conecta las señales del proceso a el controlador S7-1500 mediante una comunicación rápida a través de Profinet. Esta mejora pretende aumentar la productividad de la planta dado que el proceso se podrá controlar y monitorear de manera más rápida y lograr una eficiencia en el proceso, dado que cualquier variabilidad o interrupción en el proceso podrá ser corregida rápidamente. Además, se identificó el hardware correspondiente para el accionamiento y status de las bombas, y así, facilitar el trabajo y mejorar el desempeño de la planta.

TIA PORTAL (Totally Integrated Automation Portal) es la plataforma de ingeniería de Siemens que ofrece soluciones de automatización en todos los sectores industriales del mundo, integrando todas las tareas de automatización de un proceso industrial. Se trata de una aplicación modular a la que se le pueden ir añadiendo nuevas funcionalidades según las necesidades concretas de cada sector.

Simatic Wincc es un sistema de control de supervisión y adquisición de datos (SCADA) e interfaz hombre – máquina (HMI) de Siemens. Los sistemas SCADA se utilizan para monitorear y controlar procesos físicos involucrados en la industria y la infraestructura a gran escala y en largas distancias. Simatic Wincc se puede utilizar en combinación con controladores Siemens y está escrito para el sistema operativo Microsoft Windows.

A grandes rasgos las Calderas generan vapor para alimentar las líneas de las diferentes etapas de la pesquera (cocedores, secadores, ya sea para planta PHP o Conserva) cada una de estas calderas cuenta con una bomba de agua, en total, se tiene 5 bombas de agua, más 2 bombas de agua auxiliares, en caso de problemas con alguna bomba, se activará una de

las bombas auxiliares para solucionar el problema. Estas calderas funcionan actualmente a gas y en caso de emergencia se pueden activar las 3 bombas de petróleo que alimentaran las calderas. Cabe destacar que el estanque diario de petróleo tiene una bomba de llenado que el alimenta este estanque. Actualmente la activación de cualquiera de estas bombas se debe hacer de manera manual en el tablero de control activando el selector correspondiente a la bomba que se desea energizar. Se quiere incluir el control y monitoreo de las bombas al SCADA existente para optimizar el trabajo realizado por el operario, y así él pueda controlar y monitorear todo el sistema de calderas, junto a las variables involucradas desde la sala de control.

Las calderas de la pesquera Orizon son 4 del tipo pirotubulares y una es acuotubular, denominada caldera de vapor rápido o de serpentín, que gracias al pequeño volumen de agua permiten obtener vapor en muy poco tiempo. Específicamente esta caldera corresponde a la N°4 de las calderas que hay en planta, las otras 4 son pirotubulares.

En la caldera acuotubular el fluido a calentar se desplaza por el interior de los tubos y los gases de combustión circulan por el exterior de los mismos. Se emplean cuando se requieren presiones de trabajo elevadas, para calentar volúmenes pequeños de agua. Dado que el agua alcanza velocidades considerables, la transmisión de calor es eficiente y la capacidad de producir vapor elevada. Exigen ser alimentadas con agua de gran pureza para evitar incrustaciones en el interior de los tubos y rotura de los mismos. Su coste es más elevado y, debido al pequeño volumen de agua, se ajustan peor a las grandes variaciones del consumo de vapor. En cambio, en las calderas pirotubulares los vapores de la combustión pasan por dentro de los tubos rodeados por agua, el agua absorbe el calor de los gases de combustión para calentarse, y de esta manera, obtener vapor que es utilizado para los procesos industriales de secadores y cocedores en la planta.

La comunicación industrial entre los controladores de cada caldera, de las etapas o líneas de proceso y dispositivos de automatización ubicados en terreno como, por ejemplo, válvulas, sensores, transmisores, quemadores entre otros, se realizará a través de Profinet, que es un estándar de Ethernet industrial.

La red PROFINET es una red diseñada para trabajar en área local, la cual dispone de un sistema estándar totalmente abierto que depende de la asociación PI (PROFIBUS & PROFINET International) utilizando como medio de transmisión la tecnología Ethernet TCP/IP. Las modificaciones de PROFINET a la Ethernet estándar aseguran una transmisión de datos adecuada y rápida incluso en aplicaciones difíciles.

Ethernet Industrial es un estándar de red de comunicación capaz de manejar grandes cantidades de datos a velocidades de 10 Mbps o 100 Mbps, y hasta 1500 bytes por paquete.

El sistema SCADA es una herramienta de automatización y control industrial utilizada en los procesos productivos para controlar, supervisar, recopilar datos, analizar datos y generar informes a distancia mediante una aplicación informática. Su principal función es la de evaluar los datos con el propósito de subsanar posibles errores.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

RESUMEN

SIGLAS Y SIMBOLOGÍA

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

INTRODUCCIÓN **1**

OBJETIVOS **3**

OBJETIVO GENERAL 3

OBJETIVOS ESPECÍFICOS 3

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA **4**

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIONES TEÓRICAS. **5**

1.1 LA INDUSTRIA PESQUERA. 5

1.1.1 Tipos de industria pesquera. 6

1.1.2 Análisis del proceso productivo. 6

1.1.2.1 Obtención del producto. 7

1.1.2.2 Tratamiento preliminar del pescado. 7

1.1.2.3 Refrigeración o congelación parcial de los productos. 7

1.1.2.4 Industria de transformación. 8

1.1.2.5 Distribución y venta. 8

1.1.2.6 Consumidor final. 8

1.2 SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR Y CALDERAS. 8

1.2.1 Descripción de un sistema de generación de vapor. 9

1.2.2 Estructura de un sistema de generación de vapor. 9

1.2.3 Descripción y funcionamiento de una caldera. 10

1.2.4 Estructura de una caldera. 11

1.2.5 Clasificación de las calderas. 16

1.2.5.1 Características principales de las calderas acuotubulares. 18

1.2.5.2 Características principales de las calderas pirotubulares. 20

1.2.6 Dispositivos de seguridad. 22

1.2.7 Sala de calderas. 23

1.2.8 Sobrecalentador. 24

1.2.9 Recalentador. 24

1.2.10 Precalentador de aire regenerativo. 25

1.2.11	Economizador.	25
1.3	BOMBAS CENTRIFUGAS MULTITETAPA.	26
CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES, FUNCIONAMIENTO Y CONTROL GENERAL DEL PROCESO DE LA PLANTA.		27
2.1	HISTORIA PESQUERA ORIZON.	27
2.2	ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA GENERAL, PHP Y CONSERVA.	28
2.2.1	Estructura general de la planta.	28
2.2.2	Descripción planta general.	29
2.2.2.1	Planta de harina y aceite de pescado (PHP).	30
2.2.2.2	Planta de conserva.	32
2.3	DESCRIPCION DE FUNCIONAMIENTO, EQUIPOS Y/O DISPOSITIVOS Y ESQUEMA DE SISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA Y COMBUSTION EN CALDERAS.	33
2.3.1	Esquema y funcionamiento de sistema de alimentación de agua a caldera.	33
2.3.2	Esquema y funcionamiento de sistema de combustión de calderas.	34
2.3.3	Esquema y descripción de línea de vapor generada por las calderas hacia procesos de plantas PHP y Conserva.	37
2.4	SISTEMA DE CONTROL PARA LAS BOMBAS DE AGUA Y PETROLEO DE CALDERAS.	41
CAPÍTULO 3: NUEVO SISTEMA SCADA A IMPLEMENTAR EN EL CONTROL DE LAS BOMBAS DE AGUA Y PETRÓLEO DE CALDERAS.		44
3.1	DESCRIPCION E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS INVOLUCRADOS EN LA PLANTA.	44
3.1.1	Control de purga en calderas.	45
3.1.2	Control de combustión en calderas.	46
3.1.3	Control de nivel de la caldera.	47
3.1.4	Control de nivel de estanque diario de petróleo.	48
3.1.5	Arranque de las calderas.	48
3.2	PROGRAMACION LADDER EN TIA PORTAL V16.	49
3.2.1	Bloques de organización, bloques de función con memoria y sin memoria y bloques de datos.	49
3.2.1.1	Bloque de organización	50
3.2.1.2	Bloques de función (FB).	52
3.2.1.3	Bloques de Funciones (FC) o sin memoria.	53
3.2.1.4	Bloques de datos (DB).	53
3.2.2	Conexión al PLC	56
3.2.3	Vista de conexión de dispositivos y redes.	56
3.2.3	Startup (OB 100).	57
3.2.4	Bloques de funciones creados (FB).	58

3.2.5 Bloques de Funciones (Fc) o sin memoria.	63
3.2.5.1 Interlock bombas auxiliares 1 y 2.	63
3.2.5.2 Accionamiento de bombas.	64
3.2.5.3 Señales Análogas.	68
3.2.6 Bloques de datos (DB).	69
3.3 DISEÑO DE HMI CON WINCC ADVANCED.	70
3.3.1 Creación de variables HMI.	70
3.3.2 Imágenes emergentes.	71
3.3.2.1 Pop Up de las bombas de agua y petróleo de calderas.	72
3.3.3 SCADA del circuito de agua de calderas sin intervención	75
3.3.4 Circuito de alimentación de agua y Circuito de combustible de emergencia de calderas.	75
3.3.5 Programación Ladder para conexión a HMI y lectura del nivel del estanque de petróleo.	76
CAPÍTULO 4: IDENTIFICACIÓN Y COSTO DE LOS EQUIPOS DEL PROYECTO, PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS OBTENIDOS.	79
4.1 IDENTIFICACION DE LOS EQUIPOS Y/O DISPOSITIVOS DEL PROYECTO.	79
4.1.1 CPU 1510SP-1 PN.	79
4.1.2 Simatic ET 200SP.	80
4.1.3 Unidades básicas (Base Unit -BU).	82
4.2 COSTO DE LOS EQUIPOS Y/O DISPOSITIVOS IMPLEMENTADOS.	84
4.3 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PROGRAMACION Y VISUALIZACIÓN DEL PROYECTO.	85
4.4 RESULTADOS OBTENIDOS.	87
CONCLUSIÓN	90
BIBLIOGRAFÍA	92
LINKOGRAFÍA	93

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1 Pesquera Orizon Coronel.	5
Figura 1-2 Esquema sistema de generación de vapor.	9
Figura 1-3 Esquema de tipos de Transferencia de calor.	10
Figura 1-4 Estructura de una caldera.	16
Figura 1-5 Tipos de cámaras de una caldera.	16
Figura1-6 Caldera acuotubular.	19
Figura1-7 Caldera pirotubular.	20
Figura 1-9 Imagen de un Precalentador de aire regenerativo.	25
Figura 1-10 Imagen de un Economizador.	26
Figura 1-11 Imagen de bomba centrífuga multietapa y sus partes.	26
Figura 2-1 Layout General de la planta y línea de alimentación de agua.	29
Figura 2-2 Proceso productivo Planta de harina y aceite de pescado.	31
Figura 2-3 Indicadores de presión a secadores y cocedores de PHP.	32
Figura 2-4 Proceso productivo de Conserva.	32
Figura 2-5 Indicador de línea de presión a Conserva.	33
Figura 2-6 Sistema de alimentación de agua a calderas.	34
Figura 2.7 Línea de petróleo a calderas.	35
Figura 2-8 Vista de las calderas con sus equipos para sistema de combustión	36
Figura 2-9 Caldera N°1 pirotubular con equipos de sistema de combustión.	36
Figura 2-10 Caldera N°4 acuotubular con equipos de sistema de combustión.	37

Figura 2-11 Línea de vapor hacia áreas de procesos.	38
Figura 2-12 (a) Indicadores Novus 1500 de presión de cada caldera, luces indicadoras de falla y funcionamiento de ventiladores, bombas, entre otros equipos.	38
Figura 2-12 (b) Indicadores Novus 1500 de presión de cada caldera, luces indicadoras de falla y funcionamiento de ventiladores, bombas, entre otros equipos.	39
Figura 2-12 (c) Indicadores Novus 1500 de presión de cada caldera, luces indicadoras de falla y funcionamiento de ventiladores, bombas, entre otros equipos.	39
Figura 2-13 Sala de Calderas de la planta.	40
Figura 2-14 Estanque de agua blanda.	40
Figura 2-15 Tablero de control en antigua sala de control.	41
Figura 2-16 Bombas de alimentación de agua a calderas y bombas auxiliares.	42
Figura 2-17 Controlador industrial en cada una de las calderas.	42
Figura 2-18 Corrector de volumen de gas, medidor de flujo de gas y sensores de temperatura y presión.	43
Figura 2-19 Corrector de volumen de gas.	43
Figura 3-1 Esquema representativo de proceso tratamiento de agua.	44
Figura 3-2 Esquema representativo control de purga de fondo.	46
Figura 3-3 Controlador de cada una de las calderas.	49
Figura 3-4 Imagen de creación de bloques lógicos en Tía Portal V16.	50
Figura 3-5 Tipos de Bloques de organización (OB).	50
Figura 3-6 Main principal (OB1)	51
Figura 3-7 Tipos de OB de arranque.	51
Figura 3-8 Bloques lógicos.	52
Figura 3-9 Bloques lógicos.	53

Figura 3-10 Bloques lógicos.	54
Figura 3-11 Bloques de datos (DB) de instancia y global.	55
Figura 3-12 Bloque de datos instancia individual.	55
Figura 3-13 Conexión al PLC.	56
Figura 3-14 Vista de conexión de redes.	57
Figura 3-15 Startup (OB100) arranque en caliente..	58
Figura 3-16 Programación de Bloque de función Motor.	59
Figura 3-17 Programación de Bloque de función Motor.	60
Figura 3-18 Programación de Bloque de función Motor_Tipo2.	61
Figura 3-19 Programación de Bloque de función Motor_Tipo2.	62
Figura 3-20 Programación de función de accionamiento de bombas auxiliares.	64
Figura 3-21 Accionamiento bomba de alimentación de agua caldera N°1.	64
Figura 3-22 Accionamiento bomba de alimentación de agua caldera N°2.	64
Figura 3-23 Accionamiento bomba de alimentación de agua caldera N°3.	65
Figura 3-24 Accionamiento bomba de alimentación de agua caldera N°4.	65
Figura 3-25 Accionamiento bomba de alimentación de agua caldera N°5.	66
Figura 3-26 Accionamiento bomba de alimentación de agua auxiliar N°1.	66
Figura 3-27 Accionamiento bomba de alimentación de agua auxiliar N°2.	66
Figura 3-28 Accionamiento bomba para llenado estanque de petróleo diario.	67
Figura 3-29 Accionamiento bomba de alimentación de petróleo N°1 hacia calderas en caso de emergencia.	67
Figura 3-30 Accionamiento bomba de alimentación de petróleo N°2 hacia calderas en caso de emergencia.	67

Figura 3-31 Accionamiento bomba de alimentación de petróleo N°3 hacia calderas en caso de emergencia.	68
Figura 3-31 Escalamiento señal análoga.	68
Figura 3-32 Programación de función para nivel de estanque diario de petróleo.	69
Figura 3-33 DB de instancia individual creados para la programación realizada.	70
Figuras 3-34 Creación de variables para conexión a HMI.	71
Figura 3-35 Creación imágenes emergentes.	71
Figuras 3-36 Creación de Pop Up de bomba de alimentación de agua caldera N°1 y N°2.	72
Figuras 3-37 Creación de Pop Up de bomba de alimentación de agua caldera N°3 y N°5.	72
Figura 3-38 Creación de Pop Up de bomba de alimentación de agua caldera N°4	73
Figuras 3-39 Creación de Pop Up de bombas de alimentación de agua auxiliares.	73
Figura 3-40 Creación de Pop Up de bomba de llenado de estanque de petróleo diario.	74
Figuras 3-41 Creación de Pop Up de bombas de alimentación de petróleo hacia calderas.	74
Figuras 3-42 Circuito de agua de calderas sin intervención.	75
Figuras 3-43 Circuito de agua de alimentación y Circuito de combustible de emergencia de calderas.	76
Figuras 3-44 Programación Ladder conexión HMI llenado y visualización del estanque.	78
Figura 4-1 CPU 1510SP-1 PN.	79
Figura 4-3 Módulo de entradas digitales.	81
Figura 4-4 Módulo de salidas digitales.	81
Figura 4-5 6ES7 193-6BP00-0BA0: Base tipo BU AO, sin bornes Aux, oscura.	83

Figura 4-6 6ES7 193-6BP00-0DA0: Base tipo BU AO, sin bornes Aux, clara.	84
Figura 4-7 Imagen HMI general y despliegue de Pop Up de control de bombas.	86
Figura 4-8 Imagen HMI general y despliegue de Pop Up de control de bombas.	86
Figura 4-9 Tablero de control, con PLC S7-1500 (existente), al cual se agregaron módulos digitales, Base unit y remotos para el diseño e implementación del control de bombas de agua y petróleo y nivel del estanque diario de petróleo.	87
Figura 4-10 Simulación en el computador que cargara el programa al PLC.	87
Figura 4-11 Imagen mostrada para el control de las bombas.	88
Figura 4-12 SCADA con la visualización del circuito de agua y petróleo de calderas.	88

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1 Diferencias entre Calderas Acuotubulares y Pirotubulares.	22
Tabla 4-1 Características de las BaseUnit.	82
Tabla 4-2 Precios de equipos y/o dispositivos utilizados.	84

SIGLA Y SIMBOLOGÍA

A. SIGLAS

TIA PORTAL: Totally Integrated Automation Portal.

PLC: Controlador Lógico Programable.

TCP: Protocolo de Control de Transmisión.

P&ID: Diagrama de Tuberías e Instrumentación.

IP: Internet Protocol.

IEC: International Electrotechnical commission.

HMI: Interfaz Hombre – Máquina.

SCADA: Supervisión Control y Adquisición de Datos.

PHP: Planta de harina y aceite de pescado.

DAF = Flotación de aire disuelto.

B. SIMBOLOGÍA

°C = Grados Celsius.

Cm = Centímetros.

Kg = Kilogramos.

Cm² = Centímetro cuadrado.

h = Hora.

m = Metro.

Ton = Tonelada.

m² = Metro cuadrado.

m³ = Metro cubico.

atm = Atmosfera.

A = Ampere.

mA = mili Amperios.

V = Volt.

W = Watt.

S = Segundos.

bar = Bar.

% = Porcentaje.

L = Litros.

psi = Libra por Pulgada cuadrada.

Hz = Hertz.

INTRODUCCIÓN

El constante desarrollo del mercado a nivel industrial da lugar a la búsqueda persistente de la optimización de los procesos de producción y el aumento de productividad de las plantas industriales. Por ello las organizaciones actualmente requieren profesionales capacitados que puedan realizar adecuadamente el control de los diversos procesos de producción, optimizando y agilizando el trabajo.

Las calderas son equipos diseñados principalmente para la generación de vapor con el objetivo de ser utilizadas para diferentes procesos industriales, como, por ejemplo, secadores y cocedores en una pesquera que es el caso de esta planta. En los sistemas de calderas hay varios controles que se llevan a cabo para llevar a cabo el control automático del sistema que busca optimizar el proceso de producción en las industrias.

Los operadores de calderas deben inspeccionar las calderas con frecuencia en búsqueda de fugas, combustión correcta, funcionamiento de los dispositivos de seguridad e indicadores, así como otras funciones.

Los operadores de caldera deben asegurar que el sistema de combustible, incluyendo las válvulas, tuberías y estanques, estén funcionando correctamente y sin fugas. Para prevenir explosiones en la caldera, es imperativo que los operadores purguen la caldera antes de encender el quemador.

El operador debe mantener, inspeccionar, reparar, registrar, ajustar las calderas, por lo tanto, la importancia de estar presente en sala de calderas verificando el correcto funcionamiento, la estabilidad y seguridad del sistema.

Por este motivo es necesario optimizar el sistema de control diseñando e implementando un SCADA para agregar el control de las bombas de calderas de la Pesquera Orizon Coronel, para lograr visualizar de manera más precisa todas las variables involucradas en este proceso, observando cuales pueden ser las causas que influyen en la cantidad y calidad de la generación de vapor, para la alimentación de las líneas de los distintos procesos.

Este proyecto se encargará de integrar al SCADA existente en la sala de control de la Pesquera Orizon, un sistema de control en lazo cerrado desarrollado en el software TIA PORTAL y visualizado en WINCC ADVANCED, donde mediante el uso de un controlador PLC S7-1500, dos ET 200SP que corresponde a un sistema de periferia multifuncional descentralizado, el uso de tarjetas de entradas y salidas digitales para el control de las bombas de agua y de petróleo del proceso, utilizando como protocolo de comunicación PROFINET (conector RJ45). Mediante este nuevo SCADA se podrá controlar las bombas del proceso, observar su estado y las variables involucradas, optimizando la producción de las calderas, además se visualizarán las variables de presión, temperatura, flujo en tiempo real de todo el proceso general, sistemas de alarmas en el

caso de fallas en las bombas o en la caldera en cualquiera de sus etapas. Recordando que actualmente la activación de las bombas de calderas se realiza mediante selectores dispuestos en el tablero de control ubicados en la sala de control de planta.

Para la activación de las bombas el operador de calderas debe salir de la sala de calderas e ir a la sala de control y activar las bombas mediante selectores, lo que retrasa el proceso productivo de la planta, por eso es necesario optimizar este control para aumentar la productividad en la industria y optimizar visualizando y controlando el proceso desde la sala de control nueva donde estará el SCADA del proceso completo.

El trabajo de título se encuentra estructurado de la siguiente manera: consta de 4 capítulos, donde el primero da a conocer las fundamentaciones teóricas que involucra el proyecto (marco teórico), en el segundo capítulo, se conoce la industria donde se desarrollara el proyecto, esquema general de la planta, sistema de control actual, normas nacionales e internacionales que rigen el proceso y este tipo de industria. El Tercer capítulo dará a conocer la propuesta de mejora y optimización del sistema de bombas de calderas para la planta, se analizará en detalle el hardware y software a utilizar para el desarrollo del proyecto, beneficios de la implementación de este sistema y por último, en el cuarto capítulo se lleva a cabo el análisis de mercado de proveedores para calcular cual es el costo total de la implementación del nuevo sistema de control, pruebas de funcionamiento y los resultados obtenidos luego de la implementación, al finalizar se desarrollan las correspondientes conclusiones del trabajo de título desarrollado.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Implementar un sistema de monitoreo y control de las bombas de agua y petróleo correspondiente a las cinco calderas de la pesquera Orizon Coronel.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Comprender el proceso productivo de la planta, las diferentes etapas y los diferentes sistemas involucrados.
- Identificar el funcionamiento de las bombas de agua encargadas de alimentar las calderas, que se agregaran al sistema de control e incorporaran al SCADA existente en la sala de control calderas de Orizon.
- Conocer el funcionamiento de las bombas de petróleo encargadas de alimentar la combustión de las 5 calderas.
- Identificar los dispositivos y/o equipos para la implementación del sistema de control y monitoreo.
- Diseñar Programación Ladder en Tía Portal V16 y SCADA en Wincc Advanced.
- Explicar el funcionamiento del nuevo sistema de control de bombas de calderas de Orizon, en la visualización a través de Wincc Advanced y en la programación Ladder mediante TIA PORTAL V16.

IDENTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

Según el Decreto Supremo N°10 que aprueba el reglamento de calderas, autoclaves y equipos que utilizan vapor de agua, establece medidas que buscan proteger la vida y la salud de los trabajadores que las operan y de la comunidad, ya que los accidentes causados por estos equipos muchas veces tienen graves consecuencias.

Esto establece que el operador de calderas realizara las comprobaciones adecuadas de los controles, elementos de seguridad y calidad del agua, para asegurarse del buen estado y funcionamiento de la caldera.

El operador debe vigilar directamente la caldera, por eso es necesario la presencia en la sala o cerca para poder actuar de forma inmediata en caso de problemas en el proceso.

Esta planta cuenta con una antigua sala de control que está ubicada a varios metros de la sala de calderas, lo cual complica la vigilancia en todo momento del operador dado que entre ese transcurso es hartos el tiempo en el que el operador está fuera de su puesto de trabajo. El operador debe ir a la antigua sala de control para activar las bombas de alimentación de agua y de petróleo en caso de usar este tipo de combustible por emergencia.

Dado que 4 de las calderas de planta son pirotubulares, que contienen grandes cantidades de agua en su interior, esto sumado a una gran cantidad de presión en la caldera, puede generar una explosión catastrófica, es por eso que es necesario una supervisión constante del correcto funcionamiento y ajuste de parámetros de ser necesario, además, planta cuenta con una caldera acuotubular, donde el riesgo de explosión es casi nulo por la estructura de estas calderas, pero, no obstante, el tratamiento de agua es más estricto, por ende, el operador debe vigilar rigurosamente la alimentación del agua observando el comportamiento de la caldera en ese instante, para evitar corrosiones en caldera y circuito, incrustaciones, minimizar la formación de espumas, que facilitan el arrastre y los falsos niveles de agua.

Actualmente se construyó una nueva sala de control, que está ubicada mucho más cerca de la sala de calderas donde mediante un SCADA se puede controlar y supervisar la mayor parte del proceso, no obstante, aún no se ha agregado todo el control correspondiente, medida que aún puede tener consecuencias y también de alguna manera complica el trabajo del operador y pone en riesgo la producción de la planta por causa de cualquier inconveniente en ese tiempo muerto de ir de una sala a otra.

Ahí es donde es necesario diseñar e implementar el control y monitoreo de las bombas de agua y petróleo de calderas e integrarlo al SCADA existente, para así optimizar completamente el proceso, mejorar la seguridad, mejorar la productividad y tener todo controlado y monitoreado desde una sola sala de control.

CAPÍTULO 1: FUNDAMENTACIONES TEÓRICAS.

El presente capítulo tiene como objetivo dar a conocer cuál es la estructura y funcionamiento de una industria pesquera en general, conocer la función que cumple este sistema de bombas de caldera en la pesquera, los equipos dispositivos que conforman este sistema explicando el funcionamiento y características de estos, y, el tipo de caldera que se presenta en la industria y un análisis de los equipos y/o componentes que la conforman.

1.1 LA INDUSTRIA PESQUERA.

La Industria pesquera o sector pesquero es la actividad económica del sector primario que consiste en pescar y producir pescados, mariscos y otros productos marinos para consumo humano o como materia prima de procesos.

En Chile la pesca y la acuicultura constituyen actividades económicas relevantes, cuyo aporte se estima en más de 147 mil millones de pesos de contribución al Producto Interno Bruto (PIB) en 2020.

Datos más recientes indican que el sector industrial aportó el 63,5% del total con 4,2 mil toneladas, lo que es un 31,9% superior a lo registrado a marzo de 2020.



Fuente: Foto tomada en Planta Orizon Coronel.

Figura 1-1 Pesquera Orizon Coronel.

1.1.1 Tipos de industria pesquera.

Los tipos de industria que mueven a la actividad pesquera en Chile, donde la materia prima es procesada y/o transformada, son:

- Industria reductora: caracterizada por que los recursos utilizados como materia prima principalmente pelágicos, permiten la elaboración de productos en conserva, harinas y aceites de pescado. El principal producto sustitutivo es la harina de soja, tanto a nivel de producto como de productos específicos. Los principales demandantes en relación al volumen son los avicultores y porcicultores presentándose un potencial interesante en el caso de los acuicultores. La mayoría de los recursos que sustentan la pesquería pelágica son, en general, peces que forman grandes cardúmenes distribuidos en los estratos superficiales del mar, característica común a la mayoría de las áreas de pesca donde se extraen estos recursos. Sin embargo, en Chile, estos se encuentran muy cerca de la costa permitiendo que sean extraídos a bajo costo.
- Industria congeladora: caracterizada por que los recursos utilizados como materia prima, principalmente demersales, permiten la elaboración de productos de carne blanca. Se dice que los principales productos sustitutos son los provenientes del cerdo, las aves y los ovinos. La diferencia tecnológica (gestión y proceso) imperante en las empresas comercializadoras de productos congelados, hacen que su capacidad de negociación se vea fuertemente limitada ya que estas ofrecen productos de calidades muy variadas a un mismo mercado.
- Industria conservera: la principal materia prima es el recurso pelágico, el cual es procesado y llevado a conserva. Esta industria comparte las mismas características que la industria reductora a nivel de materia prima. Sin embargo, se distingue de esta en el proceso productivo y de gestión.

En el caso de la pesquera Orizon, esta industria se dedica a conserva, congelado, y además producción de harina y aceites de pescado.

1.1.2 Análisis del proceso productivo.

Todos los productos procedentes de la pesca se obtienen y sufren un proceso similar hasta llegar a la venta. Dicho proceso es el que se describe en los siguientes apartados.

1.1.2.1 Obtención del producto.

La primera etapa consiste en la obtención del producto, la cual puede darse mediante pesca extractiva industrial o bien mediante técnicas de acuicultura.

Existen distintos métodos de pesca extractiva, cada uno de los cuales se empleará en función de las condiciones físicas del lugar y de la especie a capturar, con el objetivo de realizar dicha captura de la manera más eficaz posible. Entre los métodos de pesca extractiva más empleados pueden citarse el uso de anzuelos y sedales, trampas, redes fijas o redes móviles.

Las técnicas de acuicultura consisten en el cultivo controlado de especies acuáticas, vegetales y animales. Se aplica a una gran variedad de especie de algas, moluscos, crustáceos y peces.

1.1.2.2 Tratamiento preliminar del pescado.

Una vez capturado, el pescado sufre diferentes tratamientos, aunque existen una serie de operaciones comunes independientemente de su destino, como pueden ser la clasificación según especie y tamaño y la eliminación de aquellos alterados o no aptos para el consumo. Se separan según para que planta se dirijan, ya sea congelado, conserva o planta de harina y aceite de pescado, esto depende obviamente de las características y calidad de la materia prima.

1.1.2.3 Refrigeración o congelación parcial de los productos.

La refrigeración o congelación parcial de los productos se realiza con el objetivo de mantener su estado. La refrigeración tiene lugar inmediato después de la captura, en el mismo barco, y prolonga el estado de conservación del pescado de 2 a 8 días. Según la legislación, son productos refrigerados aquellos que no sufren ningún otro tratamiento de conservación, exceptuando la refrigeración.

1.1.2.4 Industria de transformación.

Es aquella que elabora, a partir de productos procedentes de la pesca, congelados o refrigerados, productos de mayor calidad organoléptica y mayor valor añadido, mediante operaciones tales como, salazón, calentamiento, ahumado, deshidratación, escabechado entre otras.

1.1.2.5 Distribución y venta.

Una vez transformados los productos se distribuyen principalmente en camiones, que estarán acondicionados de forma que se mantenga el producto en óptimas condiciones. Se emplean camiones isoterms, frigoríficos o congeladores, evitando romper en ningún momento la cadena de frío.

1.1.2.6 Consumidor final.

El consumidor final deberá hacerse cargo de mantener el producto en óptimas condiciones de conservación, teniendo presente la fecha de caducidad, hasta su consumo.

1.2 SISTEMA DE GENERACIÓN DE VAPOR Y CALDERAS.

La pesquera industrial Orizon se dedica a congelados, conserva, planta de harina, por ende, existe una amplia cantidad de procesos productivos, por lo cual la planta de Coronel cuenta en sus inmediaciones con 4 calderas del tipo pirotubulares y una acuotubular, que se encargan de generar vapor y alimentar las líneas de procesos de secadores y cocedores de PHP y Conserva (cocedores). El uso de calderas pirotubulares implica un control constante de los parámetros de calderas para corroborar el correcto funcionamiento dado que estas calderas presentan un gran riesgo de explosión, en caso de que no se estén cumpliendo los valores deseados de funcionamiento, en cambio, la caldera acuotubular implica un control más estricto en el agua de alimentación de esta misma, esta caldera es del tipo serpentín por lo que tiene la capacidad de generar vapor más rápido y agilizar los procesos de producción cuando es necesario.

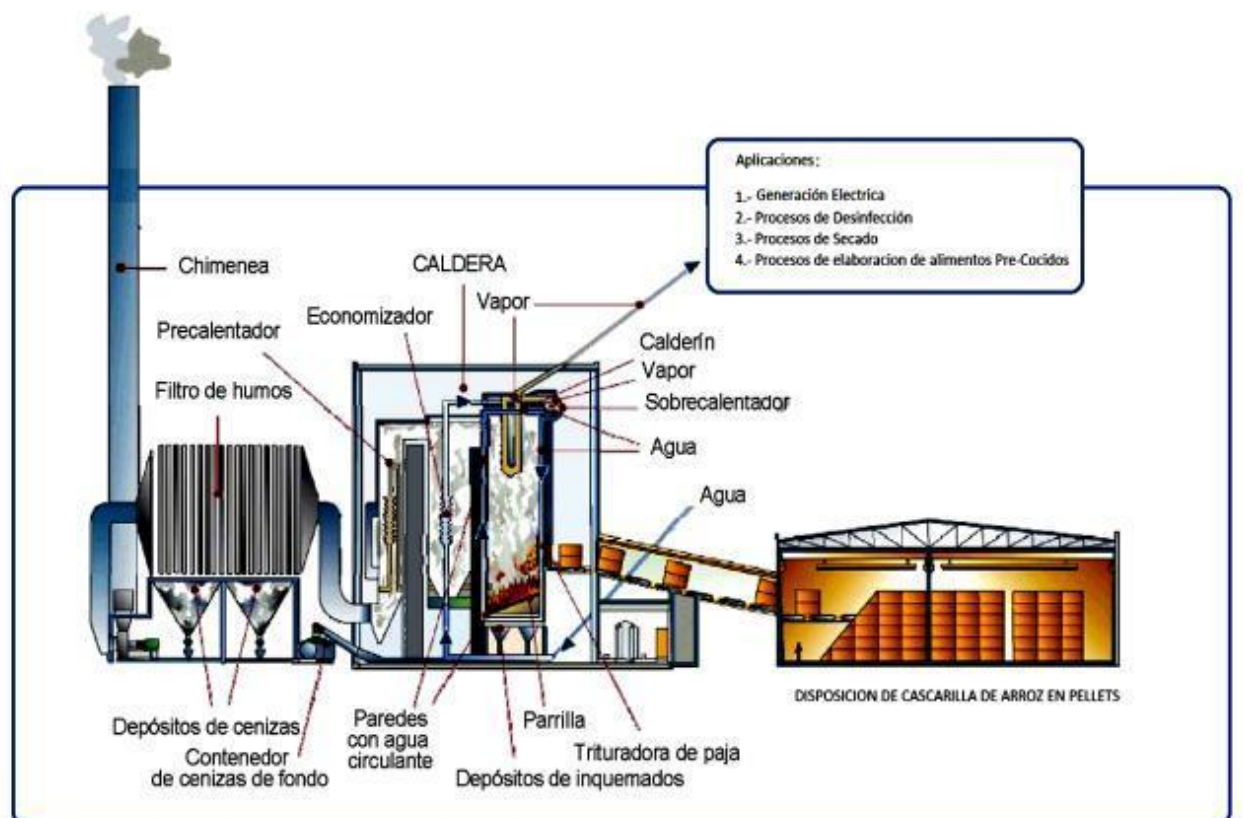
1.2.1 Descripción de un sistema de generación de vapor.

Es el conjunto o sistema formado por una caldera y sus equipos y/o componentes, destinados a transformar un líquido en vapor, a temperatura y presión diferente al de la atmósfera. El sistema generador de vapor produce el vapor sobrecalentado, también conocido como vapor seco.

A la combinación de una caldera y un sobrecalentador se le conoce como generador de vapor.

1.2.2 Estructura de un sistema de generación de vapor.

- Caldera
- Sobrecalentador
- Recalentador
- Precalentador de aire regenerativo
- Economizador



Fuente: <https://www.spiraxsarco.com/global/es-CL>

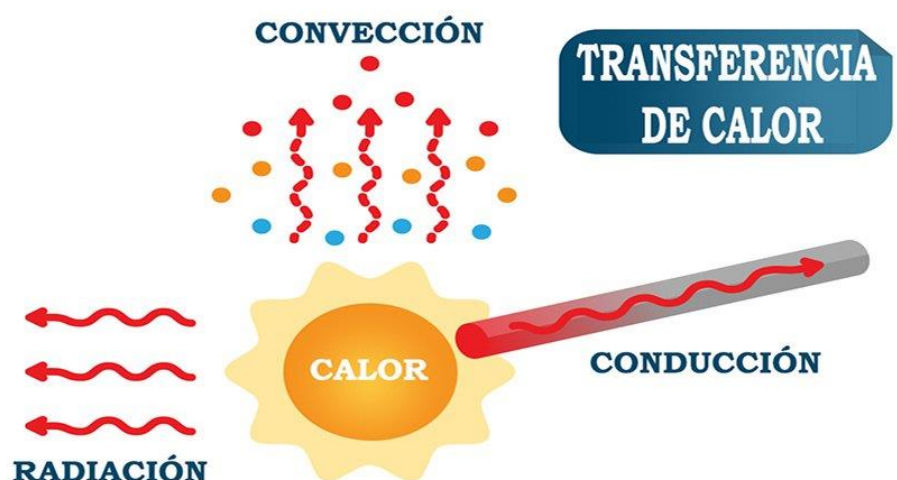
Figura 1-2 Esquema sistema de generación de vapor.

1.2.3 Descripción y funcionamiento de una caldera.

Una caldera es un recipiente metálico cerrado que, aplicando el calor de algún combustible sólido, líquido o gaseoso, produce vapor o calienta un fluido a una temperatura superior a la del ambiente y presión por encima de la atmosférica. Por tratarse de un recipiente a presión, suele ser de acero al carbono y dispone de dispositivos de seguridad. Además, debe ser sometida a inspecciones y pruebas periódicas y ser manipulada por operarios capacitados. Por último, el recinto o sala donde se instale una caldera deberá reunir una serie de requisitos, definidos en el reglamento de equipos a presión, las instrucciones técnicas complementarias y la normativa vigente.

El principio básico del funcionamiento de las calderas consiste en una cámara donde, con la ayuda del aire comburente, se produce la combustión y un intercambiador de calor donde el calor producido por la combustión se transmite al fluido caloportador, encargado a su vez de llevar el calor a los puntos de consumo. En el calentamiento del fluido caloportador de una caldera intervienen los tres mecanismos de transmisión de calor reconocidos:

- Conducción, por contacto directo entre la llama y el cuerpo de la caldera que contiene el fluido caloportador.
- Radiación, desde la llama a las paredes del hogar donde tiene lugar la combustión.
- Convección, desde los humos calientes producidos en la combustión a las partes metálicas de la caldera.



Fuente: <https://www.istockphoto.com/es/fotos/transferencia-de-calor>

Figura 1-3 Esquema de tipos de Transferencia de calor.

A diferencia de un sistema de generación de vapor, la caldera por si sola produce vapor saturado también conocido como vapor húmedo que es utilizado en procesos industriales, el problema de este vapor es que no puede ser usado para las maquinas, por ejemplo, no podemos mover una turbina con este vapor, porque al poseer mucha humedad erosiona internamente los álabes de la turbina dañando completamente la máquina.

Orizon utiliza el vapor generado para procesos de cocedores y secadores en Planta PHP y Conserva. En este caso este vapor generado no es necesario que sea sobrecalentado ya que no existen tales riesgos y no se necesita ese nivel de exigencia, aunque de todas formas obtener un vapor seco sin partículas de agua igual tiene un impacto en la transferencia de calor, si hay menos partículas de agua en el vapor, la transferencia de calor será más eficiente, por lo que en este caso ambos procesos a realizar se llevarían a cabo de una manera más eficiente y eficaz.

1.2.4 Estructura de una caldera.

En primer lugar, en toda caldera se distinguen dos zonas importantes:

a) Zona de liberación de calor u hogar o cámara de combustión:

Es el lugar donde se quema el combustible. Puede ser interior o exterior con respecto al recipiente metálico.

- Interior: el hogar se encuentra dentro del recipiente metálico o rodeado de paredes refrigeradas por agua.
- Exterior: hogar construido fuera del recipiente metálico. Esta parcialmente rodeado o sin paredes refrigeradas por agua.

La transferencia de calor en esta zona se realiza principalmente por radiación (llama – agua).

b) Zona de tubos: es la zona donde los productos de la combustión (gases o humos) transfieren calor al agua principalmente por convección (gases – agua). Está constituida por tubos dentro de los cuales pueden circular los humos o el agua.

En este punto se tratarán solo aquellas partes generales relevantes propias del diseño de las calderas.

Debido a que cada caldera dispone, dependiendo del tipo, de partes, características, es muy difícil atribuir a todas ellas un determinado componente. En razón a lo anterior se analizarán las partes principales de las

calderas en forma general, especificando en cada caso el tipo de caldera que dispone de dicho elemento.

1. Hogar o fogón:

Es el espacio donde se produce la combustión. Se le conoce también con el nombre de cámara de combustión.

Los hogares se pueden clasificar en:

- a) Según su ubicación:
 - Hogar exterior
 - Hogar interior
- b) Según el tipo de combustible:
 - Hogar para combustible sólido
 - Hogar para combustible gaseoso
- c) Según su construcción:
 - Hogar liso
 - Hogar corrugado

Esta clasificación rige solamente cuando el hogar de la caldera lo componen uno o más tubos a los cuales se les da el nombre de “tubo hogar”.

2. Puerta hogar:

Es una pieza metálica, abisagrada, revestida generalmente en su interior con ladrillo refractario o de doble pared, por donde se echa el combustible sólido al hogar y se hacen las operaciones de control del fuego.

En las calderas que queman combustibles líquidos o gaseosos, esta puerta se reemplaza por el quemador.

3. Emparrillado:

Son piezas metálicas en forma de rejas, generalmente rectangulares o trapezoidales, que van en el interior del fogón y que sirve de soporte al combustible sólido. Debido a la forma de reja que tienen, permiten el paso del aire primario que sirve para que se produzca la combustión.

a) Las parrillas deben adaptarse al combustible y deben cumplir principalmente los siguientes requisitos:

- Deben permitir convenientemente el paso del aire.
- Deben permitir que caigan las cenizas.
- Deben permitir que se limpien con facilidad y rapidez.
- Deben impedir que se junte escoria.
- Los barrotes de la parrilla deben ser de buena calidad para que no quemen o deformen.

- Deben ser durables.

Algunos diseños de parrillas permiten que por su interior pase agua para refrigerarla y evitar recalentamientos.

b) Tipos de parrilla:

- Según su instalación:
 - Fijas o estacionarias: son aquellas que no se mueven durante el trabajo.
 - Móviles o rotativas: son aquellas que van girando o avanzando mientras se quema el combustible.
- Según su posición:
 - Horizontales
 - Inclınadas
 - Escalonadas

4. Cenicero:

Es el espacio que queda bajo la parrilla y que sirve para recibir las cenizas que caen de ésta. Los residuos acumulados deben retirarse periódicamente para no obstaculizar el paso de aire necesario para la combustión.

En algunas calderas el cenicero es un depósito de agua.

5. Puerta del cenicero:

Accesorio que se utiliza para realizar las funciones de limpieza del cenicero. Mediante esta puerta regulable se puede controlar también la entrada del aire primario al hogar.

Cuando se hace limpieza de fuegos o se carga el hogar, se recomienda que dicha puerta permanezca cerrada con el objeto de evitar el retroceso de la llama.

6. Altar:

Es un pequeño muro de ladrillo refractario, ubicado en el hogar en el extremo opuesto a la puerta del fogón y al final de la parrilla, debiendo sobrepasar a esta en aproximadamente 30 cm.

Los objetivos del altar son:

- Impedir que caigan de la parrilla residuos o partículas de combustible.
- Ofrecer resistencia a las llamas y gases para que estos se distribuyan en forma pareja a lo ancho de la parrilla y lograr en esta forma una combustión completa.

- Poner resistencia a los gases calientes en su trayecto hacia la chimenea. Con esto se logra que entreguen todo su calor y salgan a la temperatura adecuada.

-

7. Mampostería:

Se llama mampostería a la construcción de ladrillos refractarios o comunes que tienen como objeto:

- a) Cubrir la caldera para evitar pérdidas de calor.
- b) Guiar los gases y humos calientes en su recorrido.

Para mejorar la aislación de la mampostería se dispone, a veces, en sus paredes de espacios huecos (capas de aire) que dificultan el paso del calor.

En algunos tipos de calderas se ha eliminado totalmente la mampostería de ladrillo, colocándose solamente aislación térmica en el cuerpo principal y cajas de humos.

Para este objeto se utilizan materiales aislantes, tales como lana de vidrio recubierta con planchas metálicas y asbestos.

8. Conductos de humo

Son los espacios por los cuales circulan los humos y gases calientes de la combustión. De esta forma, se aprovecha el calor entregado por estos para calentar el agua y/o producir vapor.

9. Caja de humo

Corresponde al espacio de la caldera en el cual se juntan los humos y gases, después de haber entregado su calor y antes de salir por la chimenea.

10. Chimenea

Es el conjunto de salida de los gases y humos de la combustión para la atmosfera. Además, tiene como función producir el tiro necesario para obtener una adecuada combustión.

11. Regulador de tiro o templador

Consiste en una compuerta metálica instalada en el conducto de humo que comunica con la chimenea o bien en la chimenea misma. Tiene por objeto dar mayor o mejor paso a la salida de los gases y humos de la combustión. Este accesorio es accionado por el operador de la caldera para regular la cantidad de aire en la combustión, al permitir aumentar (al abrir) o disminuir (al cerrar) el caudal. Generalmente, se usa una combinación con la puerta del cenicero.

12. Tapas de registro o puertas de inspección

Son aberturas que permiten inspeccionar, limpiar y reparar la caldera.

Existen dos tipos, dependiendo su tamaño:

- Las puertas hombre.
- Las tapas de registro.

Las puertas hombre por sus dimensiones permite el paso de un hombre al interior de la caldera.

Las tapas de registro, por ser de menor tamaño, permiten solo el paso de un brazo.

13. Puertas de explosión

Son puertas metálicas con contrapeso o resorte, ubicadas generalmente en la caja de humos y que se abren en caso de exceso de presión en la cámara de combustión permitiendo la salida de los gases y eliminando la presión.

Solo son utilizables en calderas que trabajen con combustible líquido o gaseoso.

14. Tubos de intercambio de calor

El flujo de calor desde los gases hasta el agua se efectúa a través de su superficie. También en ella se generan las burbujas de vapor.

15. Separador líquido – vapor

Es necesario para separar las gotas de agua líquida con los gases aun calientes, antes de alimentar la caldera.

16. Cámara de agua

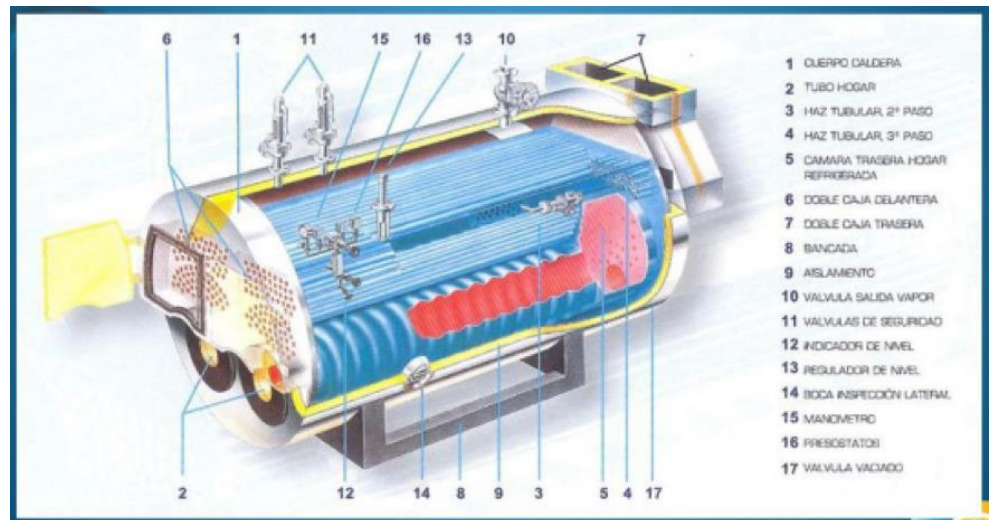
Es el volumen de la caldera que está ocupado por el agua que contiene y tiene como límite superior un cierto nivel mínimo del que no debe descender nunca el agua durante su funcionamiento. Es el comprendido del nivel mínimo visible en el tubo de nivel hacia abajo.

17. Cámara de vapor

Es el espacio o volumen que queda sobre el nivel superior máximo de agua y en el cual se almacena el vapor generado por la caldera.

Mientras más variable sea el consumo de vapor, tanto mayor debe ser el volumen de esta cámara.

En este espacio o cámara, el vapor debe separarse de las partículas de agua que lleva en suspensión. Por esta razón, algunas calderas tienen un pequeño cilindro en la parte superior de esta cámara, llamada “domo”, y que contribuye a mejorar la calidad del vapor (hacerlo más seco).

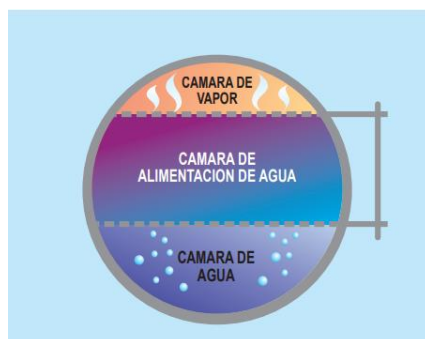


Fuente: <https://www.euroair.es/blog/partes-de-una-caldera/>

Figura 1-4 Estructura de una caldera.

18. Cámara de alimentación de agua

Es el espacio comprendido entre los niveles máximo y mínimo de agua. Durante el funcionamiento de la cámara, se encuentra ocupada agua y/o vapor, según sea donde se encuentre el nivel de agua.



Fuente: <https://www.estrucplan.com.ar/partes-principales-que-componen-una-caldera/>

Figura 1-5 Tipos de cámaras de una caldera.

1.2.5 Clasificación de las calderas.

Existen varias formas de clasificación de calderas, entre las que se pueden señalar:

1. Según la presión de trabajo:

- Baja presión: de 0 a 2,5 Kg/cm²
- Media presión: de 2,5 a 10 Kg/cm²
- Alta presión: de 10 a 220 Kg/cm²
- Supercríticas: más de 220 Kg/cm²
-

2. Según su generación:

- De agua caliente.
- De vapor: saturado (húmedo o seco).
- Recalentado.

3. Según la circulación de agua dentro de la caldera:

- Circulación natural: el agua se mueve por efecto térmico.
- Circulación forzada: el agua se hace circular mediante bombas.
-

4. Según su posición:

Horizontales.

Verticales.

5. Según su instalación:

Fija o estacionaria.

Móviles o portátiles.

6. Según la ubicación del hogar:

De hogar interior.

De hogar exterior.

7. Según la circulación de los gases:

Recorrido en un sentido (de un paso).

Con retorno simple (de dos pasos).

Con retorno doble (de tres pasos).

8. Según tiro de la caldera:

Tiro natural: es cuando la caldera no presenta ventilador en donde los gases circulan por depresión causada en el hogar por la altura de la chimenea.

Tiro forzado: el ventilador principal se encuentra posicionado antes de la cámara de combustión con lo cual la presión en la misma será positiva.

Tiro inducido: el ventilador principal se encuentra ubicado después de que los gases de escape hayan atravesado los tubos de la caldera y antes de la chimenea de esta manera la presión en el hogar será negativa.

Calderas presurizadas: en las que un ventilador de tiro forzado inyecta el aire de combustión al hogar, mientras que los gases producidos salen por la presión generada en el hogar.

Tiro equilibrado: en las que un ventilador de tiro forzado inyecta el aire de combustión al hogar y un ventilador de tiro inducido extrae de la cámara

los gases generados, manteniendo la presión del hogar ligeramente negativa (presión de succión).

9. Según el tipo de combustible:

Calderas de combustibles sólidos: tales como carbón, bagazo o material vegetal. Son complejas de operar por la forma de alimentación, generan cenizas y suciedad y son de difícil control de la combustión. Su principal ventaja es que los combustibles son de bajo precio o en algunos casos gratis, por tratarse de subproductos de un proceso como por ejemplo el bagazo de caña de azúcar en las industrias azucareras del mundo.

Calderas de combustibles líquidos: tales como gasolinas, gasóleos y fuelóleos, que deben ser atomizados para facilitar su mezcla con el aire comburente y, en algunos casos, precalentados para mantener la fluidez y permitir su bombeo desde el lugar de almacenamiento al quemador.

Calderas de combustibles gaseosos: tales como el gas natural y los gases licuados del petróleo (propano y butano). Son de fácil control de combustión y requieren menos frecuencia de mantenimiento, ya que los gases se transportan por la propia presión del sistema. Sin embargo, son más costosas de operar por el coste del combustible y requieren más cuidados por tratarse de combustibles explosivos.

10. Según la circulación de agua y los gases calientes en la zona de tubos de las calderas:

Según esto se tienen 2 tipos generales de calderas:

- Pirotubulares o de tubos de humo:

En estas calderas los humos pasan por dentro de los tubos cediendo su calor al agua que los rodea

- Acuotubulares o de tubos de agua:

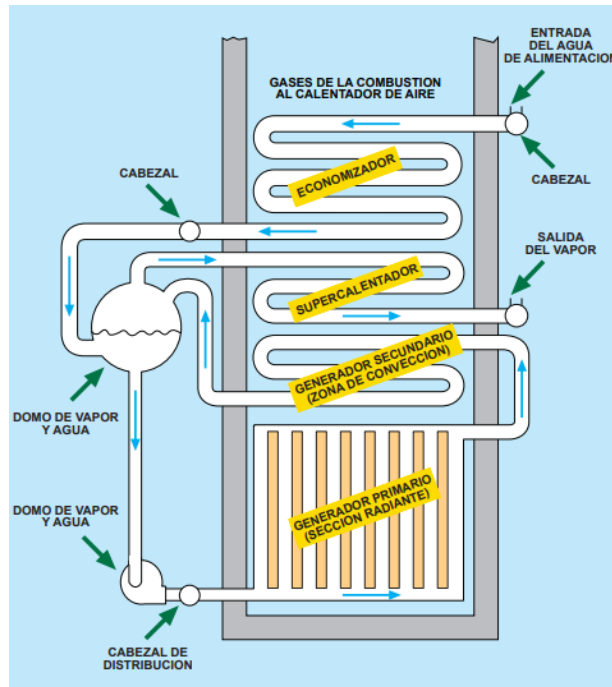
El agua circula por dentro de los tubos, captando calor de los gases calientes que pasan por el exterior. Permiten generar grandes cantidades de vapor sobrecalentado a alta presión y alta temperatura, se usa en plantas térmicas para generar potencia mediante turbinas.

1.2.5.1 Características principales de las calderas acuotubulares.

Se componen por uno o más cilindros que almacenan el agua y vapor (colectores) unidos por tubos de pequeño diámetro por cuyo interior circula el agua.

Estas calderas son apropiadas cuando el requerimiento de vapor, en cantidad y calidad son altos.

Se construyen para capacidades mayores a 5.000 Kg/h de vapor (5 ton/h) con valores máximos en la actualidad de 2.000 ton/h. Permiten obtener vapor a temperaturas del orden de 550 °C y presiones de 200 Kg/cm² o más.



Fuente: Unidad temática N°4 Generadores de vapor.

Figura1-6 Caldera acuotubular.

Principales riesgos en las calderas acuotubulares:

- Riesgo de deformación y estallido de tubos.
Mala refrigeración de los tubos.
Mal reglaje del quemador.
Sobrecarga de la caldera.
- Riesgo de fisuras en los tubos del hogar.
- Riesgo de corrosión exterior de los tubos.
Corrosión de tubos recubiertos de refractario, por hollín, con bajo aislamiento.
- Riesgo de erosión de tubos en el haz de convección.
Sopladores de hollín mal regulados.
Acción de cenizas y hollines.
- Riesgo de corrosión interna de tubos.
- Riesgo de deformación, rotura y corrosión de los tubos del sobrecalentador.
- Riesgo de corrosión, rotura y deformación de la envolvente exterior de las calderas.

1.2.5.2 Características principales de las calderas pirotubulares.

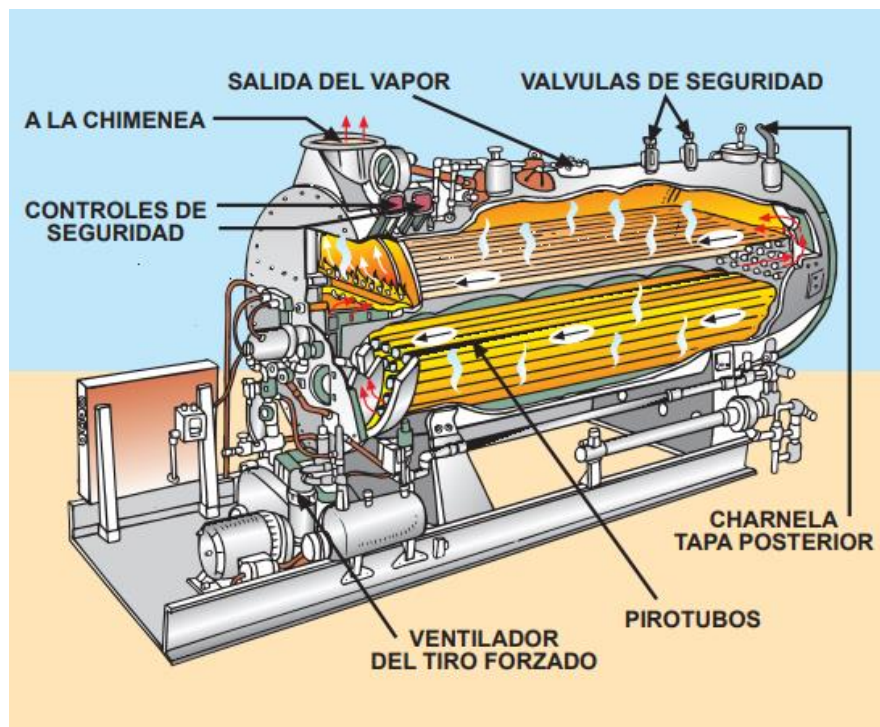
Básicamente son recipientes metálicos, comúnmente de acero, de forma cilíndrica o semicilíndrica, atravesados por grupos de tubos por cuyo interior circulan los gases de combustión.

Por problemas de resistencia de materiales su tamaño es limitado. Sus dimensiones alcanzan a 5 metros de diámetro y 10 metros de largo. Se construyen para flujos máximos de 20.000 Kg/h de vapor y sus presiones de trabajo no superan los 18 Kg/cm².

Pueden producir agua caliente o vapor saturado. En el primer caso se les instala un estanque de expansión que permite absorber las dilataciones de agua. En el caso de vapor poseen un nivel de agua a 10 o 20 cm sobre los tubos superiores.

Entre sus características se pueden mencionar:

- Sencillez de construcción.
- Facilidad de inspección, reparación y limpieza.
- Gran peso.
- Lenta puesta en marcha.
- Gran peligro en caso de explosión o ruptura debido al gran volumen de agua almacenada.



Fuente: Unidad temática N°4 Generadores de vapor.

Figura1-7 Caldera pirotubular.

Principales riesgos en las calderas pirotubulares:

- Riesgo de fisuras y roturas en soldaduras de elementos de refuerzo.
- Riesgo de corrosión en el agua.
- Riesgo de deformación del hogar.
Deformación del hogar debido a:
La presión.
Falta de agua en la caldera.
Depósitos e incrustaciones en la pared del hogar.
Mal reglaje de la llama del quemador.
Ausencia de circulación de agua.
- Riesgo de fisuras en el hogar.
Fisuras en la zona de apertura de llama.
Fisuras en la zona posterior del hogar.

Criterios	Calderas Pirotubulares	Calderas Acuotubulares
Calidad del agua	Menores exigencias, posible funcionamiento con salinidad del agua	Mayores exigencias, es necesario un bajo nivel de salinidad para su funcionamiento
Mantenimiento	Fácil de limpiar	Más costoso
Revisiones periódicas	Inspección ordinaria, seguida de una prueba hidrostática, raramente son necesarias otras pruebas de carácter no destructivo, como, por ejemplo, las mediciones con ultrasonidos, en caso contrario se efectúan en zonas muy reducidas	Son necesarias mediciones con ultrasonido, además de prueba hidrostática; es decir, pruebas costosas en tiempo y dinero
Costes para niveles comparables de gastos de fabricación y calidad	Menores	Mayores
Rendimiento	Mayor, de fácil mantenimiento	Menor, es más fácil realizar su mantenimiento en funcionamiento
Características de la carga parcial	Puede aprovecharse el control del quemador; cuando caiga por debajo de	En el caso de determinados diseños, debe limitarse la carga parcial, el quemador

	la carga mínima, el quemador puede apagarse sin problemas	no puede apagarse manualmente
Contenido de agua	Mayor, debido a su diseño	Menor
Capacidad de acumulación	Debido al alto volumen de agua, no es susceptible a las fluctuaciones de presión y carga	Susceptible a las fluctuaciones de presión y carga resultante del proceso
Plazo de entrega	Más corto	Más largo
Necesidades de espacio	Reducidas	Elevadas
Tiempo necesario para el montaje y puesta en marcha inicial	Reducido	Más prolongado

Fuente: <https://steam-logic.com/que-tipo-de-calderas-de-vapor-existen-segun-su-disposicion/>

Tabla 1-1 Diferencias entre Calderas Acuotubulares y Piro tubulares.

1.2.6 Dispositivos de seguridad.

Las calderas que funcionan a alta presión suelen estar provistas de dispositivos de seguridad y accesorios que garantizan un funcionamiento correcto y seguro. Estos dispositivos, que requieren supervisión continua, se sitúan directamente en la caldera o en la instalación encargada de distribuir el fluido caliente desde esta hasta los puntos de consumo. Se clasifican en dos grupos:

a) Dispositivos de seguridad obligatorios:

Su función principal es bloquear el quemador cuando se rebasen los parámetros admisibles de funcionamiento.

- Válvulas de seguridad:
- Limitador de nivel mínimo:
- Presostato de seguridad:

b) Dispositivos de seguridad suplementarios:

Su función principal es garantizar el correcto funcionamiento de la caldera y prevenir su deterioro:

- Indicadores de nivel: controlar el nivel del líquido en la caldera.

- Válvula de aireación: necesaria para el llenado y vaciado del generador y para eliminar el aire residual.
- Válvula de purga de lodos: para eliminar los residuos que se precipitan en el fondo de las calderas de vapor procedentes del agua de alimentación.
- Válvula de purga continua de sales: evita que se supere la máxima salinidad admitida en el agua de alimentación de las calderas de vapor y la formación de incrustaciones cristalinas sobre la superficie de calefacción.
- Botellín de toma de muestra: donde se condensa el vapor generado en las calderas de vapor para analizar el contenido exacto en sales y oxígeno.
- Reguladores de presión: ajustan la presión del fluido caliente según las necesidades en el punto de consumo.
- Electrodos de conductibilidad: conectados al regulador de nivel para regular el aporte de fluido de alimentación a la caldera.

Adicionalmente, cuando el vapor de agua sea el fluido empleado para transmitir la energía térmica, la instalación de distribución de vapor deberá estar provista de purgadores de vapor encargados de extraer el vapor condensado del interior de tuberías o equipos. La recuperación del agua condensada y su empleo en la alimentación de la caldera reduce el consumo energético del proceso y la necesidad de tratar el agua previamente a su entrada en la caldera.

1.2.7 Sala de calderas.

El reglamento también define las características mínimas que debe poseer el lugar donde se instala el generador de vapor o caldera:

- Si el generador de vapor tiene una superficie de calefacción igual o superior a 5 m² y cuya presión de trabajo exceda a 2,5 Kg/cm², se instalará en un recinto específico para su utilización.
- Esta sala será de material incombustible y estará cubierta de techo liviano.
- No podrá ubicarse la caldera sobre construcción destinada a habitación o lugar de trabajo.
- La distancia mínima entre la caldera y las paredes del recinto será de un metro, esta misma distancia debe respetarse entre la caldera y cualquier otro equipo o instalación.

Esta sala deberá tener dos puertas o más, en direcciones diferentes, estas se deben mantener en todo momento despejadas y deberán permanecer sin llave mientras las calderas están funcionando.

1.2.8 Sobrecalentador.

El sobrecalentador permite ampliar la eficacia de la caldera cuando el vapor requiere de unos valores determinados de temperatura y humedad.

Si se requiere vapor para un proceso industrial a temperatura más allá de la saturación (100 °C), es necesario contar con un sobrecalentador de vapor en la instalación de la caldera.

La mayor utilización de vapor sobrecalentado, es para las turbinas de vapor para generar electricidad, donde una gota puede estropear la turbina.

Existen calderas con recalentador incorporado, siendo modelos realizados a medida según las necesidades de vapor y temperatura de recalentado.

En el caso de las calderas de la pesquera Orizon Coronel no es necesario el uso de este equipo, debido a que la generación de vapor es utilizada para la línea de secadores y cocedores de PHP y el área de conserva, pero aun así es necesario la generación de un vapor con baja cantidad de partículas de agua para la eficiencia de los procesos.



Fuente: <http://hd-boilerparts.com/5-superheater-reheater.html>

Figura 1-8 Imagen de un sobrecalentador.

1.2.9 Recalentador.

Es un dispositivo instalado en una caldera que recibe vapor super calentado que ha sido parcialmente expandido a través de la turbina. La función del recalentador en la caldera es la de volver a super calentar este vapor a una temperatura deseada.

1.2.10 Precalentador de aire regenerativo.

Tienen como finalidad incrementar la temperatura del aire, efectuando una transferencia de calor contenido en los gases a su paso por las canastas del precalentador y cederla al aire que circula a través del mismo en otro sentido para incrementar la eficiencia de la caldera.

Los precalentadores reducen el consumo de combustible en las calderas de 10 a 25% mediante la recuperación de calor de los gases de escape y se pueden usar con todo tipo de combustibles como el carbón, gas, biomasa (madera) y gasoil.



Fuente: <https://www.aitesa.es/areas-de-negocio/productos/precalentadores-de-aire/>

Figura 1-9 Imagen de un Precalentador de aire regenerativo.

1.2.11 Economizador.

Es un dispositivo mecánico intercambiador de calor que pretende reducir el consumo de energía o desarrollar otra función practica como el precalentamiento de un fluido.

Es eficiente ya que, absorbe la energía calorífica del gas de combustión de la caldera. Al conducir el gas a través de una red de tuberías con agua fría, el economizador transfiere la energía calorífica al agua.

Hace un par de meses incorporaron economizadores a las calderas para mejorar algunos factores de la planta.

Algunas ventajas de utilizar un economizador son:

- Aprovechamiento y reutilización de la energía.
- Reducción del consumo energético y los costes operativos.



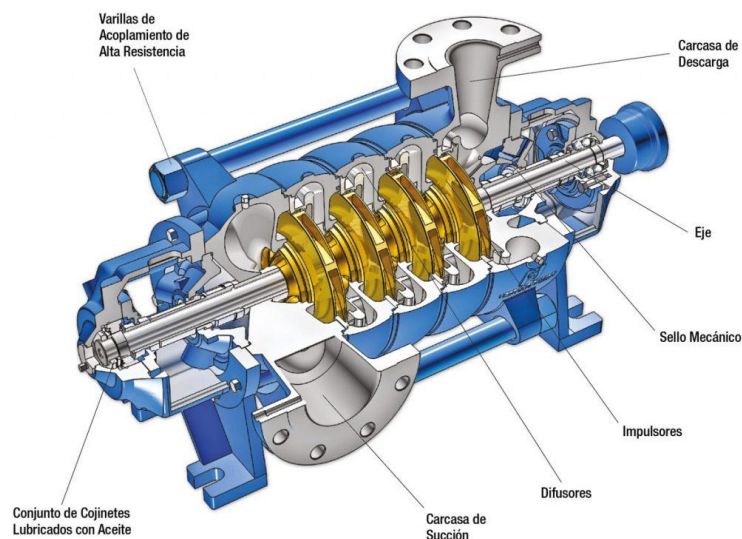
Fuente: <https://www.directindustry.es/prod/attsu-termica-sl/product-37754-610642.html>

Figura 1-10 Imagen de un Economizador.

1.3 BOMBAS CENTRIFUGAS MULTIETAPA.

La alimentación de agua de cada una de las calderas se realiza a través del uso de las bombas centrifugas multietapa, al igual que para el caso de alimentación de combustible en caso de emergencia y para el llenado del estanque diario de petróleo, en esta sección se conocerá la definición, funcionamiento, entre otras cosas, de este tipo de bombas.

Son un tipo de bombas centrifugas que contienen dos o más impulsores. Cada etapa de una bomba multietapa actúa como una bomba separada, estas bombas proporcionan caudal a altas presiones, la misma debe ser capaz de vencer la presión de operación de la caldera



Fuente: <https://neptunopumps.com/bombas-horizontales-multietapas-hr/>

Figura 1-11 Imagen de bomba centrifuga multietapa y sus partes.

CAPÍTULO 2: ANTECEDENTES GENERALES, FUNCIONAMIENTO Y CONTROL GENERAL DEL PROCESO DE LA PLANTA.

En este capítulo se conocerá en detalle un poco de la historia de la pesquera Orizon, donde están ubicadas sus plantas cual es la capacidad de estas, que procesos están realizando, también se comprenderá la estructura específica y detallada que contempla la planta haciendo énfasis en todo lo que involucra el sistema de control y monitoreo de las bombas de agua y petróleo de calderas, funcionamiento general de la planta y por cada etapa involucrada del proceso. Se analizará el sistema de control actual que opera en la planta y por ultimo las normativas nacionales e internacionales que rigen en el proceso y en los sistemas dentro de este.

2.1 HISTORIA PESQUERA ORIZON.

Se constituyó en 2010 como Orizon tras la fusión entre Southpacific Korp S.A. (SPK) y pesquera San José S.A.

La pesca sostenible que nos entrega lo mejor y más nutritivo del océano es procesada en nuestros centros productivos, donde cada equipo de trabajo elabora alimentos de la más alta calidad para consumo humano o animal.

Tanto en Coquimbo como en Coronel se caracterizan por la pesca de especies como el jurel, un recurso 100% renovable, gracias a un proceso de captura responsable y que vela por mantener una biomasa sostenible. Además, en ambos centros la relación con los pescadores artesanales es central.

El centro productivo de Coronel, que es donde se desarrolla el proyecto, es un complejo pesquero industrial que realiza la producción de conservas, congelados, harina y aceite de pescado, en base a jurel, sardina y anchoveta, a través de flota propia y también recibida de pescadores artesanales.

El complejo industrial está ubicado a orillas del mar. Lo que permite que la flota descargue su captura directamente a las líneas de producción. Esto nos ayuda a garantizar la frescura y calidad de los alimentos.

La capacidad productiva operativa actual es de:

- 100 toneladas por hora de harina y aceite de pescado.
- 480 toneladas por día de congelados.
- 25.000 cajas por día de conservas.

2.2 ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE LA PLANTA GENERAL, PHP Y CONSERVA.

En esta subsección se busca explicar de forma general la estructura de la planta para conocer de mejor manera el proceso y tener claro la importancia de este sistema de control en general para toda la planta. Se analiza cómo se encuentra la planta industrial en sus líneas de proceso en las cuales se verá involucrada la implementación y optimización del sistema de control y monitoreo de las bombas de agua y petróleo de calderas.

2.2.1 Estructura general de la planta.

La estructura general de la planta está integrada por varias áreas, etapas y/o procesos que constituyen la totalidad de la pesquera.

En primer lugar, la pesquera cuenta con una flota de barcos pesqueros industriales que se encargan de traer la materia prima a la planta, también hay flotas artesanales que traen materia prima a la pesquera.

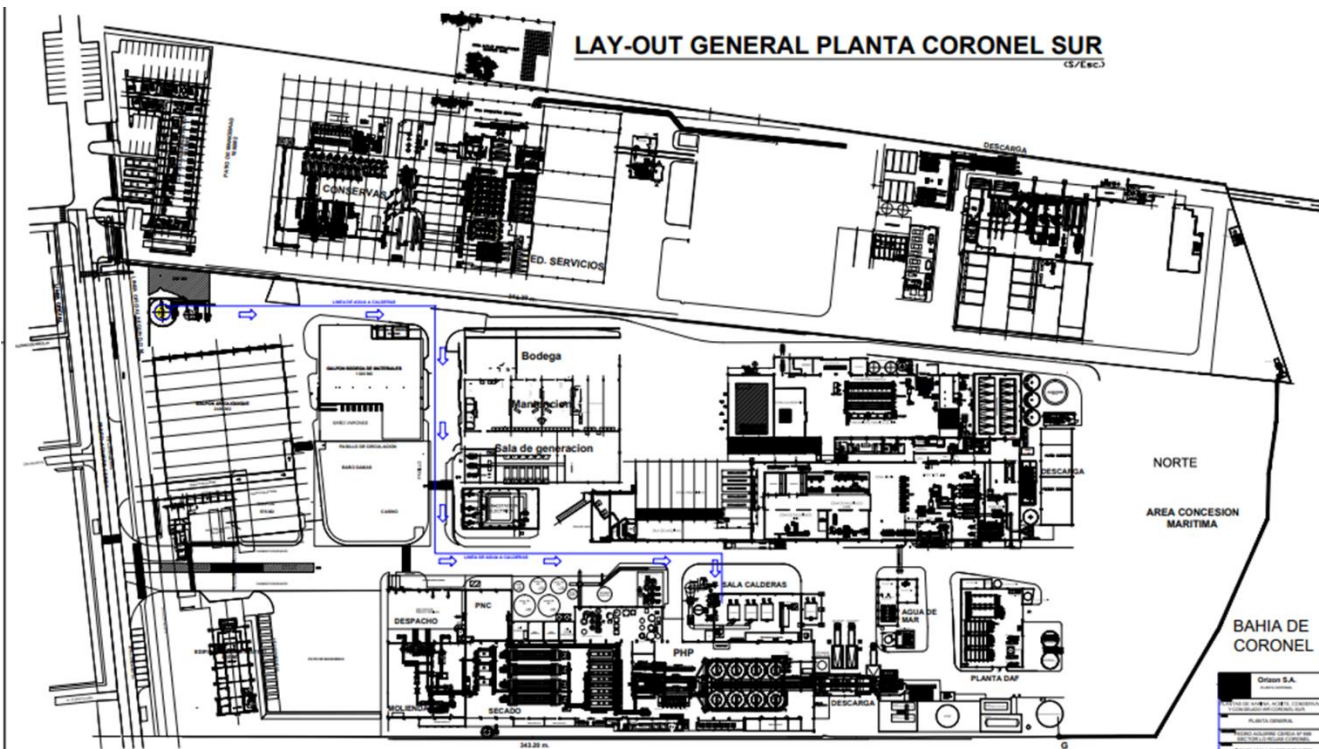
La planta cuenta con zonas de descarga artesanal e industrial donde llegan las respectivas embarcaciones a descargar la materia prima adquirida que será ingresada de inmediato mediante un sistema de absorción que ingresa el pescado a la planta que posteriormente será almacenada en los pozos de pescado, si la materia prima es pescado, si no lo es se ira a la línea de proceso correspondiente. Dentro de la planta hay dos líneas de producción una línea de filetes de jurel y otra para filetes de jibia.

Luego de almacenar el jurel que es la materia prima predominante en la industria se comienza a procesar distribuyéndose mediante cintas transportadoras a las áreas de proceso correspondiente. El pescado pasa por un área de selección donde el personal encargado de medir y pesar al pescado se encargará de enviar la materia prima ya sea a congelado, conserva y a planta de harina y aceite según características de calidad del pescado. Para ir a congelado el pescado pasa por etapas de lavado, descabezado, pelado y eviscerado, fileteado/corte, empaque y finalmente a congelado.

En el caso de la planta de conserva, el pescado pasa por etapas de lavado, descabezado, pelado y eviscerado, envasado en latas, cocedores (colocados

con lata abierta), evacuación del aire, sellado y esterilización (autoclave, que en este caso es un proceso para esterilizar en el cual se utiliza vapor).
Hacia el área de congelados se envía el jurel más grande y otras especies grandes que a veces vienen entre la materia prima a procesar. El pescado de tamaño pequeño y medio se deja para el área de conserva y por último todo el pescado que viene dañado o molido se deja para la planta de harina y aceite de pescado.

La siguiente imagen es el plano general de la planta de coronel donde están todas las áreas, departamentos, plantas de la pesquera.



Fuente: Planimetría Pesquera Orizon Coronel.

Figura 2-1 Layout General de la planta y línea de alimentación de agua.

En la imagen se aprecia una línea azul, que representa la línea de agua que en este caso va desde el estanque de agua dura, que se encuentra en el frontis de la planta y va hacia la sala de calderas, esta agua alimentara las calderas, pero antes el agua pasara por un determinado tratamiento para finalmente alimentar las 5 calderas de la pesquera.

2.2.2 Descripción planta general.

En general la planta de coronel tiene muchas áreas de procesos y diferentes plantas , como por ejemplo, está la planta de harina y aceite de pescado, planta

de conserva, planta congelado que son las principales que representan el proceso productivo de la pesquera, también hay varias plantas DAF que son utilizadas para la separación de partículas sólidas, grasas y aceites, diseñados para clarificar aguas residuales (industriales y urbanas) o acondicionar aguas superficiales o marinas para su posterior tratamiento y reutilización y también posee varias plantas evaporadoras que son plantas donde el Agua de Cola proveniente de las separadoras y sobrante del proceso, debido a su contenido de sólidos se recupera el sólido del producto, mediante la evaporación y eliminación del agua contenida. El licor obtenido en este proceso se conoce como concentrado o soluble de pescado, porque es una solución con un alto contenido de sólidos solubles.

Este proyecto está enfocado al control y monitoreo de las bombas de agua y petróleo de calderas, las calderas están destinadas a inyectar vapor a las plantas de harina y aceite de pescado y a conserva, específicamente a cocedores y secadores de estas respectivas plantas.

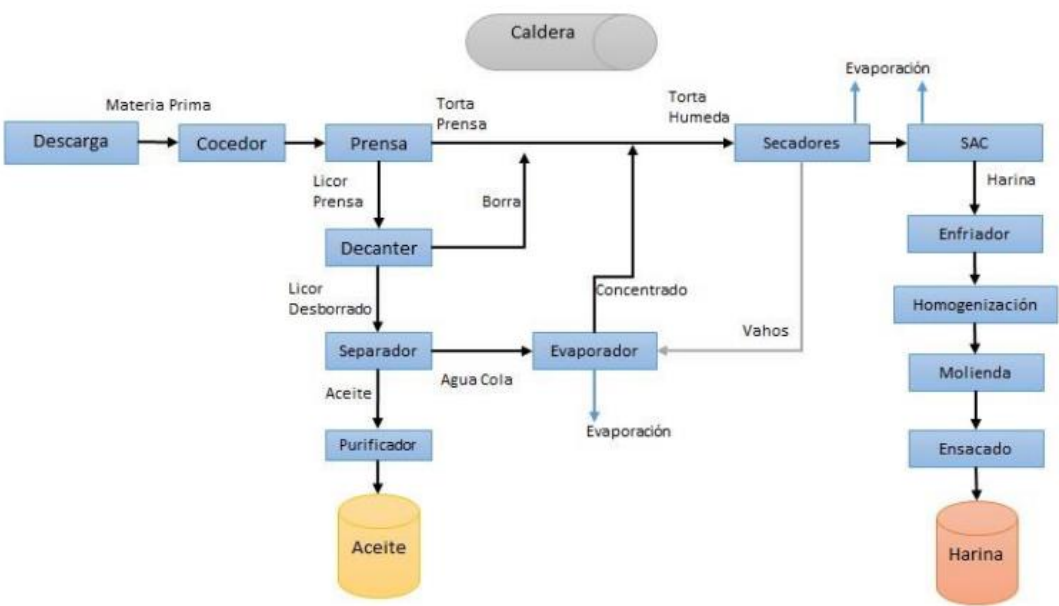
Por lo tanto, esta subsección solo se enfocará en explicar el funcionamiento de conserva y PHP, para comprender de mejor manera todo lo que involucra este control y monitoreo de bombas de agua y petróleo en calderas.

2.2.2.1 Planta de harina y aceite de pescado (PHP).

La planta de harina y aceite de pescado está compuesta por cocedores, prensa, decantadores, separadores, purificadores, evaporadores, secadores de aire caliente, enfriadores y molienda. La sala de calderas esta próxima a esta planta, ya que el todo el vapor generado por cada una de las 5 calderas se va a un Manifold que tiene tres líneas de salida de vapor 2 van a planta de harina una a secadores y otra a cocedores, y, la otra línea se va a la planta de conserva a cocedores y autoclave.

La materia prima es descargada, antes de esto este pescado fue examinado en laboratorio analizando algunos índices para verificar la calidad de la harina y aceite que se va a producir, al ser descargado se va directo a cocedores en donde una vez alcanzada una cantidad suficiente de pescado, se procede mediante tornillos a alimentar los cocedores, en donde se aplica un proceso de cocción a la materia prima, con el aporte indirecto de vapor saturado generado por las calderas, luego pasa por una prensa de ahí se obtiene una torta prensa que es la parte solida del pescado y un licor de prensa que sería todo el aceite que contiene el pescado, luego el licor se va a un decantador que utiliza la fuerza centrífuga para separar los diversos componentes que tiene el licor de prensa como son la grasa, solidos solubles e insolubles y agua, de ahí obtenemos licor desborrado y una borra (resto de solidos del pescado), el licor

desbordado se va a un separador donde se obtiene finalmente el aceite y el agua cola se ira a un evaporador el cual enviara el concentrado a mezclarse con lo anteriormente obtenido la borra más la torta prensa que se transformara en una torta húmeda, esto se ira a secadores que son del tipo rotatubo para eliminar toda la humedad de esta mezcla, pasara nuevamente por otro tipo de secadores en este caso, secadores de aire caliente, para terminar de eliminar el resto de humedad, acá ya tenemos la harina sin humedad pero aun con una temperatura muy alta, por lo tanto se envía a un enfriador para dejar su temperatura en aproximadamente, ahora se va a homogenización para lo cual se utiliza molinos de martillo, posterior a esto pasa a molienda donde se reduce a lo más mínimo el tamaño de los sólidos hasta obtener una materia granulada lista para ser ensacada o almacenada en silos.



Fuente: Tesis Evaluación de estrategias de producción aplicadas.pdf
Figura 2-2 Proceso productivo Planta de harina y aceite de pescado.

La planta de harina y aceite de pescado tenía dos Novus 1500 que eran los encargados de visualizar la presión del vapor que alimenta las líneas de cocedores y secadores de PHP, esto en la antigua sala de control. Ahora hay una nueva sala de control donde se implementó un SCADA de control desde el cual se puede controlar, supervisar el proceso. Los Novus 1500 quedaron en el tablero cumpliendo función como indicador en la antigua sala de control. Actualmente se controla y monitorea todo desde un SCADA en la nueva sala de control. A este nuevo SCADA se pretende integrar el control y monitoreo de las bombas de agua y petróleo, para optimizar el proceso y aumentar la seguridad de la planta.



Fuente: Foto tomada en antigua sala de control de pesquera.

Figura 2-3 Indicadores de presión a secadores y cocedores de PHP.

2.2.2.2 Planta de conserva.

En la planta de conserva el pescado pasa por eviscerado, pelado, fileteado, lavado, luego se ingresa a las latas y con la tapa abierta se ingresa a cocedores, proceso que se realiza mediante el uso de vapor generado por las calderas, luego se evacua el aire y se sellan, luego se procede a esterilizar las latas (autoclave) en este proceso utilizamos vapor de agua a alta presión y altas temperaturas proveniente de calderas, posteriormente se envían las latas a un sistema de enfriado y por último se hace el lavado de latas y ya están listas para ser almacenadas o transportadas en camiones acondicionados para conservar las condiciones y calidad del producto.



Fuente: <https://www.infopesca.org>

Figura 2-4 Proceso productivo de Conserva.

Un Novus 1500, igualmente se encargaba de visualizar la presión de vapor hacia la línea de proceso de Conserva.



Fuente: Foto tomada en antigua sala de control pesquera Orizon Coronel.

Figura 2-5 Indicador de línea de presión a Conserva.

2.3 DESCRIPCION DE FUNCIONAMIENTO, EQUIPOS Y/O DISPOSITIVOS Y ESQUEMA DE SISTEMA DE ALIMENTACION DE AGUA Y COMBUSTION EN CALDERAS.

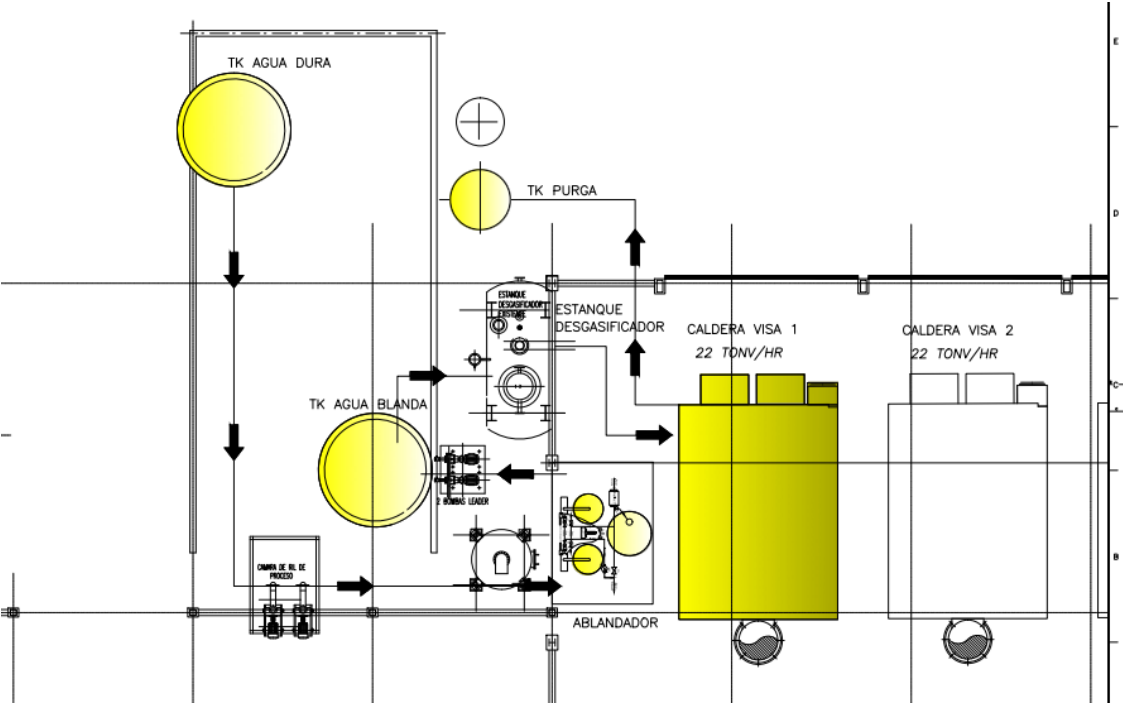
Este apartado explica las diferentes áreas de la planta que se verán involucradas en la optimización y mejoramiento del sistema de control y monitoreo de las bombas de agua y petróleo, explicando planos que representan a las calderas y sus líneas de proceso, y, identificando equipos y/o dispositivos utilizados.

2.3.1 Esquema y funcionamiento de sistema de alimentación de agua a caldera.

Como se refiere anteriormente, la alimentación de agua para las calderas ubicadas en la sala de calderas, proviene de un estanque de agua dura que está ubicado a la entrada de la pesquera, esta agua se transporta hacia la sala de caldera en donde el agua pasa por una cámara de riles de proceso, proceso de descontaminación del agua, luego pasa por un sistema ablandador de agua que es para eliminar los minerales del agua, posteriormente con el uso de 2 bombas de agua se alimenta el estanque de agua blanda y finalmente se envía a un

estanque desgasificador o desaireador que se utilizara para eliminar el oxígeno del agua de alimentación, estos estanques desgasificadores cuentan con dos cuerpos en su interior, un cuerpo superior donde se realiza la desgasificación del agua y el cuerpo inferior donde se almacena el agua desgasificada lista para alimentar las calderas, en donde cada caldera cuenta con su respectiva bomba de agua para la alimentación de cada una. Además, en el esquema se representa un estanque de purga que se utiliza para eliminar los sólidos que causan sarro, producen falsas lecturas de nivel, baja la cantidad de vapor producida, entre varias consecuencias más.

El control realizado para controlar el nivel de agua es un control on-off, con un sensor de nivel tipo flotador McDonnell & Miller cuando cae el nivel de agua en la caldera hasta un cierto punto se activa nuevamente la bomba para llenar y alcanzando el nivel deseado se desactiva la bomba.



Fuente: Planimetría Pesquera Orizon Coronel.

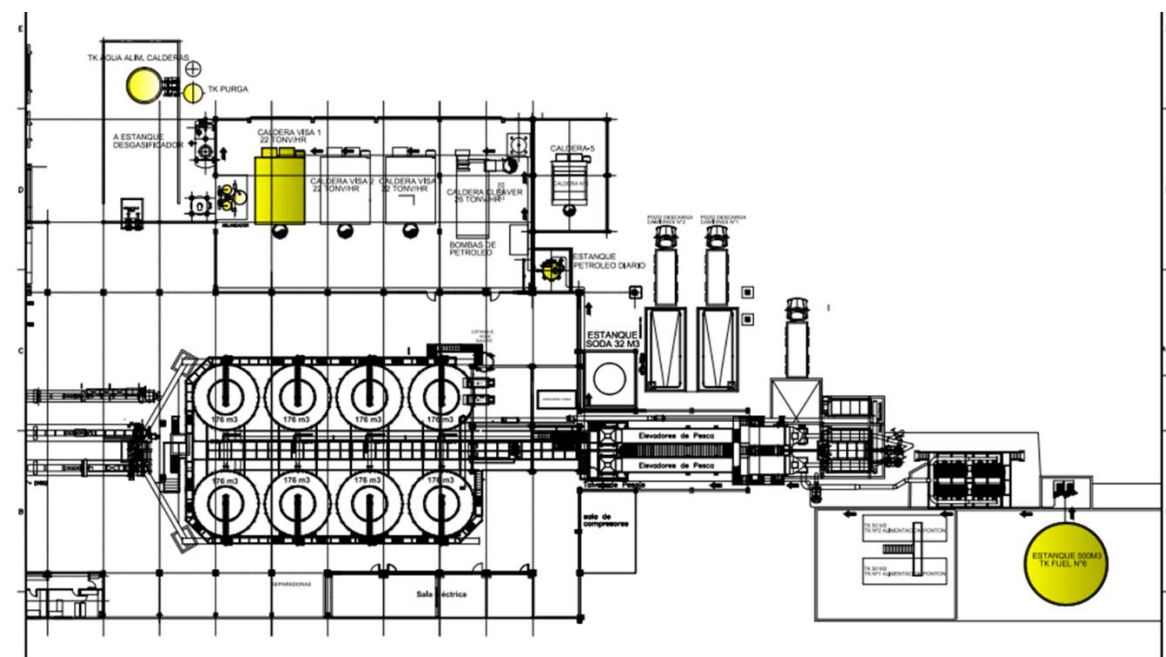
Figura 2-6 Sistema de alimentación de agua a calderas.

2.3.2 Esquema y funcionamiento de sistema de combustión de calderas.

El proceso de combustión de la caldera se lleva a cabo en la cámara de combustión o hogar de la caldera en donde en este caso el combustible que utilizaba la caldera era líquido, específicamente petróleo. Pero hace aproximadamente unos dos años se implementó un cambio en el combustible utilizado para generar la combustión de la caldera, se pasó de combustible

líquido a gaseoso, en este caso gas natural, actualmente Abastible es el suministrador del gas con el cual se está trabajando en las calderas. Este cambio trajo consigo cambiar en las calderas a un quemador mixto para combustibles gaseosos y líquidos. Actualmente este sistema de combustión en base a petróleo está operativo, pero es utilizado solamente en situaciones de emergencia, por ejemplo, cuando hubo un paro nacional de camioneros, para realizar la combustión de las calderas se utilizó el combustible almacenado en los estanques, ya que los camiones que transportaban el gas no llegaron a la empresa.

La pesquera cuenta con un estanque principal de petróleo de 500 m3, desde el cual se alimenta un estanque de petróleo de uso diario el cual será el encargado de alimentar finalmente las calderas, para eso se cuenta con 3 bombas encargadas de suministrar combustible en caso de emergencia a cualquiera de las calderas que se encuentre con problemas de operación.



Fuente: Planimetría Pesquera Orizon Coronel.

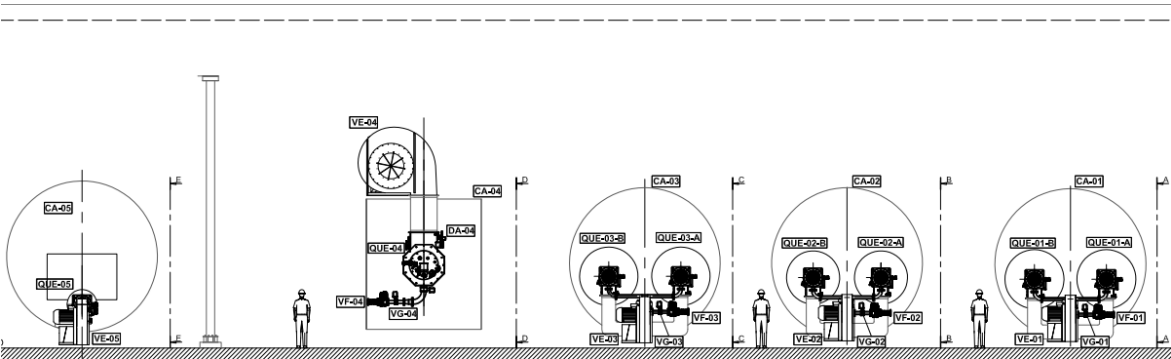
Figura 2.7 Línea de petróleo a calderas.

Estos esquemas en diferentes vistas muestran la disposición de los equipos e instrumentos utilizados en el sistema de control de combustión de las calderas. Se pueden observar las 5 calderas, las tres primeras calderas pirotubulares son las calderas identificadas como VISA 1, VISA 2 y VISA 3, cada una de estas calderas cuenta con dos quemadores, a diferencia de la caldera N°4 acuotubular y la caldera N°5 pirotubular que ambas tienen un quemador cada una, la caldera N°4 corresponde a una caldera CLEAVER, es acuotubular por ende la disposición de sus equipos e instrumentación es diferente, es del tipo serpentín y su diferencia es que producen vapor de manera más rápida.

Los equipos y/o instrumentos utilizados en este sistema son los siguientes:

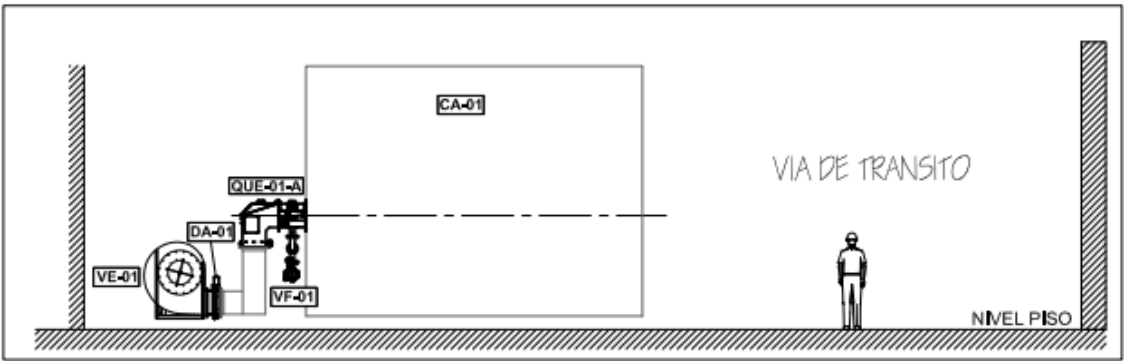
- Válvula de gas motorizada
- Válvula y filtro de gas
- Ventilador
- Dámper de regulación
- Quemador industrial para combustibles gaseosos y líquidos.

Los quemadores utilizados en la planta son quemadores industriales electrónicos, para combustibles líquido y gaseosos, son de la marca General Bruciatori, se encargan de controlar y regular el aire y el gas para mantener la llama estabilizada.



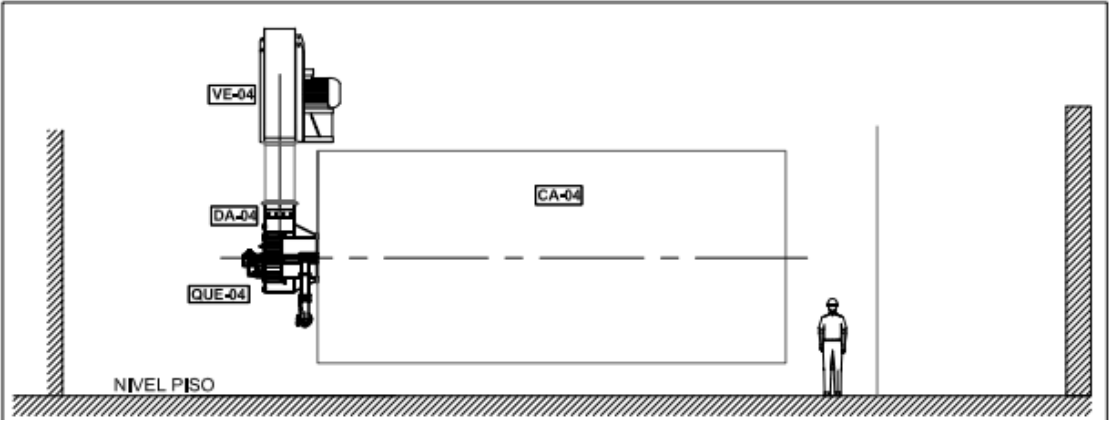
Fuente: Planimetría Pesquera Orizon Coronel.

Figura 2-8 Vista de las calderas con sus equipos para sistema de combustión



Fuente: Planimetría Pesquera Orizon Coronel.

Figura 2-9 Caldera N°1 pirotubular con equipos de sistema de combustión.



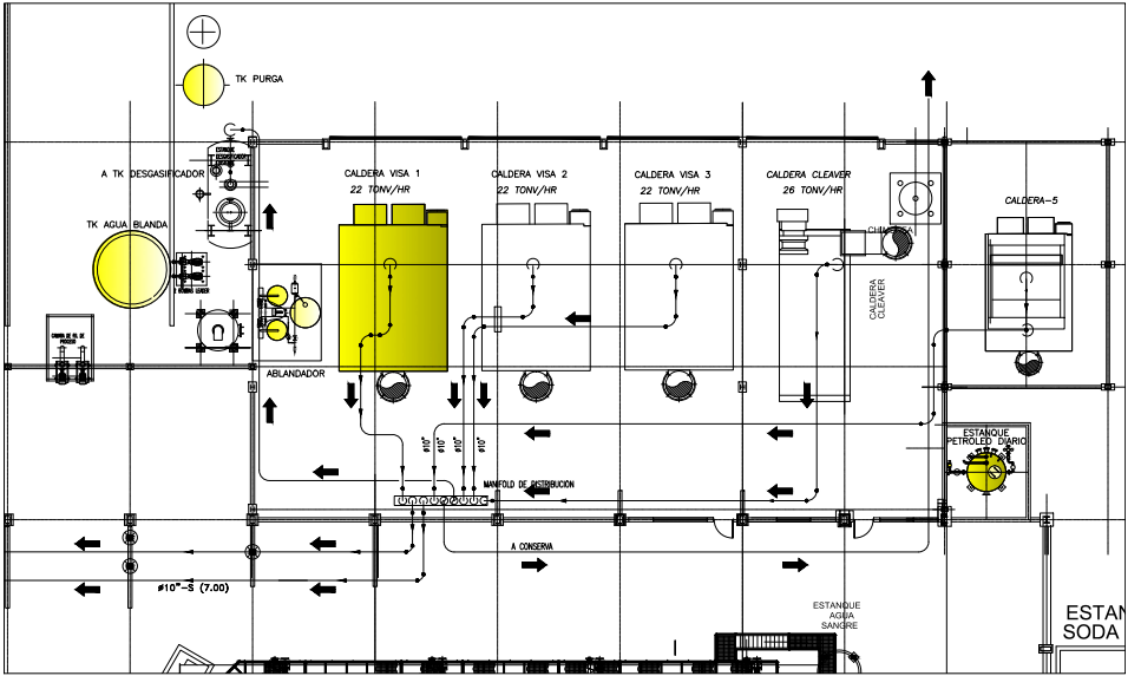
Fuente: Planimetría Pesquera Orizon Coronel.

Figura 2-10 Caldera N°4 acuotubular con equipos de sistema de combustión.

2.3.3 Esquema y descripción de línea de vapor generada por las calderas hacia procesos de plantas PHP y Conserva.

La imagen 2-11 muestra cada una de las calderas presente en la pesquera Orizon, las tres primeras calderas pirotubulares tienen una capacidad de generación de vapor de 22 Toneladas de vapor por hora, la caldera N°4 acuotubular es un poco más grande que las otras cuatro calderas y tiene una capacidad de producción de vapor de 26 Toneladas de vapor por hora y por último la caldera N°5 pirotubular que es la más pequeña y tiene una capacidad de producción de vapor de aproximadamente 15 Toneladas de vapor por hora. Las tres primeras calderas modelo VISA y la caldera N°5 CLEAVER son del tipo pirotubular, excepto la N°4 que es acuotubular modelo CLEAVER del tipo serpentín, generación de vapor rápido.

La generación de vapor de todas las calderas se envía a un Manifold de distribución que tiene tres salidas que se encargaran de alimentar la planta PHP específicamente cocedores y secadores, y, la planta de conserva específicamente cocedores y autoclave. Cabe destacar que cada una de las calderas tiene su correspondiente quemador y controlador, si la presión en el hogar de la caldera supera los 8 bar se apaga la caldera, se apaga el quemador y se bloquea el paso del combustible.



Fuente: Planimetría Pesquera Orizon Coronel.

Figura 2-11 Línea de vapor hacia áreas de procesos.

Estas imágenes corresponden a el tablero de control, donde están los indicadores Novus 1500 de cada una de las calderas, luces pilotos que indican diferentes sucesos del proceso entre otros equipos y/o dispositivos. Este tablero de control se encuentra ubicado en la antigua sala de control de la planta.



Fuente: Imágenes reales de planta.

Figura 2-12 (a) Indicadores Novus 1500 de presión de cada caldera, luces indicadoras de falla y funcionamiento de ventiladores, bombas, entre otros equipos.



Fuente: Imágenes reales de planta.

Figura 2-12 (b) Indicadores Novus 1500 de presión de cada caldera, luces indicadoras de falla y funcionamiento de ventiladores, bombas, entre otros equipos.



Fuente: Imágenes reales de planta.

Figura 2-12 (c) Indicadores Novus 1500 de presión de cada caldera, luces indicadoras de falla y funcionamiento de ventiladores, bombas, entre otros equipos.

Fotografías reales de la planta de Coronel, sala de calderas ubicada específicamente en planta o área PHP.



Fuente: Imagen real de planta.

Figura 2-13 Sala de Calderas de la planta.



Fuente: Imagen real de planta.

Figura 2-14 Estanque de agua blanda.

2.4 SISTEMA DE CONTROL PARA LAS BOMBAS DE AGUA Y PETROLEO DE CALDERAS.

Para el funcionamiento de las calderas la planta Orizon cuenta con 7 bombas para alimentación de agua, cada caldera cuenta con su bomba de agua de alimentación (5 calderas) y los dos restantes son bombas auxiliares las cuales se pueden activar para reemplazar cualquier bomba que presente problemas de operación. En la antigua sala de control se encuentra el tablero de control desde el cual se podrá activar mediante selectores, las bombas de agua de cada caldera y las bombas auxiliares para la caldera que lo necesite. Para ello el operador de calderas deberá salir de sala de calderas para ir a la antigua sala de control a activar las correspondientes bombas.

Para activar la bomba de petróleo para llenar el estanque diario de petróleo, también se activa mediante un selector ya sea modo manual o automático y lo mismo para activar las tres bombas de petróleo para alimentar la combustión de las calderas en caso de una emergencia con la disponibilidad del combustible gaseoso.

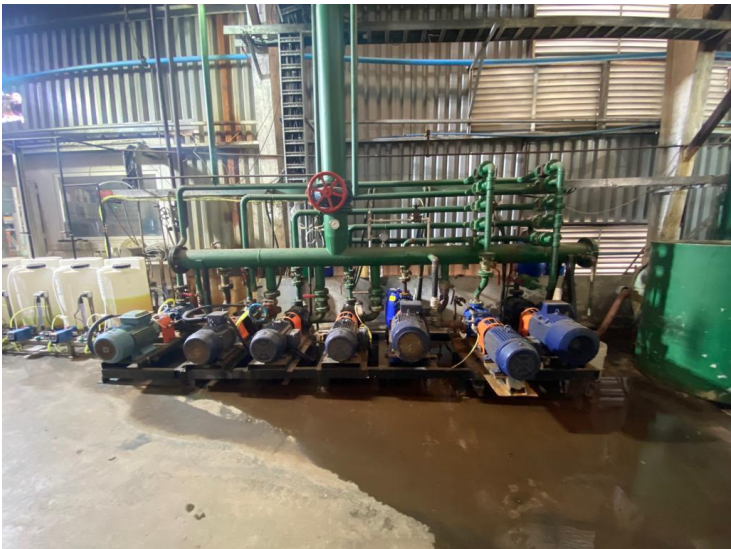
En la siguiente imagen se aprecia el tablero de control ubicado en la antigua sala de control de la planta, el lado derecho de la foto corresponde al sistema de control de agua y el otro corresponde al sistema de control del petróleo, luces indicadoras de funcionamiento y de falla, parada de emergencia, selectores para activar las bombas y en el centro indicadores Novus 1500, para agua blanda, para el desgasificador y para la temperatura del petróleo.



Fuente: Imagen real de planta.

Figura 2-15 Tablero de control en antigua sala de control.

En la siguiente imagen se ven las bombas de agua (bombas centrifugas multietapa) de cada una de las calderas, más las dos bombas auxiliares que se activan en caso de alguna emergencia en el proceso.



Fuente: Imagen real de planta.

Figura 2-16 Bombas de alimentación de agua a calderas y bombas auxiliares.

Este es el controlador de cada una de las calderas, desde el cual se puede controlar el arranque de las calderas, cada caldera cuenta con uno de estos controladores reguladores, que fue instalado en la planta luego del cambio de combustible de petróleo a gas licuado junto con el quemador industrial para combustibles gaseosos y líquidos, también de la misma línea General Bruciatori. La pantalla muestra la intensidad de la llama, si el quemador está encendido o apagado, modos de funcionamiento automático/manual, la presión en el hogar de la caldera, presión del nivel de agua, entre otros parámetros.



Fuente: Imagen real del equipo planta.

Figura 2-17 Controlador industrial en cada una de las calderas.

Las fotos muestran un Corrector de Volumen de Gas de la marca Pietro Fiorentini que recibe el volumen de gas medido de un medidor y lo convierte al estado

estándar, es necesario porque los medidores de flujo de gas (incluidos los medidores de turbinas, ultrasónicos, de pistón rotativo o de fuelle) solo pueden registrar el volumen de funcionamiento del flujo de gas. Esta instrumentación se ve involucrada en el control de combustión de la caldera, junto con el quemador mostrado anteriormente y otros dispositivos como válvula de gas motorizada, dámper de regulación, ventilador, válvula y filtro de gas.



Fuente: Imagen real de planta.

Figura 2-18 Corrector de volumen de gas, medidor de flujo de gas y sensores de temperatura y presión.



Fuente: Imagen real del equipo en planta.

Figura 2-19 Corrector de volumen de gas.

Tras el análisis se sabe que las bombas de alimentación de agua de calderas, tanto principales como auxiliares y las bombas de alimentación de combustible y la bomba de llenado de estanque diario de petróleo, dentro del proceso general son de vital importancia para la producción de la planta, además la importancia de optimizar el proceso para la seguridad de las calderas, del operador de caldera y de todo el personal de trabajo de planta. Esto también ayudara enormemente a la realización del trabajo del operador y tener un mejor control y monitoreo del sistema.

CAPÍTULO 3: NUEVO SISTEMA SCADA A IMPLEMENTAR EN EL CONTROL DE LAS BOMBAS DE AGUA Y PETRÓLEO DE CALDERAS.

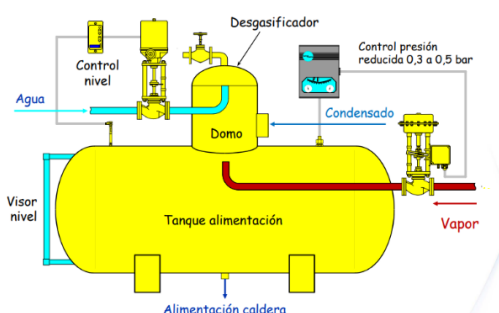
Este capítulo tiene como finalidad, en primer lugar, comprender en términos generales los controles involucrados en el proceso productivo de la planta para comprender mejor la relación que se presenta con respecto a lo que se va a desarrollar, presentar la constitución del nuevo sistema Scada, enseñando los dispositivos y/o equipos que se utilizan en la implementación del control. Se explican los bloques utilizados en el software en la programación, los pasos seguidos en la creación y utilización de bloques en el programa. Se indicará la programación Ladder del control de las bombas de agua y petróleo en el Tía Portal V16 y la visualización del monitoreo y control en el Wincc Advanced.

3.1 DESCRIPCION E IDENTIFICACIÓN DE LOS PROCESOS INVOLUCRADOS EN LA PLANTA.

El sistema de control y monitoreo de bombas de agua y petróleo está conformado por varios equipos y/o dispositivos que están involucrados en el proceso en si a controlar. En planta Orizon específicamente en calderas hay varios controles, control de purga, control de la combustión, control de nivel de diferentes estanques, ya sea de agua, combustible, condensado y desgasificador.

Al momento de agregar el control de las bombas al Scada es necesario conocer todo el control presente en planta para contemplar todos los factores que se necesitan para una realización correcta del control y monitorización a realizar.

Este apartado se enfoca más detalladamente en el control de las bombas de agua y de petróleo que corresponden a las bombas de agua de alimentación de calderas y a las bombas de petróleo para la combustión de calderas, donde en este caso se ven involucrados tanto el control de nivel en calderas y el control de combustión.



Fuente: <https://vaporparalaindustria.com/por-que-hay-que-eliminar-los-gases-del-agua-de-alimentacion-de-caldera/>

Figura 3-1 Esquema representativo de proceso tratamiento de agua.

3.1.1 Control de purga en calderas.

En calderas se hace dos controles de purgas mediante un controlador S7-1200, el primero corresponde a un control de purga continua, se instala una válvula de purga debajo del nivel de agua de operación que se abrirá gradualmente, de acuerdo a la señal enviada por el sensor de conductividad de sólidos disueltos (electrodos), mientras más sólidos en el agua mayor es la conductividad, mayor será la cantidad de sólidos a eliminar a través de la válvula de purga que tiene una regulación de apertura de acuerdo a esto. Para esto se realiza el correspondiente escalamiento de la entrada (sensor) y salida (válvula) analógica que trabajan con señales de 4 a 20 mA.

El control de purga también indica si tienen fallas en la válvula o sensor, en el caso de las válvulas indica si hay falla rotura en el cable, falla del posicionador y falla del actuador, y, en el caso del sensor se indica si hay falla de rotura de cable y falla en el sensor.

Este control es realizado para recuperar el calor ya que la planta posee un estanque de purga donde llegarán los sólidos disueltos.

Hasta un 80% del calor del agua de purga puede ser recuperado con un sistema de recuperación de calor adecuadamente diseñado.

La purga de caldera contiene grandes cantidades de calor que se puede recuperar fácilmente como revaporizado.

El estanque de alimentación de agua se mantiene a una temperatura deseada mediante la inyección de vapor vivo, y se le suministra una mezcla del retorno de condensado y el agua de aportación fría. Esto permite aumentar la eficiencia de la caldera.

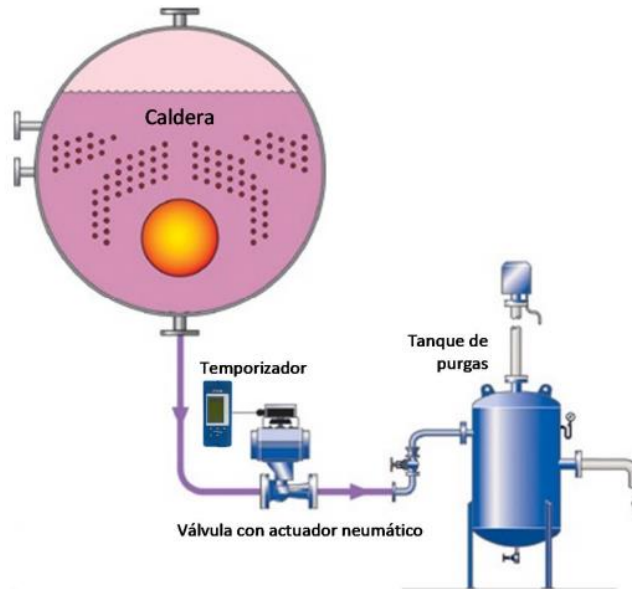
La cantidad de agua de purga depende del porcentaje de condensado devuelto, la calidad del agua de reposición y la calidad del agua especificada para la caldera. La calidad del agua de una caldera depende de la presión de trabajo y del tipo de caldera.

- Sensor de conductividad de sólidos disueltos.
- PLC S7-1200.
- Válvula de purga continua con posicionador neumático.

El segundo control de purga corresponde al control de purga de fondo que en este caso es controlado por el PLC S7-1200, aunque se realiza una purga continua de igual manera es necesario realizar una purga de fondo para la eliminación total de los sólidos disueltos que se acumulan en el fondo de la caldera. En este caso este control es realizado automáticamente está fijada una hora de purga para cada caldera, la cual durara 6 segundos, este control se realiza automáticamente cada día, llegando la hora correspondiente se abre la válvula de purga el tiempo correspondiente y luego se cierra y así para todas las calderas.

- PLC S7-1200.
- Válvula de purga de fondo con posicionador neumático.

Este control de purgas puede realizarse de manera automática o manual, por ende, tendrán válvulas manuales para ambas purgas desde las cuales el operador de calderas puede realizar el control correspondiente.



Fuente: <https://www.spiraxsarco.com/global/es-CL>

Figura 3-2 Esquema representativo control de purga de fondo.

3.1.2 Control de combustión en calderas.

Las calderas de la planta actualmente funcionan con gas, esto se implementó hace un par de años, sustituyendo al petróleo que era el combustible que utilizaba la planta. Sin embargo, la modificación del combustible de las calderas no eliminó el sistema de combustión de petróleo ya que, consideraron que era necesario tener un sistema de combustión auxiliar en caso de cualquier emergencia de no tener gas o Diésel disponible. Existe un estanque de petróleo principal de 500 m³ que abastece un estanque diario de petróleo mediante una bomba de llenado, desde este estanque se alimentaran las calderas con el uso de 3 bombas de petróleo, las 4 bombas mencionadas son las que se incluyen en el control y monitoreo al SCADA existente.

En el control de variables en este sistema tenemos las siguientes:

- Temperatura en la chimenea.
- Presión en la caldera.
- Flujómetro combustible retorno.
- Flujómetro combustible envío L/min.
- Temperatura de petróleo.

Se puede elegir si la combustión se realiza con gas o Diésel desde el Controlador de cada caldera modelo General Bruciatori se puede regular la intensidad de la llama del quemador, se visualiza mediante luz piloto llama encendida, tanto en el quemador cómo y por último también se puede bloquear el quemador en caso de fallas en el proceso. Cada una de las calderas cuenta con este controlador regulador.

El quemador industrial es de modulación neumática, se realiza gracias a la válvula de gas motorizada con 3 tomas de presión, presión de aire en el cabezal de combustión, presión de la cámara de combustión y presión de gas en el cabezal de combustión. Esto permite autorregular constantemente la relación aire de combustión – gas en todos los puntos de la modulación.

Las calderas de planta tienen un control de tiro forzado (presión positiva), también conocido como control de presión del hogar de la caldera se trata de un ventilador que suministra la corriente de aire necesario regulada por un dámper de regulación, corriente de aire que variará respecto a la presión del hogar de la caldera, el dámper se instala en la entrada del ventilador como dispositivo de control de energía cuando el flujo de aire debe modularse respecto a la presión en el hogar.

Las calderas dejan de operar automáticamente si la presión de trabajo sobrepasa los 8 bar.

Se mide temperatura en la chimenea de la caldera para procurar que los gases que van por la chimenea fluctúen entre los 200 °C a 300 °C para no afectar el tiraje y tener pérdidas exageradas por los gases calientes.

El controlador regulador de cada caldera, controla la presión, presión de nivel de agua (presostato), presión de temperatura y encendido de quemador de la caldera.

3.1.3 Control de nivel de la caldera.

El control de nivel de la caldera es un control on-off, un sensor de nivel tipo flotador McDonnell & Miller está montado en la caldera, que recibe el agua de alimentación a través de una bomba centrífuga multietapa, agua que proviene de un estanque desgasificador térmico, última etapa del tratamiento del agua de alimentación, que trae un recorrido desde el estanque de agua dura que luego pasa por ablandadores de agua llegando al estanque de agua blanda. El estanque de agua blanda tiene dos bombas centrífugas que se encargan de extraer el agua del estanque de agua blanda y enviarla al estanque desgasificador térmico para terminar el tratamiento de agua y alimentar las calderas las cuales cada una cuenta con su bomba centrífuga multietapa de alimentación de agua. El estanque desgasificador también cuenta con un transmisor de nivel, transmisor de presión y un sensor de temperatura específicamente un sensor RTD (Pt100). En el estanque desgasificador el agua al alcanzar los 105°C elimina una gran cantidad de oxígeno dejando el agua con una excelente calidad para alimentar las calderas. Al estanque desgasificador llega agua de alimentación desde el estanque de agua blanda y desde el

estanque de condensado que posee también dos bombas de condensado. También desde Manifold de distribución se provee de vapor el estanque desgasificador para la realización del proceso.

El agua de alimentación pasa por un proceso de desgasificación térmica por ende al alimentar las calderas el agua estaría ingresando precalentada, por lo tanto, se mejora la eficiencia de este control.

Este control dispone de alarmas de nivel, indicadores de nivel de vidrio en el exterior de las calderas, válvulas de retención de alimentación de agua.

3.1.4 Control de nivel de estanque diario de petróleo.

El estanque de petróleo diario tiene un sensor de nivel de combustible analógico con una señal de 4 a 20 mA que se es encargado de medir el nivel del estanque, esta señal hay que escalarla para tener una lectura exacta del nivel. Cuando el nivel del estanque está por debajo del valor deseado se activa la bomba hasta alcanza el nivel deseado. Al activarse las bombas de petróleo hacia calderas, estas extraerán el combustible de este estanque para alimentar las calderas que necesiten el uso de este combustible.

3.1.5 Arranque de las calderas.

El arranque de las calderas está definido de la siguiente manera, cada caldera cuenta con su propio controlador regulador que se encarga de controlar y visualizar la presión en el hogar, intensidad de llama, encendido quemador, de cada una de las calderas, entre otras funciones, si esta presión supera los 8 bar las calderas se apagarán automáticamente.

Si el dámper de regulación de aire esta con falla las calderas no se encienden, ya que se necesita una cantidad de oxígeno óptima para iniciar el proceso de combustión, también se verifica el funcionamiento de las válvulas de seguridad o de alivio antes de comenzar el arranque, la presión del gas debe ser la óptima para el encendido, entre toda esta comprobación de parámetros se demora aproximadamente 3 minutos para el arranque definitivo de las calderas. El nivel de agua de la caldera de igual manera debe ser el adecuado para el arranque de esta.



Fuente: Imagen real del equipo en planta.

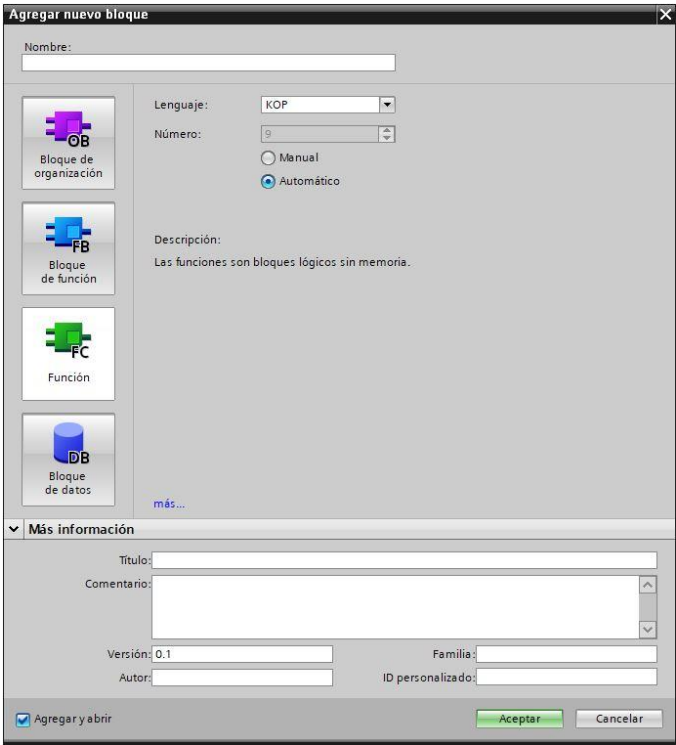
Figura 3-3 Controlador de cada una de las calderas.

3.2 PROGRAMACION LADDER EN TIA PORTAL V16.

A continuación se indican los bloques lógicos utilizados en el desarrollo de la programación en el software, explicando el funcionamiento de cada uno de estos, luego se muestra la programación Ladder paso a paso para el control de la bombas de alimentación de agua de cada caldera y las dos bombas auxiliares, la bomba de llenado para el estanque de petróleo diario y las tres bombas de petróleo para la combustión de las calderas de modelo Visa en caso de emergencia de falta de combustible de gas licuado.

3.2.1 Bloques de organización, bloques de función con memoria y sin memoria y bloques de datos.

Al crear el programa de usuario para las tareas de automatización, las instrucciones del programa se insertan en bloques lógicos.



Fuente: Software de programación Tía Portal V16.

Figura 3-4 Imagen de creación de bloques lógicos en Tía Portal V16.

3.2.1.1 Bloque de organización

OB (Bloque de organización), permite estructurar el programa. Este bloque sirve de interfaz entre el sistema operativo y el programa de usuario.

Tipos de bloques de organización que encontramos en el software:

Descripción de todos los tipos de bloques de organización

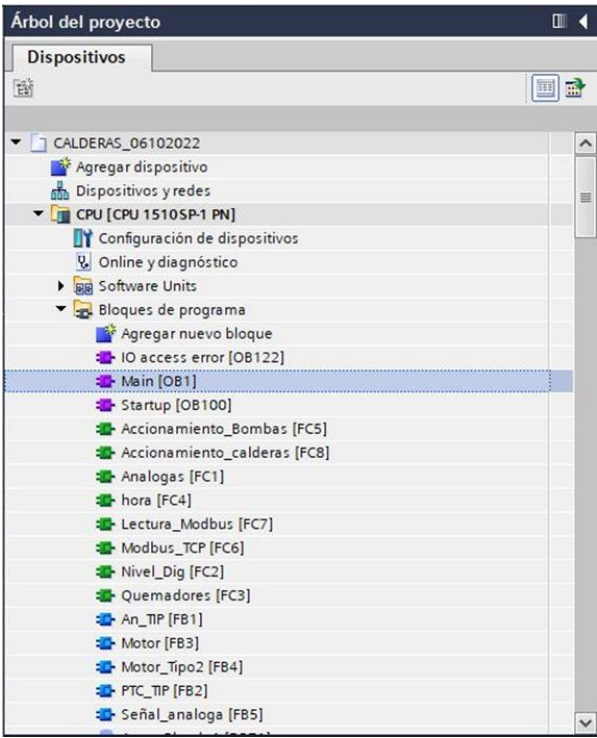
Este capítulo incluye información sobre los siguientes temas:

- [OBs de arranque \(S7-1500\)](#)
- [OBs de ciclo \(S7-1500\)](#)
- [OBs de alarma horaria \(S7-1500\)](#)
- [OB de alarma de estado \(S7-1500\)](#)
- [OB de alarma de actualización \(S7-1500\)](#)
- [OB para la alarma específica del fabricante o perfil \(S7-1500\)](#)
- [OB de alarma de retardo \(S7-1500\)](#)
- [OBs de alarma cíclica \(S7-1500\)](#)
- [OBs de alarma de proceso \(S7-1500\)](#)
- [OB de alarma de sincronismo \(S7-1500\)](#)
- [OB de error de tiempo \(S7-1500\)](#)
- [OB de alarma de diagnóstico \(S7-1500\)](#)
- [OB de cambio de módulo \(S7-1500\)](#)
- [OB de fallo de rack \(S7-1500\)](#)
- [OB de error de programación \(S7-1500\)](#)
- [OB de error de acceso a la periferia \(S7-1500\)](#)
- [OB ProDdiag \(S7-1500\)](#)
- [OBs de Motion Control \(S7-1500\)](#)

Fuente: <https://www.slideserve.com/lilka/arquitectura-de-programaci-n-bloques>

Figura 3-5 Tipos de Bloques de organización (OB).

El OB1 contiene el programa completo que tiene todos los bloques de funciones creados con su correspondiente instancia individual, estos FB al ser creados se arrastran al Main principal lo que permite una mejor organización de la programación del sistema.



Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-6 Main principal (OB1)

Los OB de ciclo son bloques lógicos de orden superior en el programa, en los que se pueden programar instrucciones o llamar otros bloques.

En el caso de la programación de este control se cuenta con dos Bloques OB1 que corresponde al Main, bloque principal donde se encuentra todo el programa.

También está el OB100 que fue creado para ejecutar en modo automático el arranque de las bombas de cada una de las calderas, cuando el PLC quede sin energía y vuelva a energizarse se ejecutara este OB100, accionando las bombas en modo automático.

La tabla siguiente muestra cuál es el OB que el sistema operativo llama para el arranque en cada caso.

Tipo de arranque	OB correspondiente
Rearranque normal	OB 101
Rearranque completo (en caliente)	OB 100
Arranque en frío	OB 102

Fuente: <https://www.slideserve.com/lilka/arquitectura-de-programaci-n-bloques>

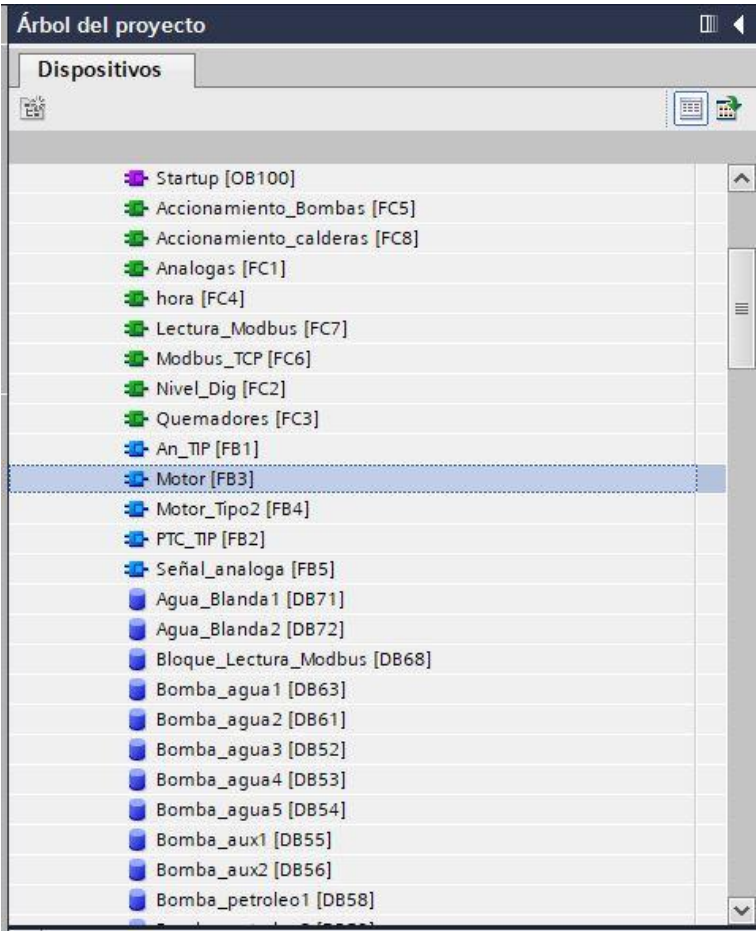
Figura 3-7 Tipos de OB de arranque.

El OB100 corresponde al re arranque en caliente, este bloque fue creado como modo de seguridad, ya que al momento que se corta la alimentación al controlador y se energiza nuevamente los motores quedaban desactivados y este bloque soluciona este problema, ya que será el primer bloque en iniciar.

3.2.1.2 Bloques de función (FB).

Los bloques de función (FB) o bloques con memoria, es un bloque lógico que utiliza un bloque de datos instancia para sus parámetros y datos estadísticos. Los FB tienen una memoria variable ubicada en un bloque de datos (DB) o DB instancia.

Estos bloques depositan de manera permanente en bloques de datos de instancia, de modo que siguen estando disponible después de procesar el bloque.



Fuente: Tía Portal V16.

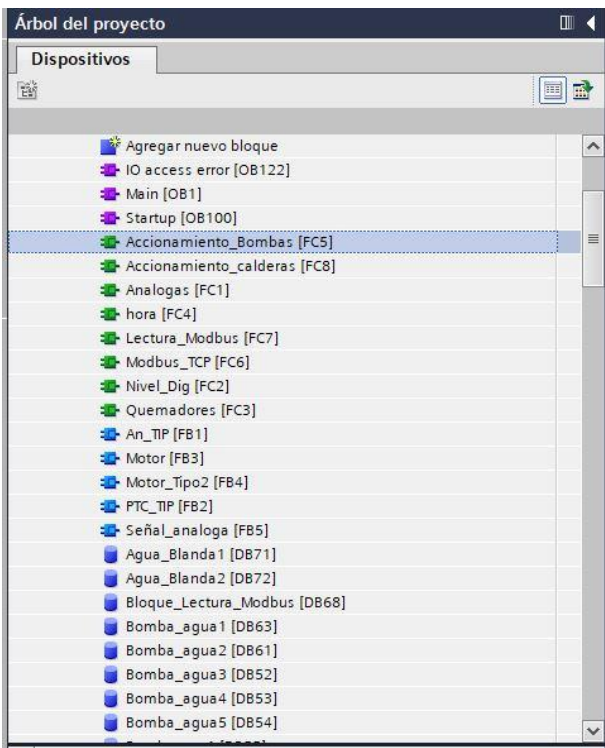
Figura 3-8 Bloques lógicos.

3.2.1.3 Bloques de Funciones (FC) o sin memoria.

Una función (FC) es un bloque lógico que, por lo general, realiza una operación específica en un conjunto de valores de entrada. La FC almacena los resultados de esta operación en posiciones de memoria.

Una FC también se puede llamar varias veces en diferentes puntos de un programa. Esto facilita la programación de tareas que se repiten con frecuencia.

Una función contiene un programa que se ejecuta cada vez que la función es llamada por otro bloque lógico.

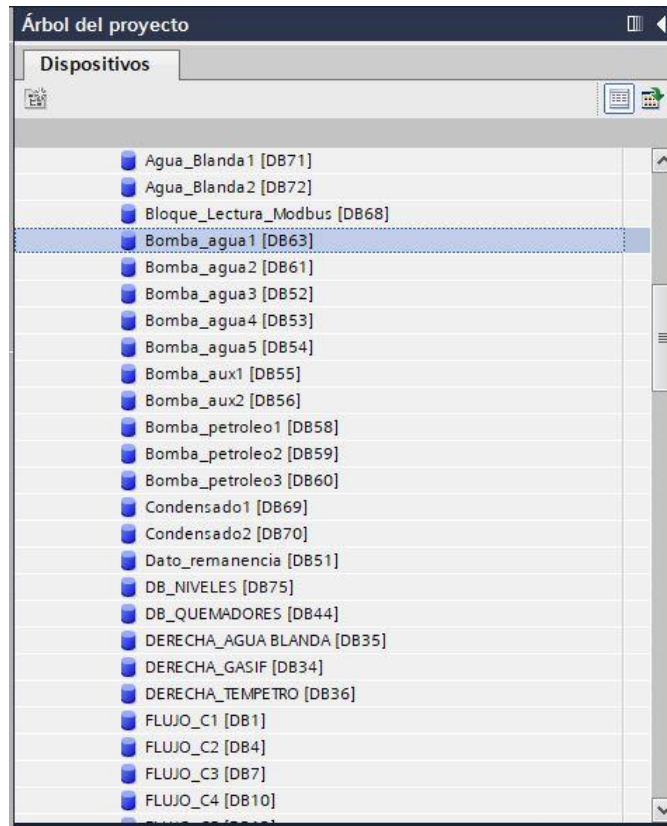


Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-9 Bloques lógicos.

3.2.1.4 Bloques de datos (DB).

Los bloques de datos (DB) se crean en el programa de usuario para almacenar los datos de los bloques lógicos. Todos los bloques del programa de usuario pueden acceder a los datos de un DB global. En cambio, un DB instancia almacena datos de un bloque de función (FB) específico.

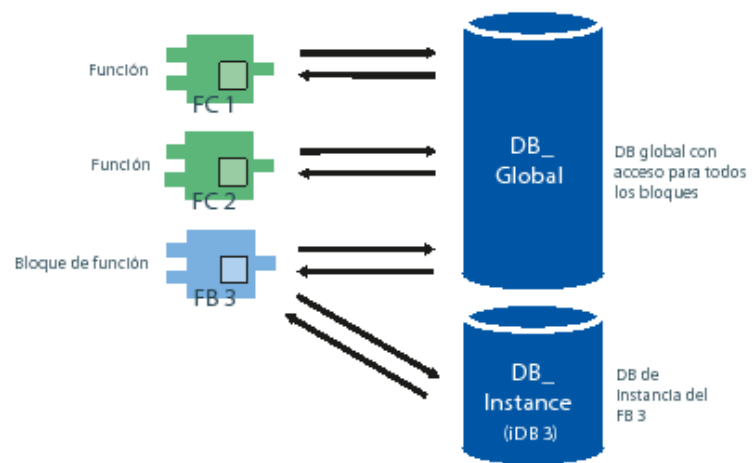


Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-10 Bloques lógicos.

Los bloques de datos (DB):

- Almacenan datos, es decir variables.
- Almacenan cualquier tipo de dato.
- Existen DB globales (no pertenecen a ningún FB) y los DB de instancia (pertenecen a su respectiva instancia de su respectivo FB)
- Se les debe asignar un número de referencia.
- Ocupan un espacio de memoria equivalente al volumen total de datos que almacena.
- Datos remanentes (al quitar la tensión al PLC se mantiene el valor del dato).
- Valores de arranque, instancia actual de valores.
- Un bloque de datos global y un bloque de datos de instancia pueden estar abiertos simultáneamente.



Fuente: www.google.cl.

Figura 3-11 Bloques de datos (DB) de instancia y global.

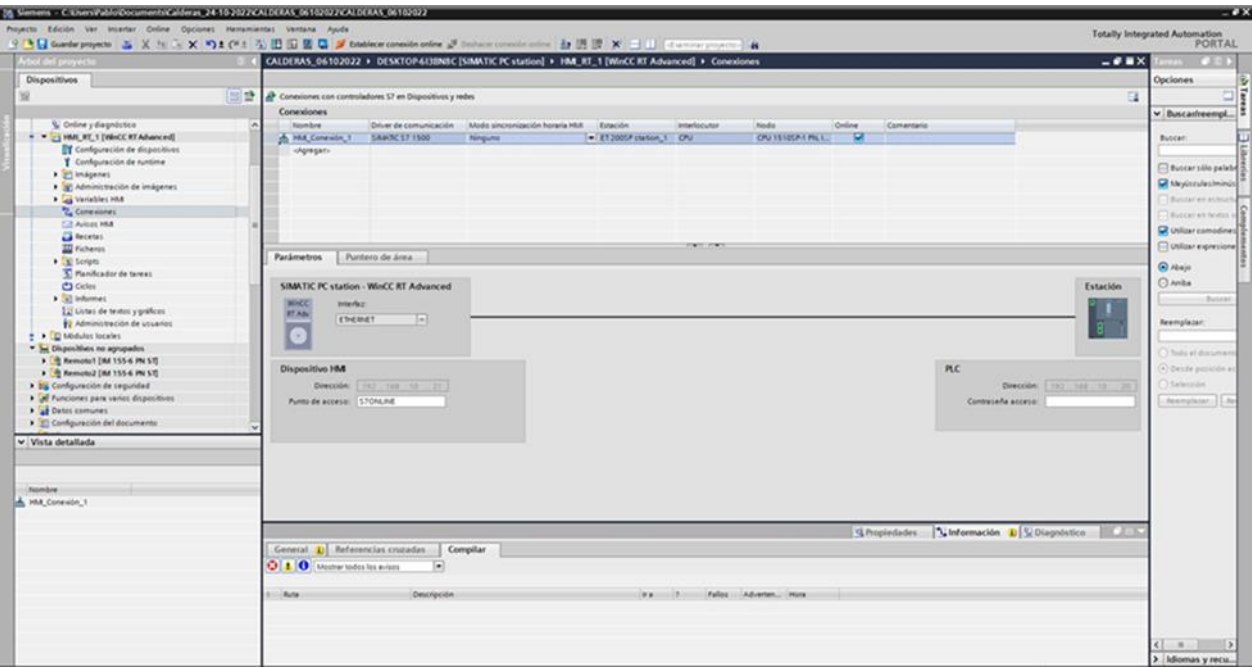
El bloque de datos (DB) utilizado es el de instancia individual como se puede apreciar en la imagen siguiente.



Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-12 Bloque de datos instancia individual.

3.2.2 Conexión al PLC



Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-13 Conexión al PLC.

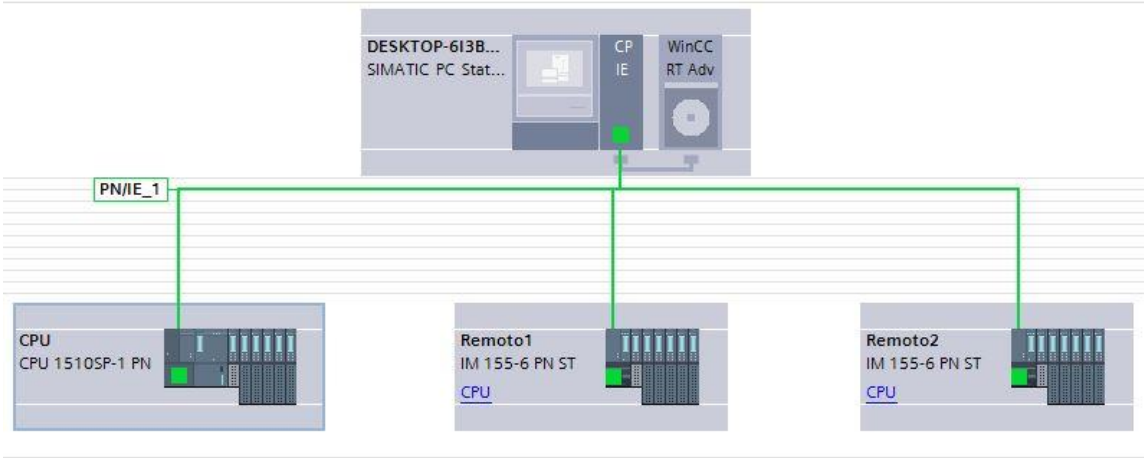
Para poder realizar un traspaso de datos desde el PLC al SCADA necesitamos crear una conexión entre dispositivos y redes. De esta manera permitirá trabajo desde el Wincc Advanced al momento generar imágenes y hacer las tablas de variables apuntando a la conexión correcta y seleccionando el modo de acceso, este proyecto se utilizó el acceso Simbólico.

3.2.3 Vista de conexión de dispositivos y redes.

La imagen muestra una red Profinet de diferentes dispositivos, un ordenador para programar en el Tía portal, Controlador Lógico programable perteneciente a la gama de los PLC S7-1500 y dos periféricas descentralizadas ET 200 SP con módulo de interfaz Profinet para la comunicación.

El remoto 1 está ubicado en la sala eléctrica de calderas.

El remoto 2 estará ubicado en las cercanías de la nueva sala de control permitiendo de esta forma cercanía con los sensores que se ocuparan para el control de las bombas.

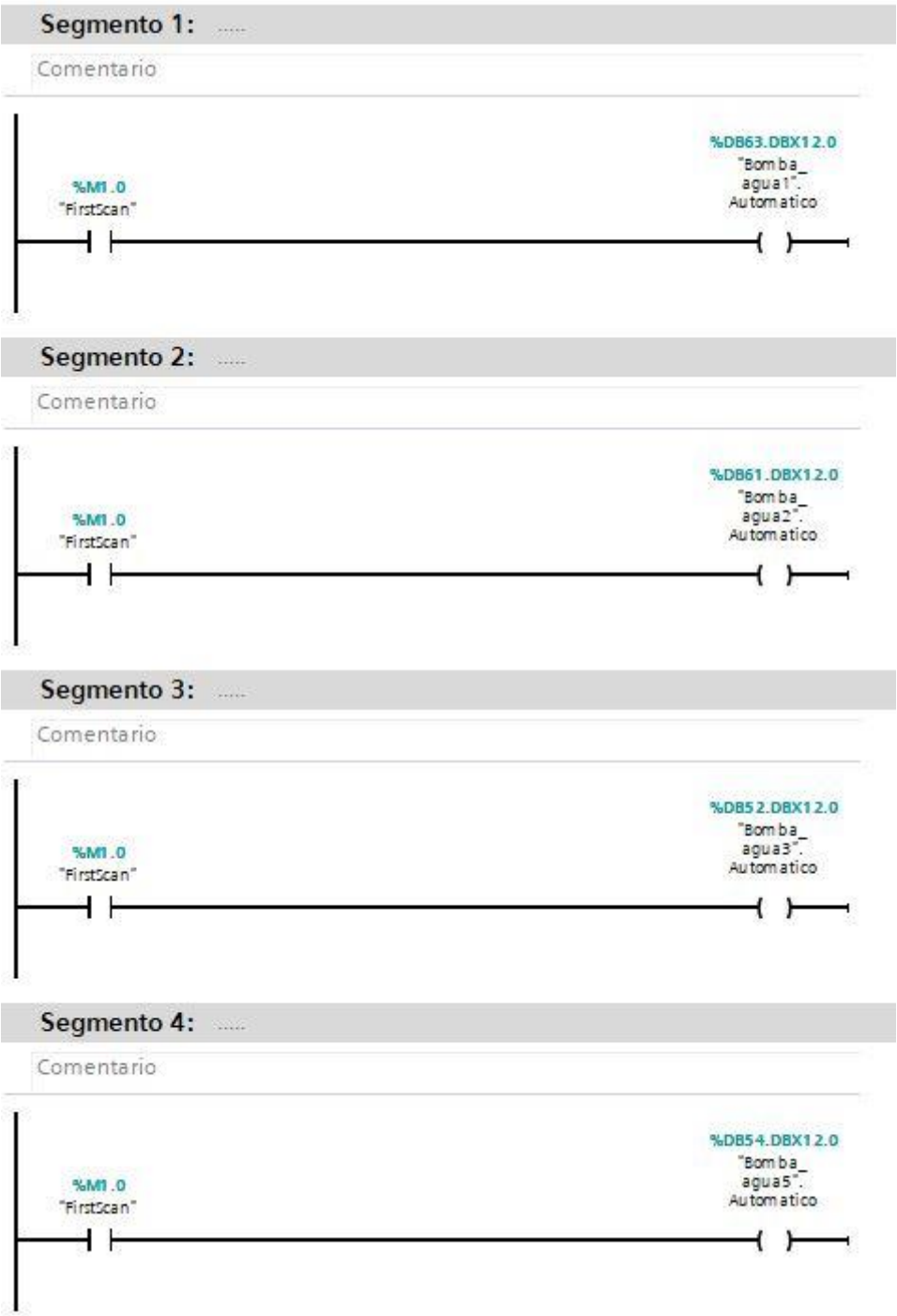


Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-14 Vista de conexión de redes.

3.2.3 Startup (OB 100).

Este es el primer bloque creado, un bloque de organización de ciclo que es necesario en el caso de el PLC quedar sin tensión de alimentación y volver a conectar se ejecute de inmediato el accionamiento de las bombas de alimentación de agua de cada una de las calderas de manera automática. Es un bloque que permite el accionamiento de las bombas y luego estas quedar encendidas o apagarse dependiendo el control de nivel del estanque. La única bomba que no se activará será la bomba de la caldera N°4, ya que esta funciona solo con partir parar no tiene accionamiento modo automático.



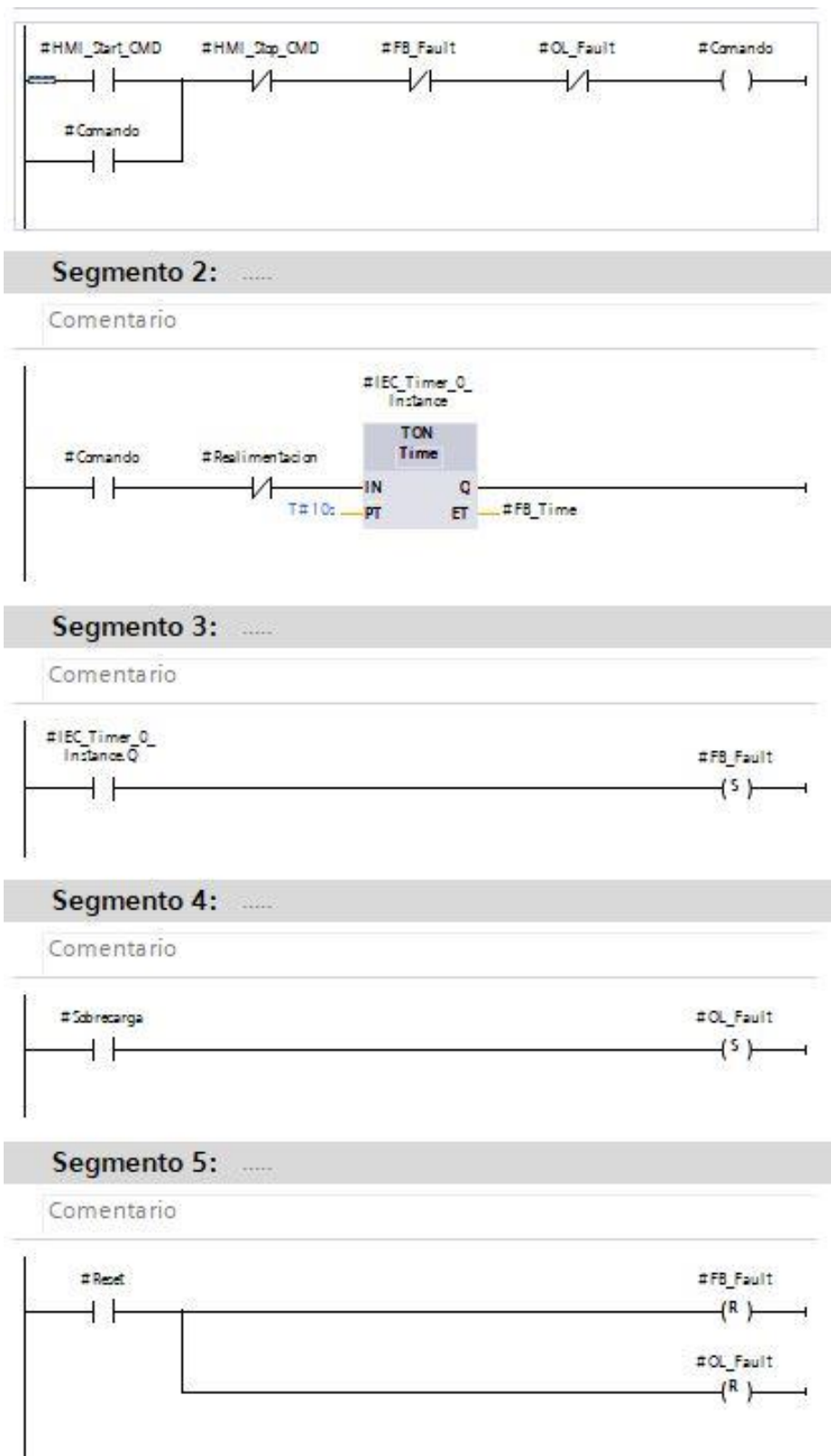
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-15 Startup (OB100) arranque en caliente..

3.2.4 Bloques de funciones creados (FB).

Hay dos tipos de bloques de función creados con el nombre de Motor y Motor_Tipo2, dado que el control para las bombas centrifugas no es el mismo, la bomba para la caldera N°4 y las tres bombas de petróleo se controlan con partir, parar y reset (Motor), en cambio, las bombas de llenado de petróleo y las bombas de alimentación de agua de las calderas restantes tienen control manual y automático, al igual que las auxiliares que además pueden activarse para alimentar la caldera que este con algún problema (Motor_Tipo2).

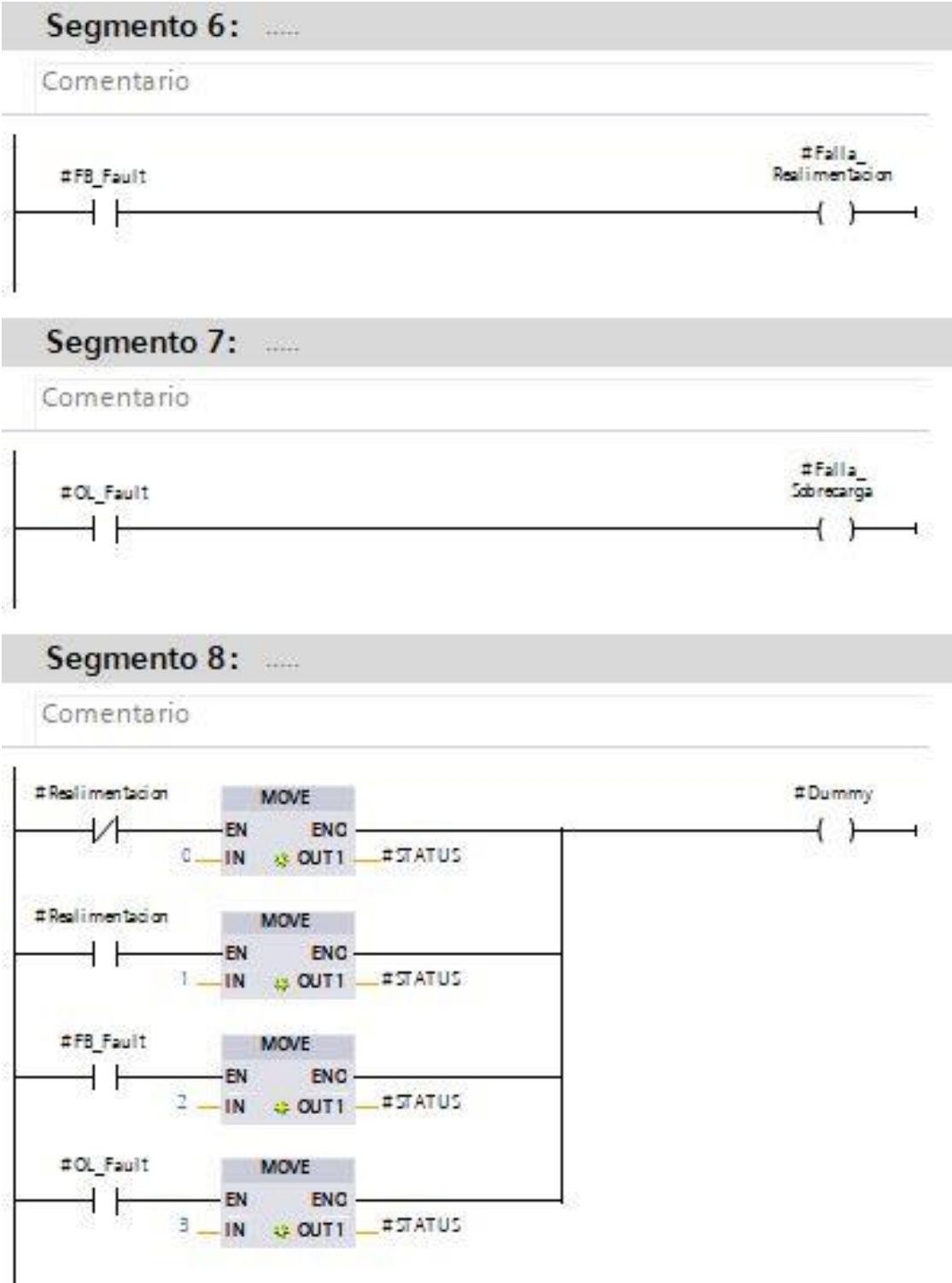
Las imágenes corresponden al bloque de función Motor.



Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-16 Programación de Bloque de función Motor.

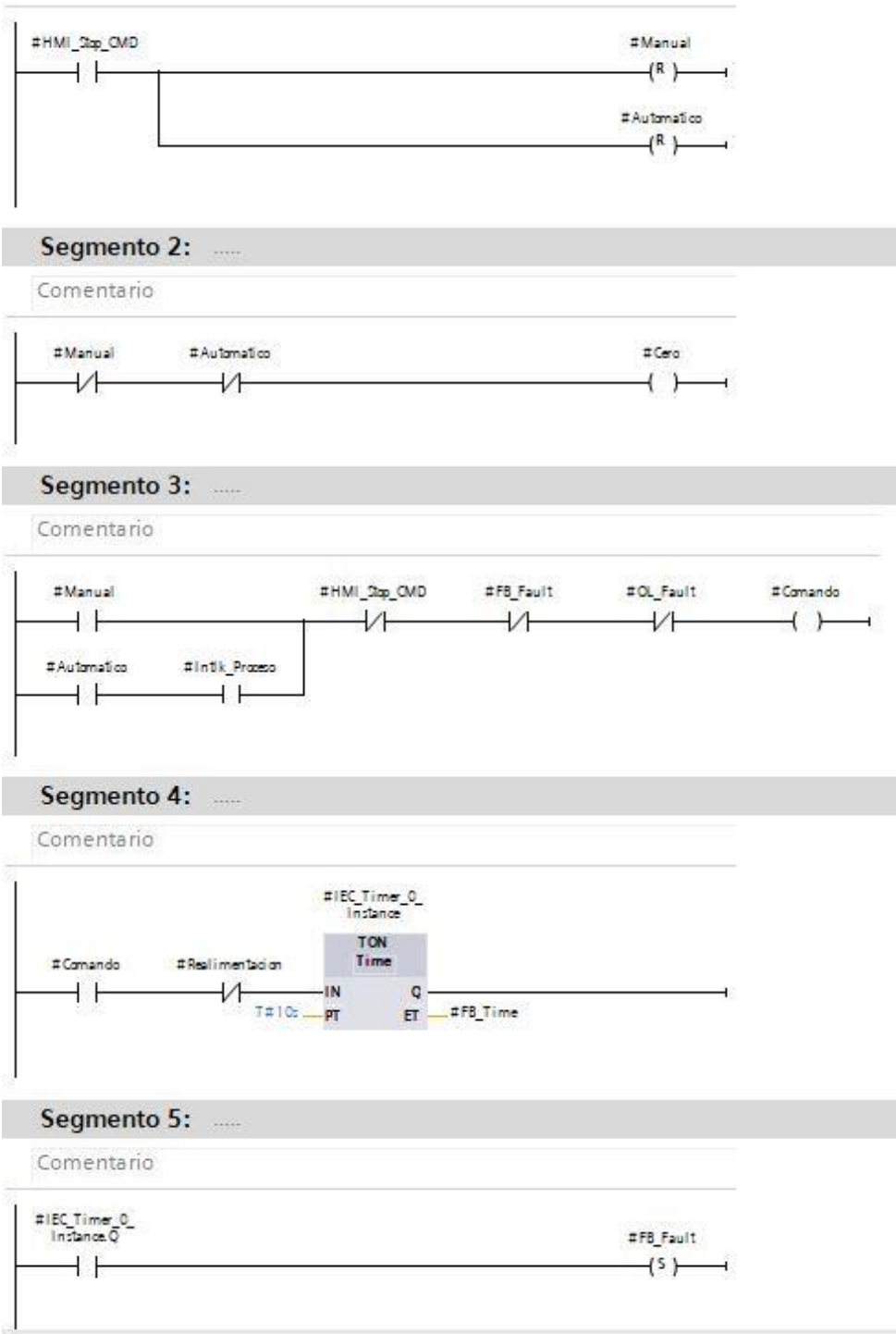
La creación de este tipo de bloque busca poder accionar motores que funcionan de manera manual, y así poderlo replicar de manera muchos más fácil para todos los motores que funcionen de la misma manera.



Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-17 Programación de Bloque de función Motor.

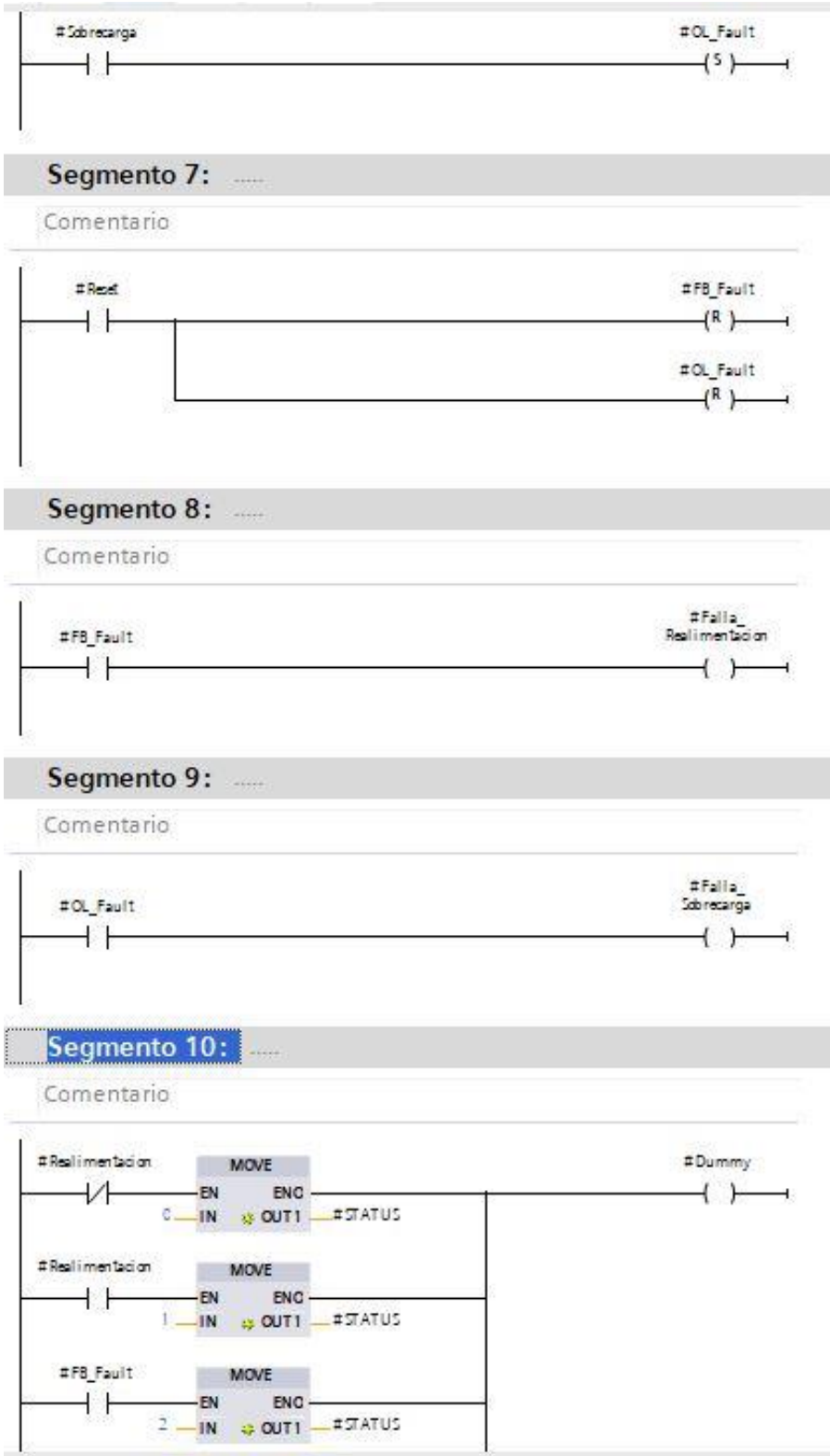
Las siguientes imágenes corresponde al bloque de función Motor_Tipo2.



Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-18 Programación de Bloque de función Motor_Tipo2.

Este tipo de bloque busca poder accionar motores que funcionan de manera manual y automático, al seleccionar la manera automático el motor se accionará si se activa el bit `Intlk_Proceso` que en el caso de las bombas de caldera será el flotador de nivel de cada caldera, cuando este sensor se active la bomba de agua comenzará a funcionar, por el contrario, cuando este sensor se abra la bomba se detendrá.



Fuente: Tía Portal V16.

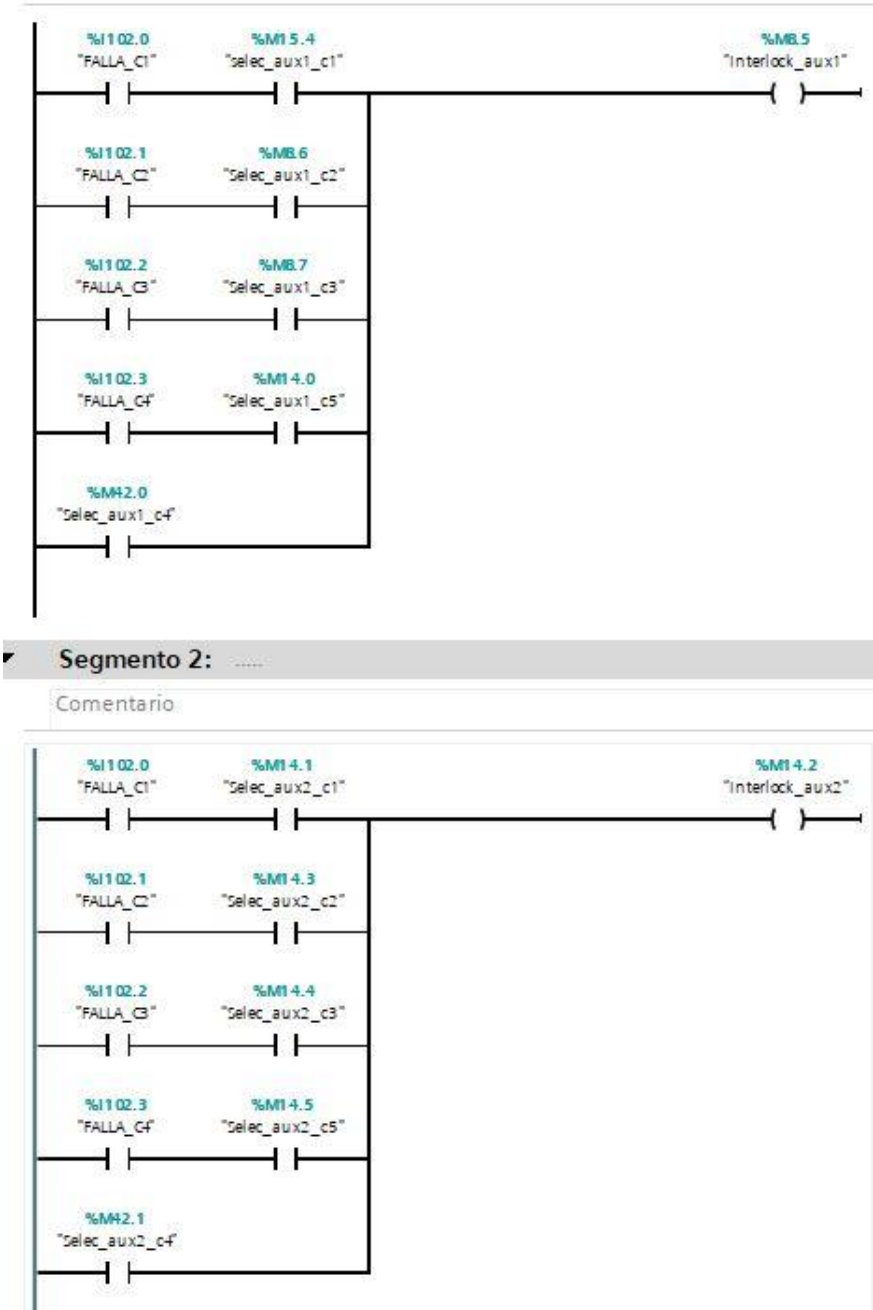
Figura 3-19 Programación de Bloque de función Motor_Tipo2.

3.2.5 Bloques de Funciones (Fc) o sin memoria.

Este bloque es una subrutina que contiene la secuencia específica del accionamiento de las bombas auxiliares, así posteriormente este bloque podrá ser llamado tanto como de otra FC, FB u OB.

3.2.5.1 Interlock bombas auxiliares 1 y 2.

El interlock para las bombas auxiliares permitirá el funcionamiento en automático, seleccionando desde el SCADA la bomba auxiliar que se requiere ocupar y posteriormente hacer clic sobre el número de la caldera (selec_aux) y de esta manera se activará si solo se cumple la condición de estar activado el bit de falla correspondiente al sensor de nivel de la caldera seleccionada.

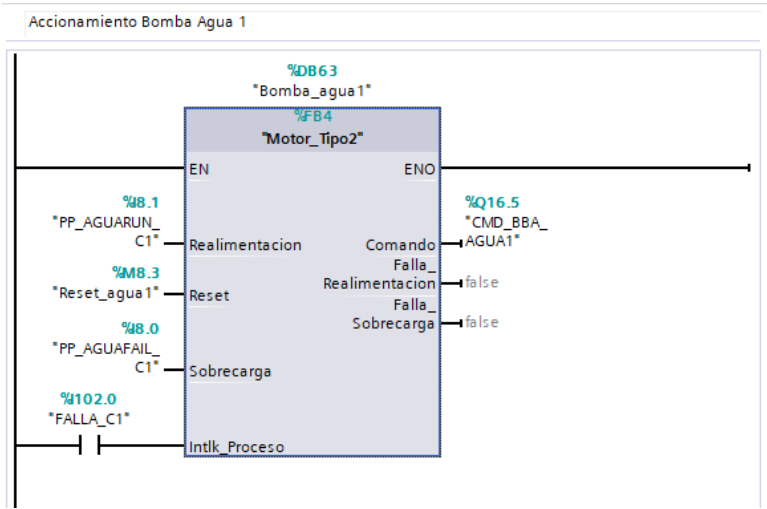


Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-20 Programación de función de accionamiento de bombas auxiliares.

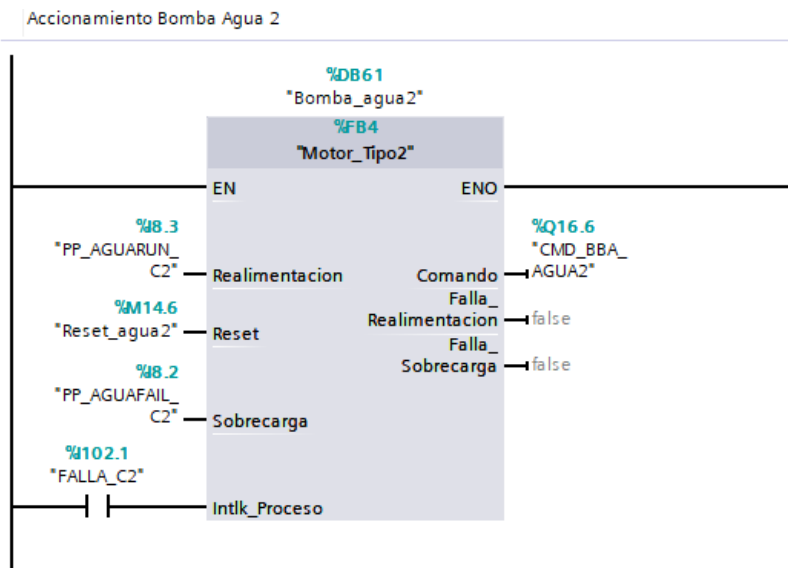
3.2.5.2 Accionamiento de bombas.

A continuación, se adjuntan las imágenes del accionamiento de cada una de las bombas de agua y petróleo que fueron creadas como DB de instancias individual generado por los dos tipos de FB (Motor y Motor_Tipo2) ya descritos en páginas anteriores. Se ocupará el FB que cumpla con la lógica que requiere cada bomba, de esta manera ayuda con el orden del programa cambiando de cada bloque las entradas digitales y la salida digital, por supuesto el interlock que corresponde en los bloques que funcionan de manera automático.



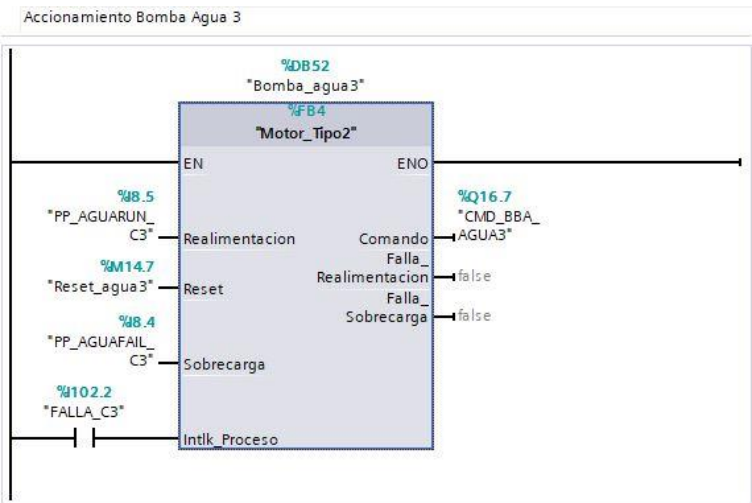
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-21 Accionamiento bomba de alimentación de agua caldera N°1.



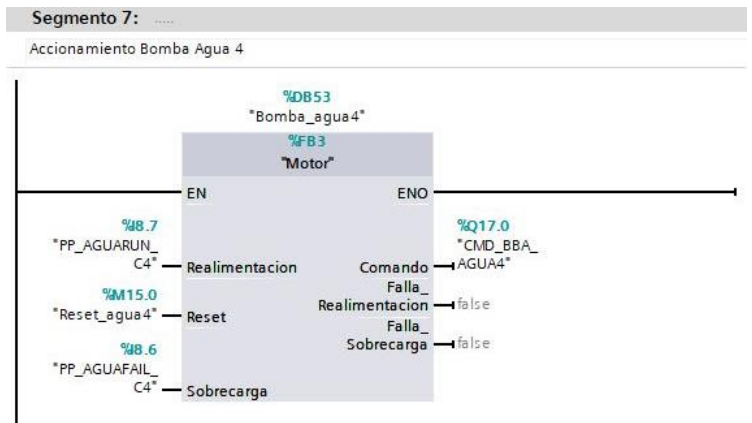
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-22 Accionamiento bomba de alimentación de agua caldera N°2.



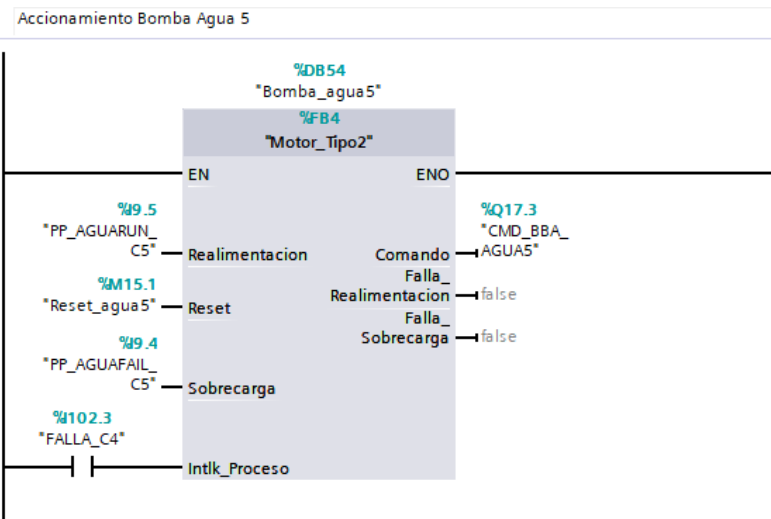
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-23 Accionamiento bomba de alimentación de agua caldera N°3.



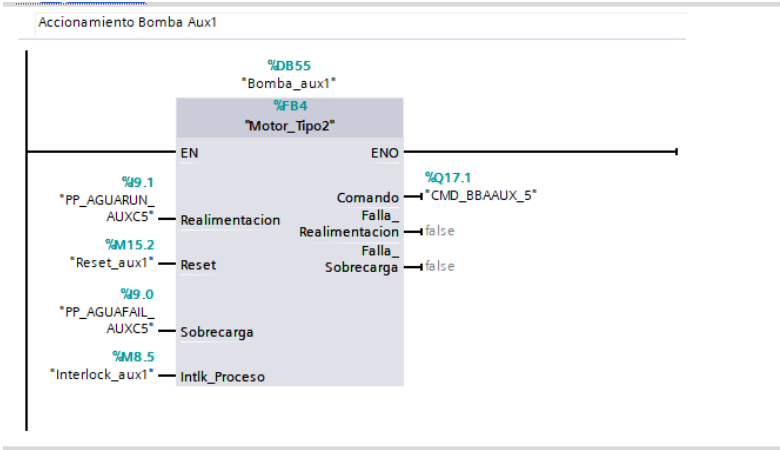
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-24 Accionamiento bomba de alimentación de agua caldera N°4.



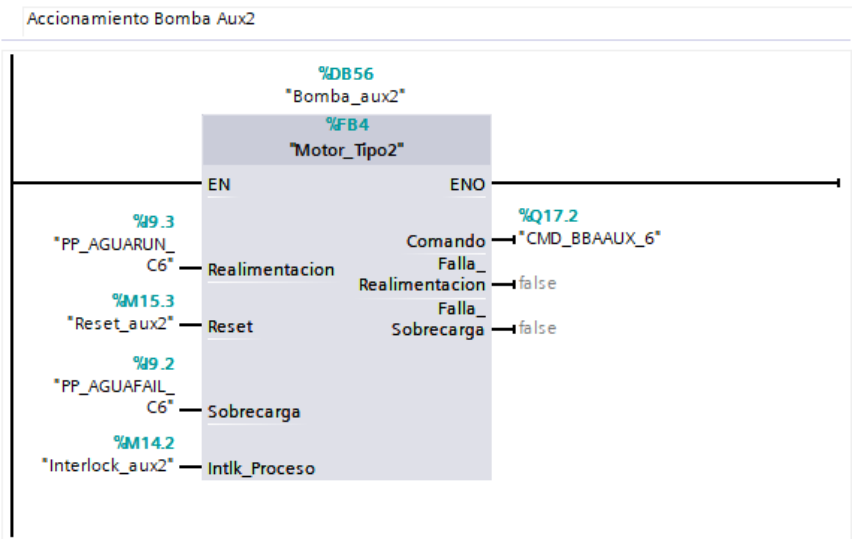
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-25 Accionamiento bomba de alimentación de agua caldera N°5.



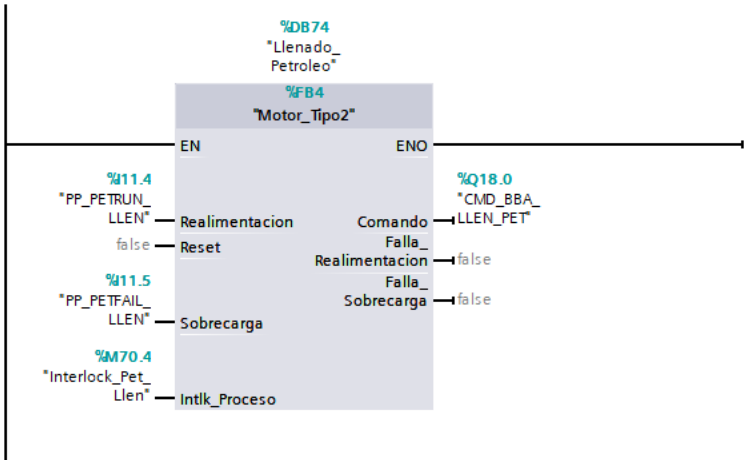
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-26 Accionamiento bomba de alimentación de agua auxiliar N°1.



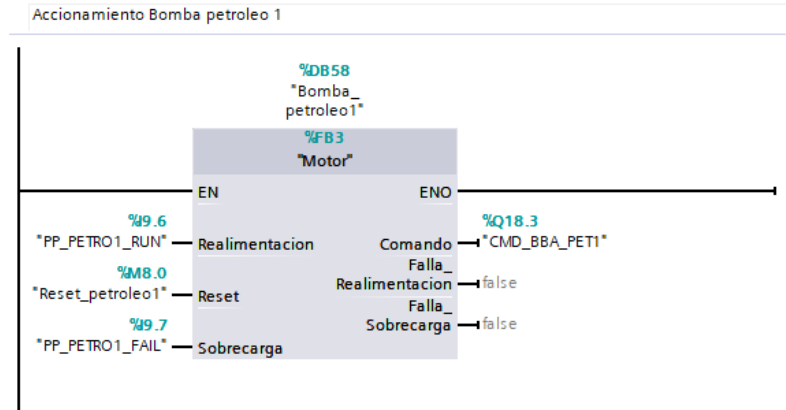
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-27 Accionamiento bomba de alimentación de agua auxiliar N°2.



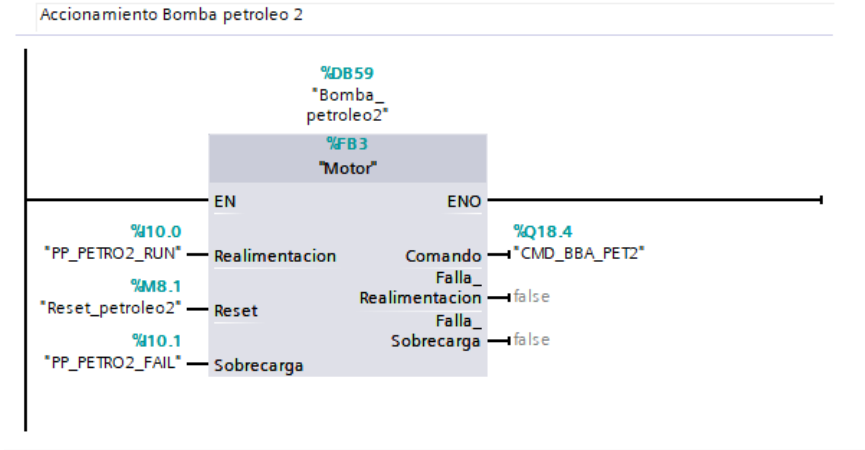
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-28 Accionamiento bomba para llenado estanque de petróleo diario.



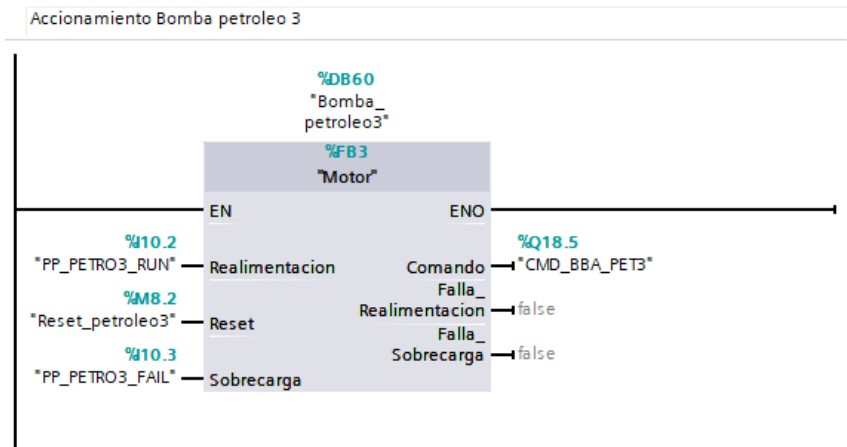
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-29 Accionamiento bomba de alimentación de petróleo N°1 hacia calderas en caso de emergencia.



Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-30 Accionamiento bomba de alimentación de petróleo N°2 hacia calderas en caso de emergencia.



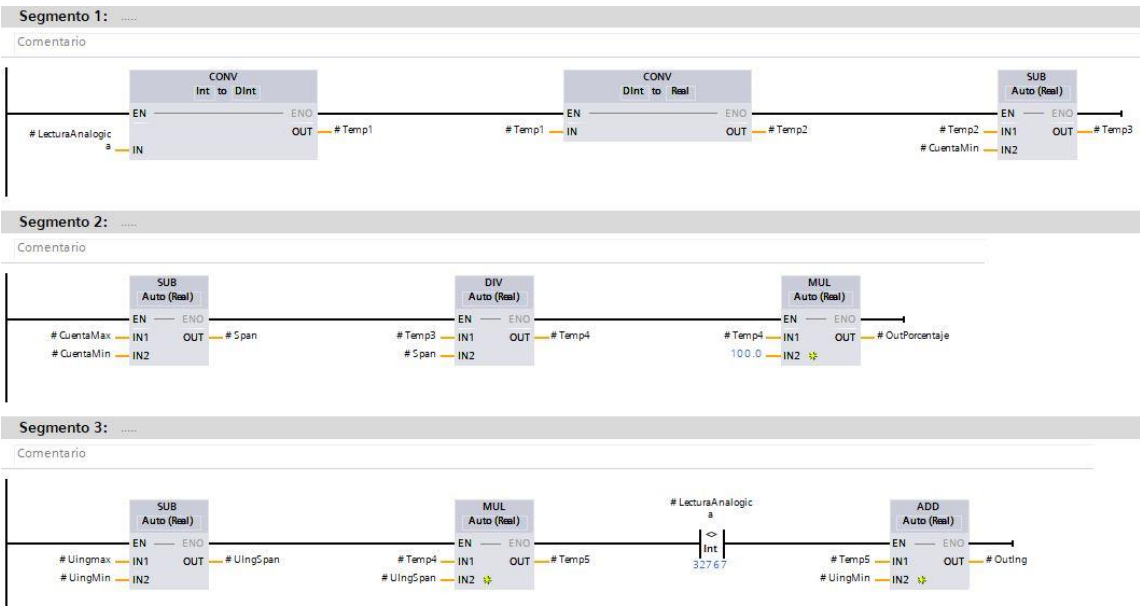
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-31 Accionamiento bomba de alimentación de petróleo N°3 hacia calderas en caso de emergencia.

3.2.5.3 Señales Análogas.

La señal análoga que necesitamos visualizar para poder tener el control de la bomba del estanque diario de petróleo proviene desde un sensor ultrasónico que genera una señal de 4-20mA.

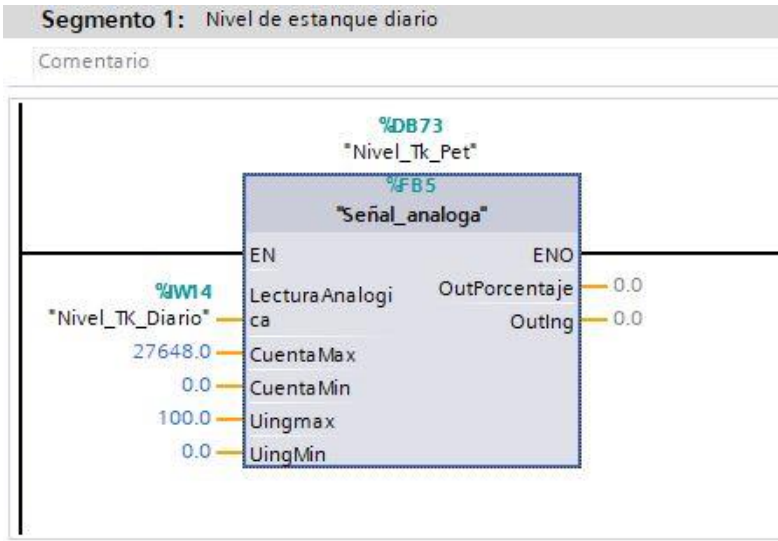
Para obtener la señal escalada en un valor Real se realiza un escalado, al igual que las bombas se crea un bloque FB con el nombre Señal_analog a continuación se adjunta su imagen.



Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-31 Escalamiento señal análoga.

Siguiendo con la configuración de la señal, se arrastra el FB Señal_analoga y generamos un DB de instancia individual donde colocaremos nuestra entrada analógica proveniente del sensor, las cuentas mínimas y máximas predeterminadas para señales de 4-20mA y la unidad de medición del sensor que va a medir de 0 a 100 por ciento.



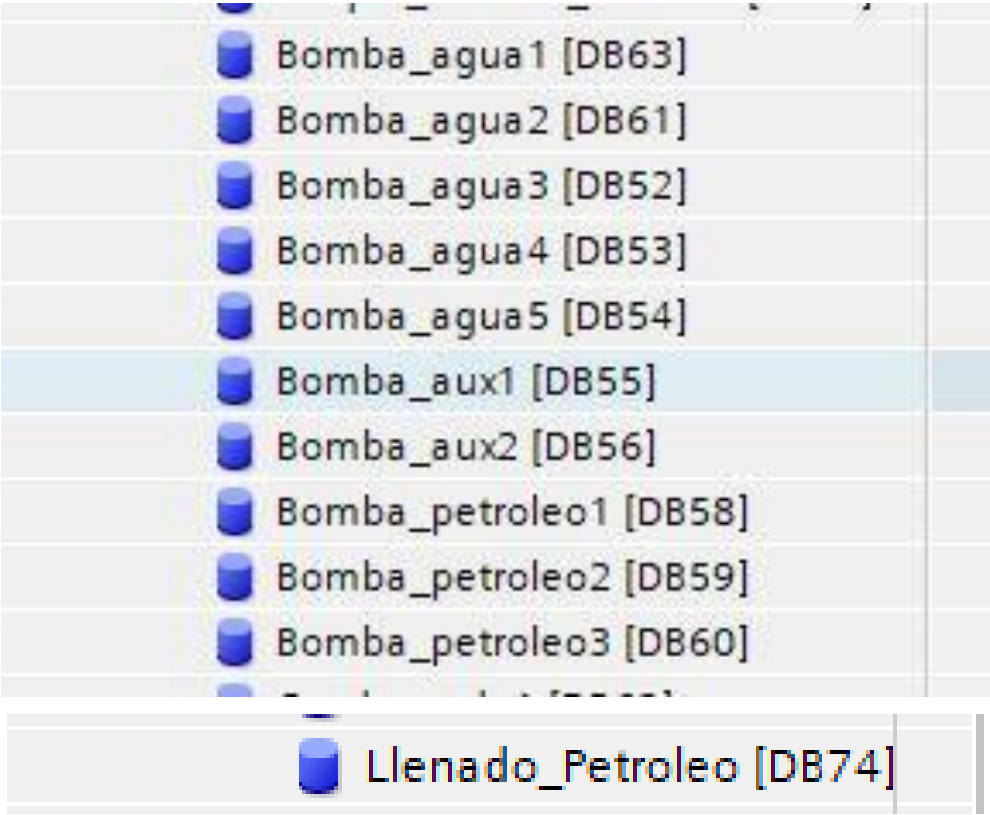
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-32 Programación de función para nivel de estanque diario de petróleo.

3.2.6 Bloques de datos (DB).

Estos son los DB de instancia individual para cada una de las bombas de alimentación de agua para calderas, las dos bombas de alimentación de agua auxiliares, la bomba de llenado del estanque de petróleo diario y las tres bombas de petróleo de alimentación para el sistema de combustión de las calderas.

Cada uno de estos DB de instancia está asociado a uno de los dos tipos de bloques de función (FB) creados, ya sea Motor o Motor_Tipo2, esto dependiendo del control que tendrá dicha bomba.



Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-33 DB de instancia individual creados para la programación realizada.

3.3 DISEÑO DE HMI CON WINCC ADVANCED.

Se crean las imágenes utilizadas en el Wincc Advanced para el control y monitoreo de las bombas, mostrando el diseño creado en el software con la finalidad de optimizar el proceso de la planta.

3.3.1 Creación de variables HMI.

En la creación de variables están las variables digitales que se utilizan en los Pop Up (imágenes emergentes), selección de modo de operación, indicadores de fallas, partir-parar, reset, y, en la HMI en imágenes en la visualización del nivel de estanque de petróleo se utiliza una señal análoga desde el transmisor de nivel. Acá también hay otras variables creadas como se ve en la imagen para mediciones de flujo, presión, temperatura.

Análogos								
	Nombre ▲	Tipo de datos	Conexión	Nombre del PLC	Variable PLC	Dirección	Modo de acceso	Ciclo de adquisi...
➤	PT_TRABAJO	Real	HMI_Conexión_1	CPU	PRESION_TRABAJO.UI		<Acceso simbólico>	1 s
➤	REG_DIA	LReal	HMI_Conexión_1	CPU	REG_DIA		<Acceso simbólico>	1 s
➤	REG_NOCHE	LReal	HMI_Conexión_1	CPU	REG_NOCHE		<Acceso simbólico>	1 s
➤	TT_CHIM_C1	Real	HMI_Conexión_1	CPU	TEMP_CHIM_C1.Síñal_Real		<Acceso simbólico>	1 s
➤	TT_CHIM_C2	Real	HMI_Conexión_1	CPU	TEMP_CHIM_C2.Síñal_Real		<Acceso simbólico>	1 s
➤	TT_CHIM_C3	Real	HMI_Conexión_1	CPU	TEMP_CHIM_C3.Síñal_Real		<Acceso simbólico>	1 s
➤	TT_CHIM_C4	Real	HMI_Conexión_1	CPU	TEMP_CHIM_C4.Síñal_Real		<Acceso simbólico>	1 s
➤	TT_CHIM_C5	Real	HMI_Conexión_1	CPU	TEMP_CHIM_C5.Síñal_Real		<Acceso simbólico>	1 s
➤	TT_DEGAS	Real	HMI_Conexión_1	CPU	TEMP_DEGAS.Síñal_Real		<Acceso simbólico>	1 s
	<Agregar>							

Digitales							
Nombre	Tipo de datos	Conexión	Nombre del PLC	Variable PLC	Dirección	Modo de acceso	Ciclo de adquisi...
DISCH_FAIL	Bool	HMI_Conexi...	CPU	DISCH_FAIL		<Acceso simbólico>	1 s
DISCH_ON_OFF	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	DISCH_ON_OFF		<Acceso simbólico>	1 s
DISCH_RUN	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	DISCH_RUN		<Acceso simbólico>	1 s
FALLA_C1	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	FALLA_C1		<Acceso simbólico>	1 s
FALLA_C2	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	FALLA_C2		<Acceso simbólico>	1 s
FALLA_C3	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	FALLA_C3		<Acceso simbólico>	1 s
FALLA_C4	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	FALLA_C4		<Acceso simbólico>	1 s
FALLA_GASIF	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	FALLA_GASIF		<Acceso simbólico>	1 s
FALLA_GEN_C1	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	FALLA_GEN_C1		<Acceso simbólico>	1 s
FALLA_GEN_C2	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	FALLA_GEN_C2		<Acceso simbólico>	1 s
FALLA_GEN_C3	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	FALLA_GEN_C3		<Acceso simbólico>	1 s
FALLA_GEN_C4	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	FALLA_GEN_C4		<Acceso simbólico>	1 s
FALLA_GEN_C5	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	FALLA_GEN_C5		<Acceso simbólico>	1 s
HH_CAL1	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	HH_CAL1		<Acceso simbólico>	1 s
HH_CAL2	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	HH_CAL2		<Acceso simbólico>	1 s
HH_CAL3	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	HH_CAL3		<Acceso simbólico>	1 s
HH_CAL5	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	HH_CAL5		<Acceso simbólico>	1 s
LL_CAL1	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	LL_CAL1		<Acceso simbólico>	1 s
LL_CAL2	Bool	HMI_Conexión_1	CPU	LL_CAL2		<Acceso simbólico>	1 s

Fuente: Tía Portal V16.

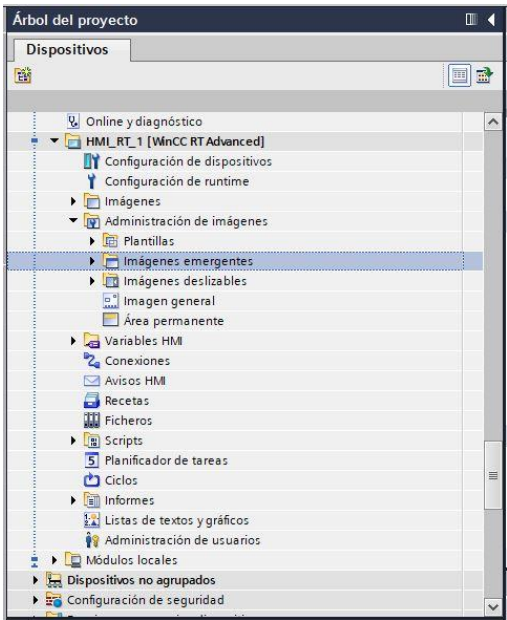
Figuras 3-34 Creación de variables para conexión a HMI.

3.3.2 Imágenes emergentes.

Al entrar en el apartado HMI podemos crear diferentes tipos de imágenes, en este caso se utilizarán imágenes emergentes, que son “ventanas dentro de ventanas” que pueden ser mostradas y ocultadas según se requiera. Se puede definir cualquier número de imágenes emergentes.

La visibilidad de una imagen emergente se controla con la función del sistema “ShowPopupImage”, la cual se puede activar desde cualquier botón o evento del sistema.

Esto hace que las imágenes emergentes sean adecuadas para pantallas sensibles al contexto o para establecer parámetros individuales.



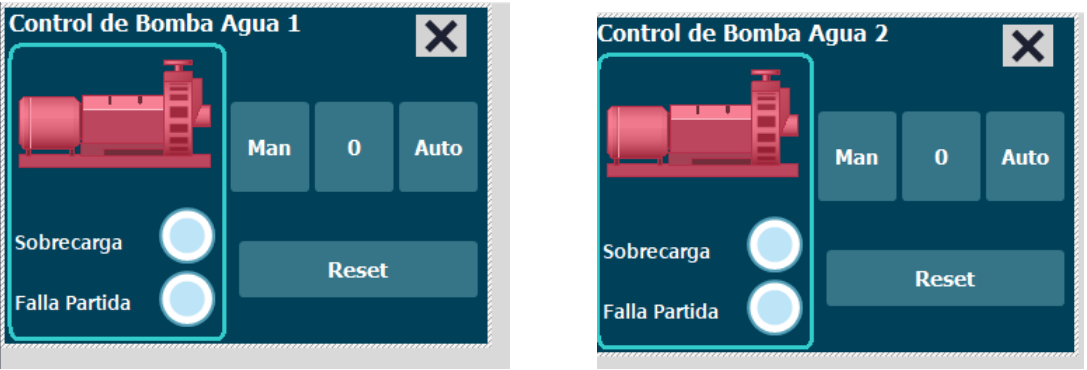
Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-35 Creación imágenes emergentes.

3.3.2.1 Pop Up de las bombas de agua y petróleo de calderas.

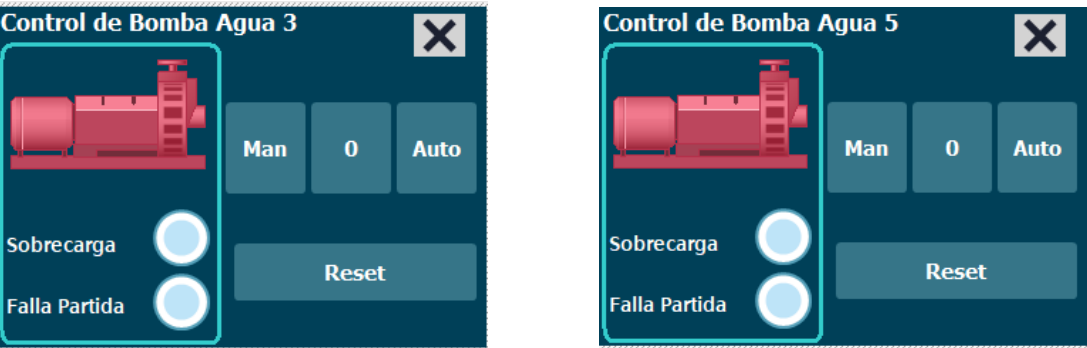
El diseño de las imágenes emergentes o Pop Up se realizó de la siguiente manera:

Para el caso de las bombas de alimentación de agua de calderas, las bombas para calderas N°1, N°2, N°3 y N°5, se puede seleccionar el modo ya sea manual o automático, se puede detener (0) y también se pueden resetear, además, también esta imagen indicara si existe sobrecarga y falla en la partida del motor.



Fuente: Tía Portal V16.

Figuras 3-36 Creación de Pop Up de bomba de alimentación de agua caldera N°1 y N°2.



Fuente: Tía Portal V16.

Figuras 3-37 Creación de Pop Up de bomba de alimentación de agua caldera N°3 y N°5.

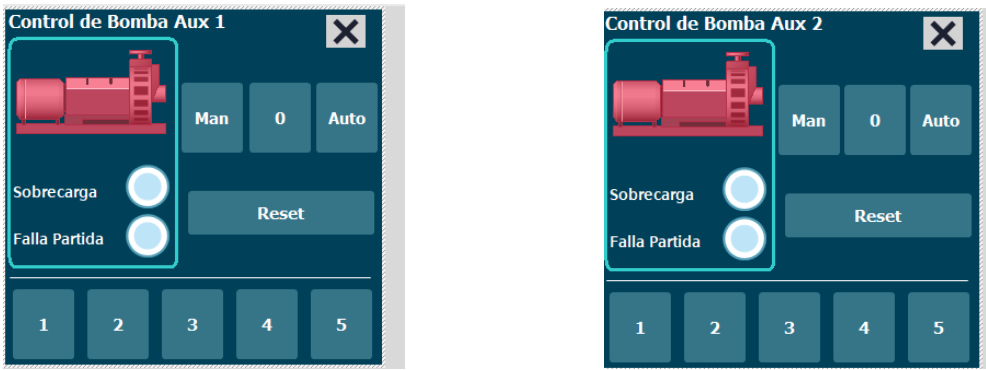
Para el caso de la caldera N°4 el Pop Up o el control en sí de esta bomba es distinto, ya que en este caso solamente se puede seleccionar partir, parar y reset, y, de igual manera indicara si hay sobrecarga y falla en la partida del motor.



Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-38 Creación de Pop Up de bomba de alimentación de agua caldera N°4

Para el caso de las bombas auxiliares de alimentación de agua de calderas que serán activadas en caso de emergencia, estas dos bombas se pueden seleccionar en modo manual o automático, detener, reset y se podrá seleccionar a que caldera alimentara esta bomba, y, también la imagen indicará si hay sobrecarga o falla de partida en el motor.



Fuente: Tía Portal V16.

Figuras 3-39 Creación de Pop Up de bombas de alimentación de agua auxiliares.

Para el caso de la bomba de llenado de estanque de petróleo diario, acá también se puede seleccionar el modo de trabajo manual o automático, se puede detener si es necesario y resetea, y, también se indica en caso de sobrecarga y falla en la partida del motor.

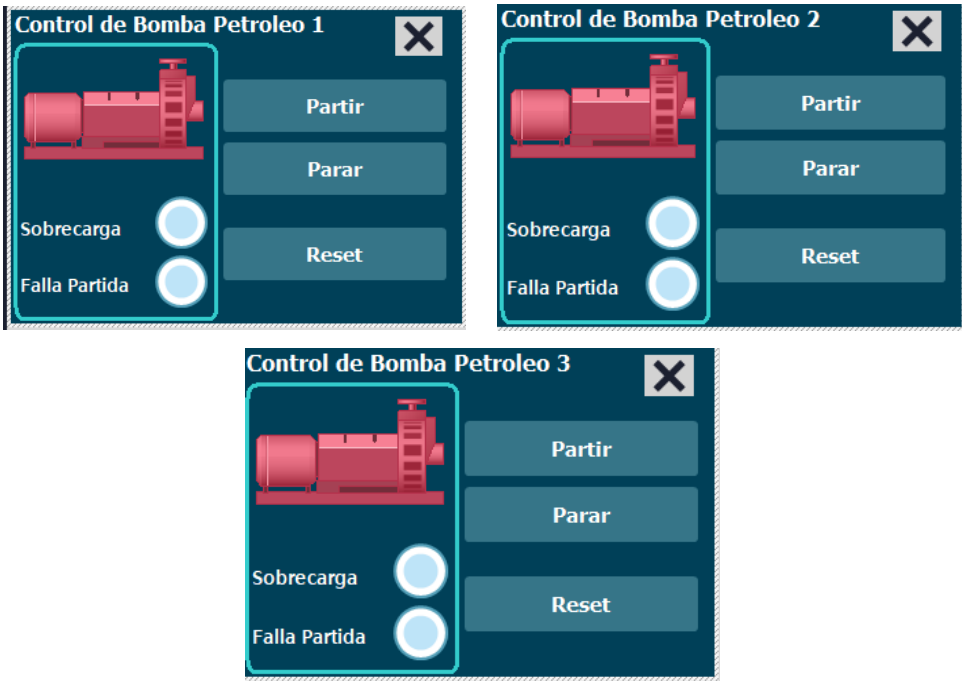


Fuente: Tía Portal V16.

Figura 3-40 Creación de Pop Up de bomba de llenado de estanque de petróleo diario.

Y, por último, para el caso de las tres bombas de petróleo, que alimentan la combustión de las calderas en caso de emergencia con la disponibilidad del combustible principal (gas).

Se puede seleccionar modo manual o automático, detener y reset, y, también se indicará si hay sobrecarga o falla de partida en el motor.



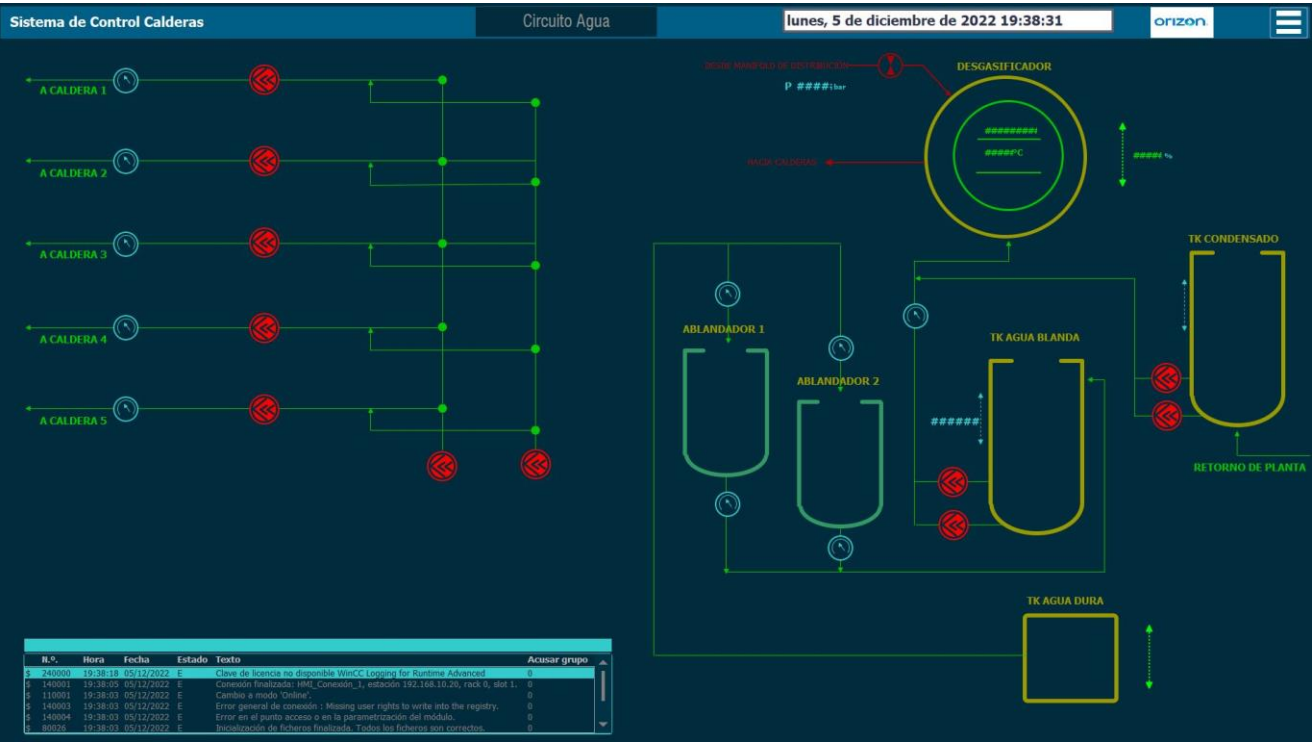
Fuente: Tía Portal V16.

Figuras 3-41 Creación de Pop Up de bombas de alimentación de petróleo hacia calderas.

3.3.3 SCADA del circuito de agua de calderas sin intervención

Este SCADA es el que no se ha intervenido, el cual aún no tiene considerado el control del nivel de estanque de petróleo diario y las bombas de alimentación de petróleo a calderas, ni tampoco las imágenes emergentes para el control y monitoreo de las bombas que será lo que se agregará en esta imagen.

El control de las bombas se realiza haciendo clic en la bomba que se desea controlar y se despliega una imagen emergente o Pop Up que se superpone a la imagen principal.



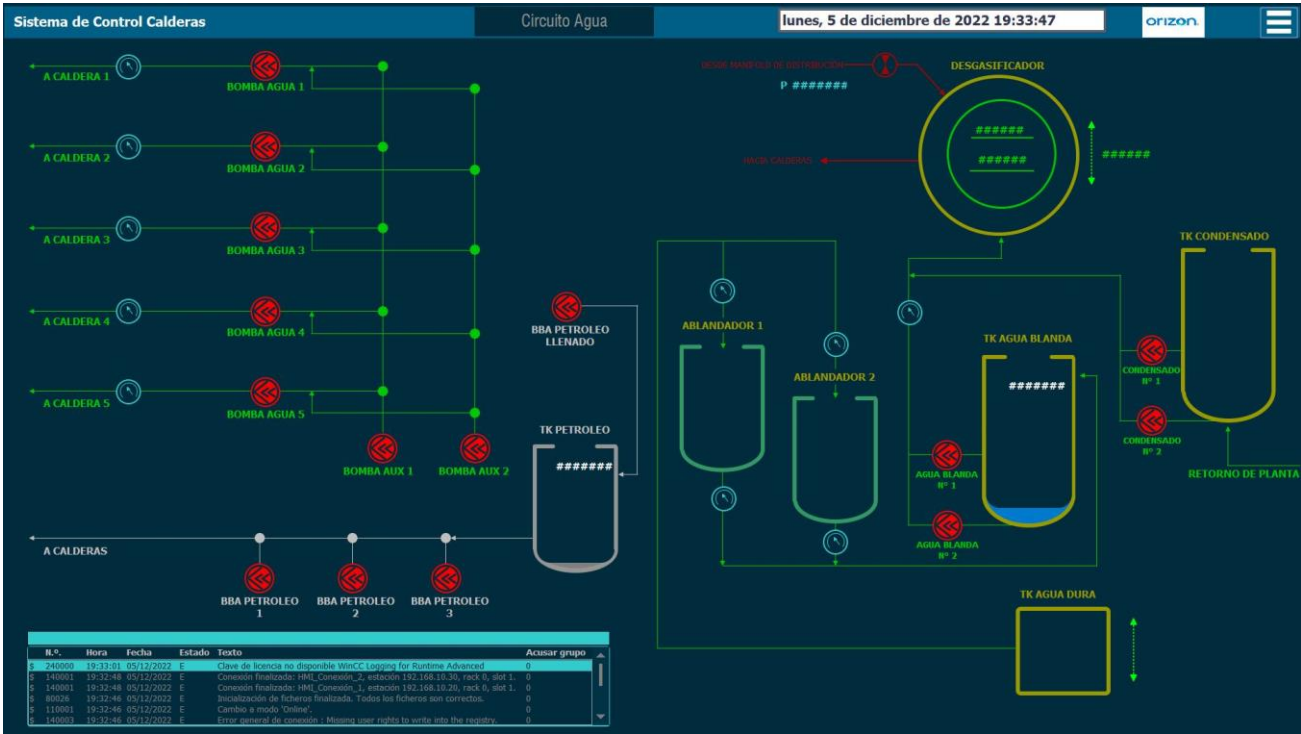
Fuente: Tía Portal V16.

Figuras 3-42 Circuito de agua de calderas sin intervención.

3.3.4 Circuito de alimentación de agua y Circuito de combustible de emergencia de calderas.

Se agregó el nombre a cada una de las bombas del circuito, se añadió el circuito de combustible con el respectivo nivel del estanque de petróleo y al presionar las bombas a controlar que son todas las bombas excepto las de condensado se despliega la correspondiente imagen emergente para el accionamiento y control de estas.

La siguiente imagen muestra la modificación y lo que se agregó a la imagen HMI.

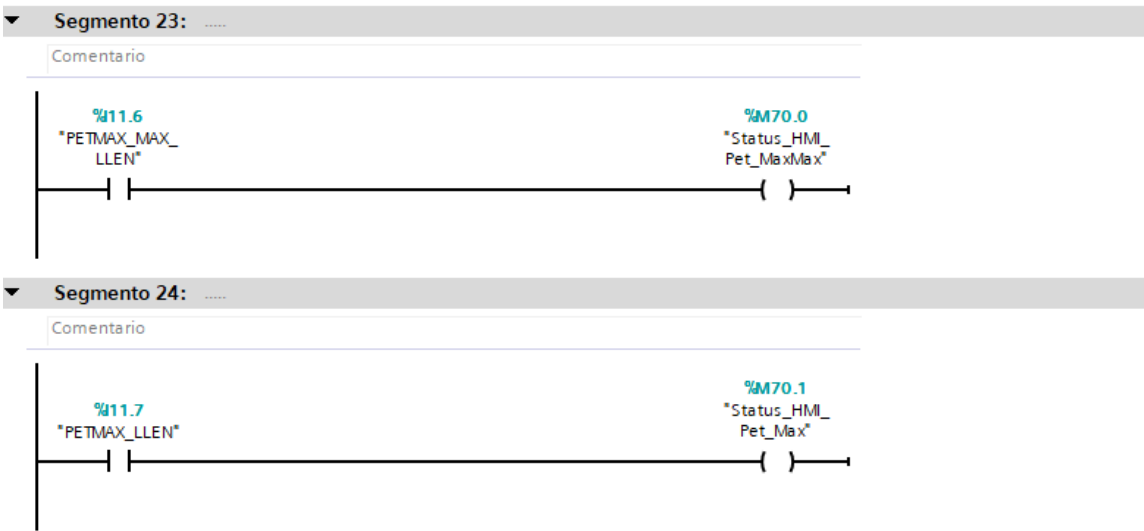


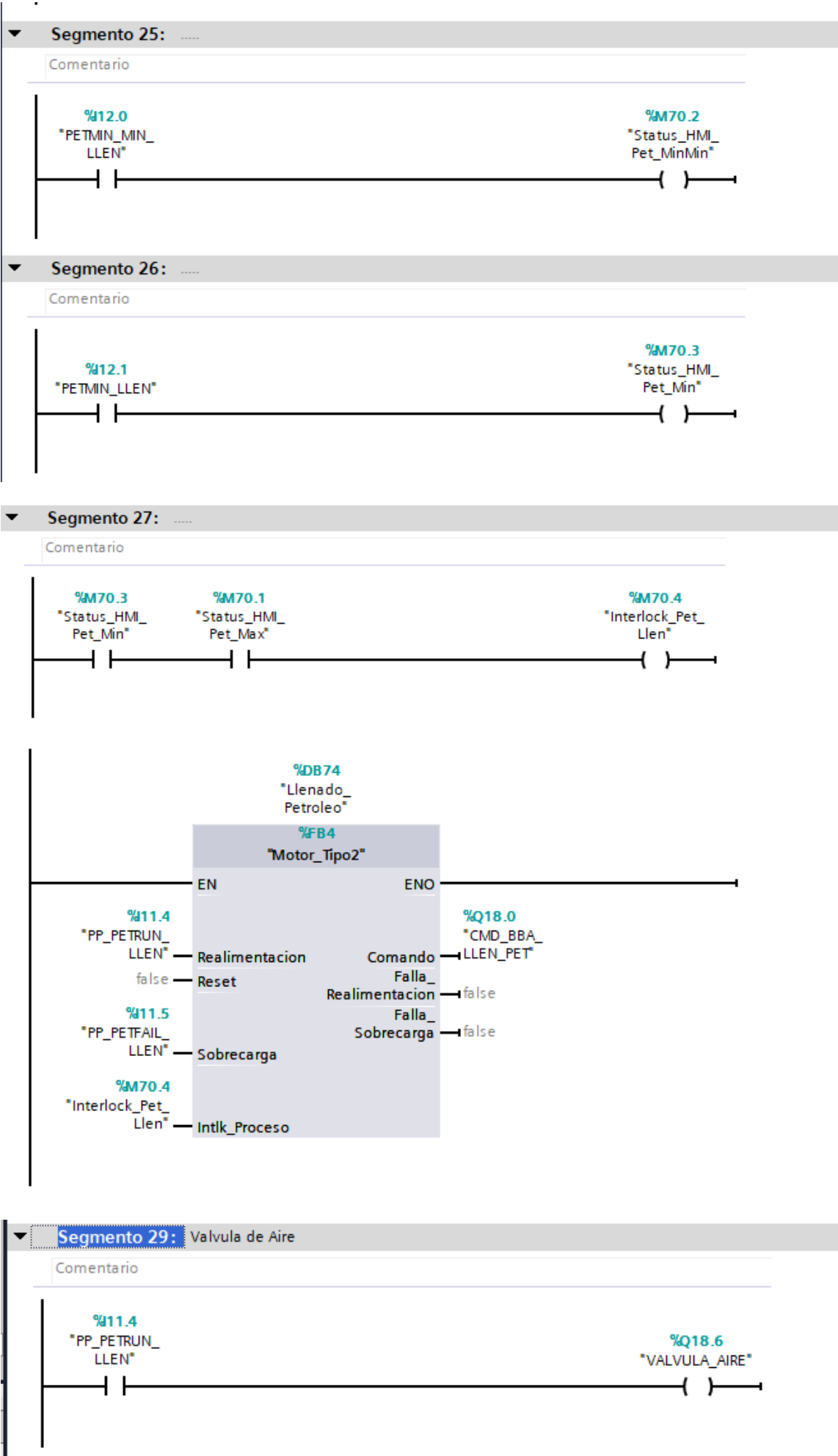
Fuente: Tía Portal V16.

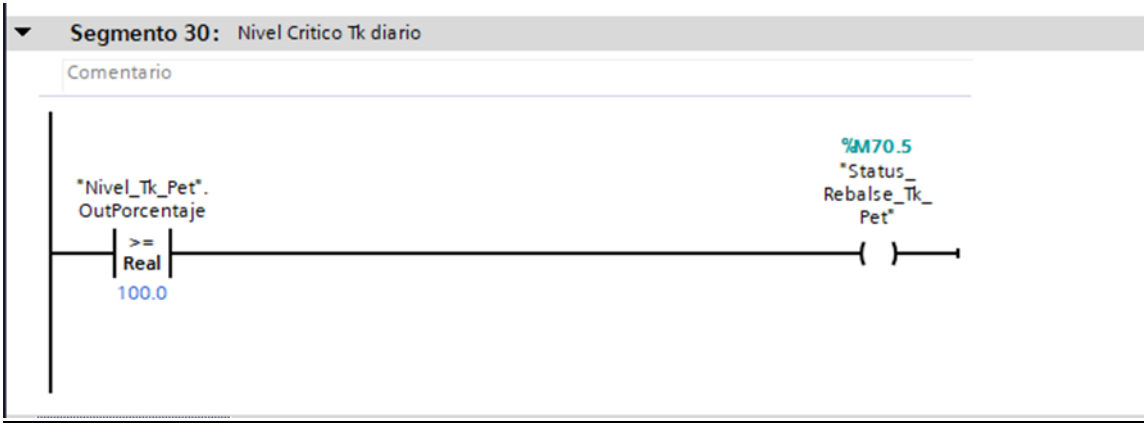
Figuras 3-43 Circuito de agua de alimentación y Circuito de combustible de emergencia de calderas.

3.3.5 Programación Ladder para conexión a HMI y lectura del nivel del estanque de petróleo.

Esta programación es para ver los datos en la HMI, visualizando el llenado del estanque respecto a la señal enviada por el sensor ultrasónico de nivel, el valor de porcentaje de llenado del estanque, lo que está leyendo el sensor en función del nivel del estanque diario de petróleo.







Fuente: Tía Portal V16.

Figuras 3-44 Programación Ladder conexión HMI llenado y visualización del estanque.

Finalizado el capítulo número 3 se logró comprender mucho mejor el control que se realiza en diferentes etapas del proceso pero que están totalmente relacionados e involucrados con el diseño e implementación del control y monitoreo que se desarrolla, también se logró entender el funcionamiento de los bloques lógicos que se utilizan en la programación Ladder en el Tía Portal V16, para posteriormente desarrollar la programación necesaria para el control y monitoreo de las bombas de agua y petróleo de calderas.

El diseño implementado en la HMI está representado claramente facilitando al operador la monitorización del proceso y también optimizando el proceso productivo de la planta.

La creación de las Pop Up entrega un control más interactivo con el operador y le permite controlar cada una de las bombas fácilmente desplegando estas imágenes emergentes utilizadas.

La programación y visualización del proceso correspondiente cumple con lo esperado para el control seguro y eficiente de la planta.

CAPÍTULO 4: IDENTIFICACIÓN Y COSTO DE LOS EQUIPOS DEL PROYECTO, PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO Y RESULTADOS OBTENIDOS.

El último capítulo de la memoria de trabajo de título tiene como finalidad, indicar los equipos y/o dispositivos que se utilizaron para la implementación del proyecto, además, de calcular el costo de estos equipos y/o dispositivos.

También se corroborarán mediante las correspondientes pruebas de funcionamiento si el diseño y la implementación benefician, optimizan el proceso y la producción de la planta, y, por último, analizar los resultados obtenidos luego del diseño e implementación del control y monitoreo de las bombas de agua y petróleo de calderas de la Pesquera Orizon Coronel.

4.1 IDENTIFICACION DE LOS EQUIPOS Y/O DISPOSITIVOS DEL PROYECTO.

Se indicarán los dispositivos y/o equipos que se utilizan en la implementación del proyecto, dando una pequeña descripción de cada uno.

4.1.1 CPU 1510SP-1 PN.

6ES7510-1DJ01-0AB0

SIMATIC DP, CPU 1510SP-1 PN para ET 200SP, Unidad central de procesamiento con Memoria de trabajo de 100 Kbyte para programa y 750 Kbyte para datos, 1.^a interfaz: PROFINET IRT con switch de 3 puertos, rendimiento de 72 bits ns, requiere SIMATIC Memory Card, BusAdapter requerido para Puerto 1 y 2.



Fuente: www.mall.industry.siemens.com.

Figura 4-1 CPU 1510SP-1 PN.

4.1.2 Simatic ET 200SP.

Se necesitan 2 sistemas de periferia descentralizada (E/S remotas).

SIMATIC ET 200SP, Módulo de interfaz PROFINET IM 155-6PN estándar, máx. 32 módulos de periferia, y 16 módulos ET 200AL, Single Hot Swapping, incl. módulo de servidor (6ES7193-6PA00-0AA0).



Fuente: www.mall.industry.siemens.com.

Figura 4-2 Simatic ET 200 SP

Módulo de entrada digital, DI 16x 24V DC Estándar, tipo 3 (IEC 61131), entrada de disipador, (PNP, lectura P), Unidad de embalaje: 1 pieza, apto para BU-tipo A0, código de color CC00, entrada tiempo de retardo 0, 05...20ms, diagnóstico rotura de hilo, diagnóstico tensión de alimentación.

6ES7 131-6BH01-0BA0: Módulo de entradas digitales DI16 x 24V DC ST; información de calidad; diagnóstico parametrizable; retardo a la entrada 0...20ms; tipo de entrada 3 (IEC 61131).



Fuente: www.mall.industry.siemens.com.

Figura 4-3 Módulo de entradas digitales.

Módulo de salida digital, DQ 16x 24V DC/0,5A Estándar, Salida de fuente (PNP, P-switching) Unidad de embalaje: 1 pieza, apto para BU-tipo A0, código de color CC00, salida de valor sustitutivo, diagnóstico de módulo para: cortocircuito a L+ y masa, rotura de hilo, tensión de alimentación.

6ES7 132-6BH01-0BA0: Módulo de salidas digitales DQ16 x 24V DC / 0,5A ST; información de calidad; diagnóstico parametrizable; valor sustitutivo para la salida; soporta PROFIenergy.



Fuente: www.mall.industry.siemens.com.

Figura 4-4 Módulo de salidas digitales.

4.1.3 Unidades básicas (Base Unit -BU).

El sistema de periferia descentralizada contiene diferentes BaseUnits. Mediante las BaseUnits se definen, entre otros, la conexión al proceso, el módulo de periferia/arrancador de motor y la entrada de la tensión de alimentación. Todas las características se pueden deducir del nombre abreviado de la BaseUnit, que se explica a continuación:

Nombre abreviado BU15-P16+A10+2D/T (ejemplo)			Características BaseUnit
Ancho del módulo	BU	15	BaseUnit de 15 mm de ancho
		20	BaseUnit de 20 mm de ancho
		30	BaseUnit de 30 mm de ancho
Conexión al proceso	P	4	- Sistema de conexión: Bornes de resorte (tipo push-in) - Número de bornes para el módulo de periferia: 4
		8	- Sistema de conexión: Bornes de resorte (tipo push-in) - Número de bornes para el módulo de periferia: 8
		16	- Sistema de conexión: Bornes de resorte (tipo push-in) - Número de bornes para el módulo de periferia: 16
Conexión a barra AUX	A	0	Sin conexión a barra AUX
		10	n = número de bornes AUX, p. ej. 10
Barras de potencial autoinstalables	2		2 bornes de resorte (push-in) para la entrada o toma de la tensión de alimentación a través de las barras de potencial autoinstalables P1, P2 (ver D, B)
	12		2 bornes de resorte (push-in) para la entrada o toma de la tensión de alimentación a través de las barras de potencial autoinstalables P1, P2 (ver D, B) 2x5 bornes Push-In adicionales (1B a 5B, 1C a 5C) para conectar otro potencial hasta una intensidad máxima de entrada de 24 V DC/10 A
	0		Sin bornes que tengan acceso a las barras de potencial autoinstalables P1, P2
		B	- Continuidad del grupo de potencial - Toma de la tensión de alimentación para componentes externos o redistribución con una corriente total de 10 A por grupo de potencial
		D	- Abrir un nuevo grupo de potencial - Entrada de la tensión de alimentación hasta una intensidad máxima de entrada de 10 A
Funciones adicionales	T		Sensor de temperatura integrado para la compensación de la temperatura de unión fría en termopares

Fuente: www.mall.industry.siemens.com.
Tabla 4-1 Características de las BaseUnit.

Recomendaciones:

Si conecta en la BaseUnit una tensión nominal de alimentación mayor de la indicada en los datos técnicos, pueden producirse estados peligrosos en la instalación o una avería en los componentes del ET 200SP. Por ello, en la BaseUnit solo debe conectarse la tensión nominal de alimentación indicada (véanse los datos técnicos). La tensión de alimentación conectada debe coincidir con la tensión nominal de alimentación de los módulos de periferia que se encuentran en el grupo de potencial. Si se conecta en la BaseUnit una

tensión de red, hay que cerciorarse de que la fase de todas las restantes tensiones de alimentación de la BaseUnit coincida con la de la red de alimentación.

Se utilizarán dos BaseUnits, las cuales son las siguientes:

6ES7 193-6BP00-0BA0: Base tipo BU AO, sin bornes Aux, oscura.

SIMATIC ET 200SP, BaseUnit BU15-P16+A0+2B, BU tipo A0, Bornes de resorte de inserción rápida, sin bornes AUX, puenteados hacia la izquierda, An x Al: 15 x 117 mm.



Fuente: www.mall.industry.siemens.com.

Figura 4-5 6ES7 193-6BP00-0BA0: Base tipo BU AO, sin bornes Aux, oscura.

6ES7 193-6BP00-0DA0: Base tipo BU AO, sin bornes Aux, Clara.

SIMATIC ET 200SP, BaseUnit BU15-P16+A0+2D, BU tipo A0, bornes push-in, sin aux. terminales, nuevo grupo de carga, An x Al: 15x 117 mm.

Esta BU alimenta un grupo de tarjetas de entrada y salidas digitales.



Fuente: www.mall.industry.siemens.com.

Figura 4-6 6ES7 193-6BP00-0DA0: Base tipo BU AO, sin bornes Aux, clara.

4.2 COSTO DE LOS EQUIPOS Y/O DISPOSITIVOS IMPLEMENTADOS.

La siguiente tabla muestra el hardware utilizado para el proyecto, lo que este marcado en amarillo es el PLC, el cual ya está siendo utilizado en la planta y será en el cual se creará y diseñará la programación y visualización del control y monitoreo de las bombas de alimentación de agua y petróleo de calderas para ser agregada al código y SCADA existentes.

Como ya se cuenta con este equipo no es tomado en cuenta en el costo total del proyecto, de manera de información se agregó en la tabla con su respectivo costo.

Código	Unidad	Cantidad	Costo Unitario (\$ dólar)
6ES7 131-6BH01-0BA0	CU	3	\$221
6ES7 132-6BH01-0BA0	CU	1	\$256
6ES7 134-6GD01-0BA1	CU	1	\$345
6ES7 193-6BP00-0BA0	CU	3	\$38
6ES7 193-6BP00-0DA0	CU	2	\$68
6ES7 155-6AU01-0BN0	CU	2	\$462
6ES7 510-1DJ01-0AB0	CU	1	\$ 1276

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4-2 Precios de equipos y/o dispositivos utilizados.

El costo total obtenido para el proyecto, tomando en consideración lo mencionado anteriormente es de \$ 2.438 USD. En peso chileno corresponde a \$1.993.089.

El valor de 1 dólar equivale a \$815,30 pesos chilenos.

La fecha de este cálculo, corresponde al día 20-01-2023.

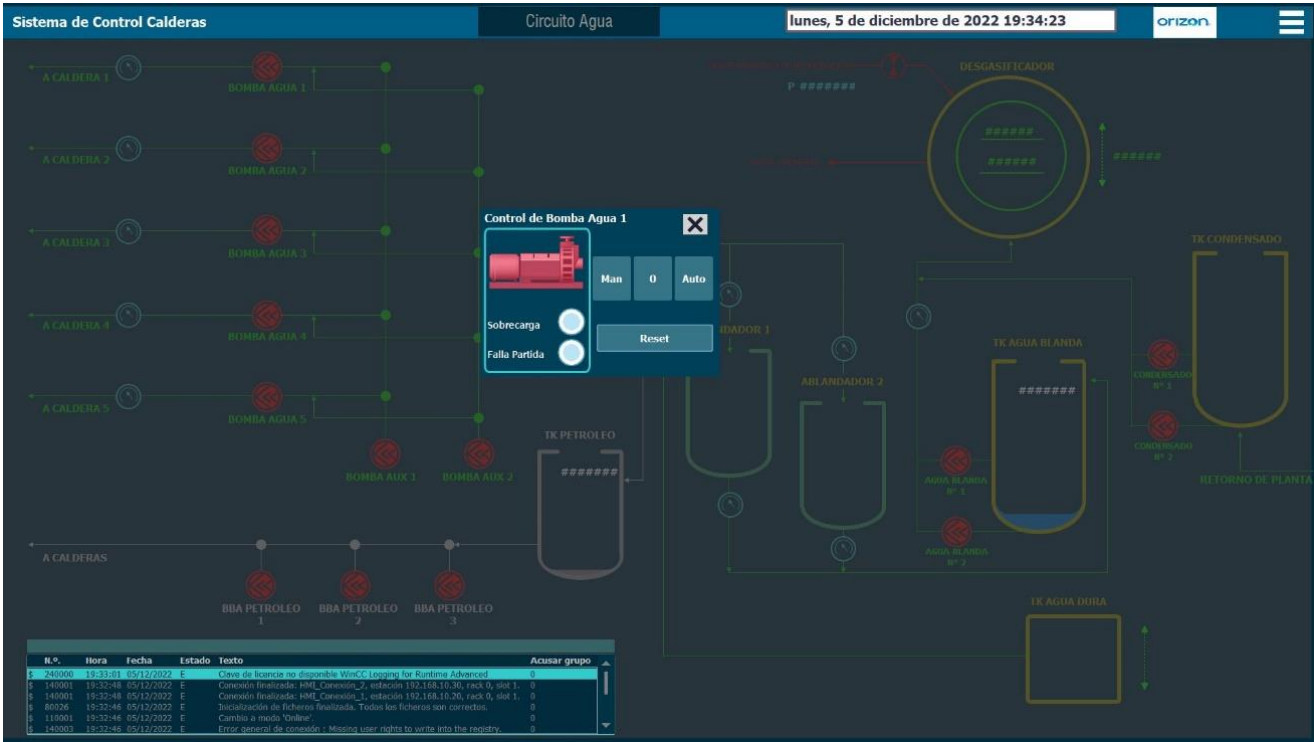
4.3 PRUEBA DE FUNCIONAMIENTO DE LA PROGRAMACION Y VISUALIZACIÓN DEL PROYECTO.

Al cargar el programa al PLC y establecer la comunicación en planta observamos todas las variables con sus correspondientes mediciones, temperatura, presión, flujo, nivel, y, comparamos con los valores arrojados por el instrumento montado en campo. Así comprobamos los correctos escalamientos de señales, la correcta lectura del instrumento, correcto control de bombas con respecto a la pantalla.

El funcionamiento de la programación y visualización del proyecto funciona correctamente, implementándose en planta integrando al SCADA el control de las bombas y mostrando el nivel del estanque diario de petróleo, y todas las demás variables del proceso que ya cuentan con su programación y visualización que correspondía al SCADA sin intervención mostrado anteriormente.

El control de las bombas de agua y petróleo de calderas se lleva a cabo correctamente sin tener ningún problema al respecto.

Ahora la supervisión y control de todo lo que conlleva este sistema se realiza desde la nueva sala de control donde se encuentran las pantallas correspondientes para el control y monitoreo del sistema.



Fuente: Wincc Advanced.

Figura 4-7 Imagen HMI general y despliegue de Pop Up de control de bombas.



Fuente: Wincc Advanced.

Figura 4-8 Imagen HMI general y despliegue de Pop Up de control de bombas.

4.4 RESULTADOS OBTENIDOS.

Finalizada la programación y visualización del proyecto los resultados son excelentes, ya que se cumple con la optimización del control y monitoreo del proceso, aumenta la seguridad tanto para los trabajadores y para la producción de la planta, dado que la supervisión y control de los parámetros involucrados en el proceso son más fácil de monitorear. El control necesario para la realización del proyecto se integró sin problemas al SCADA, creando los bloques, variables, imágenes, dispositivos de red necesarios en los softwares.



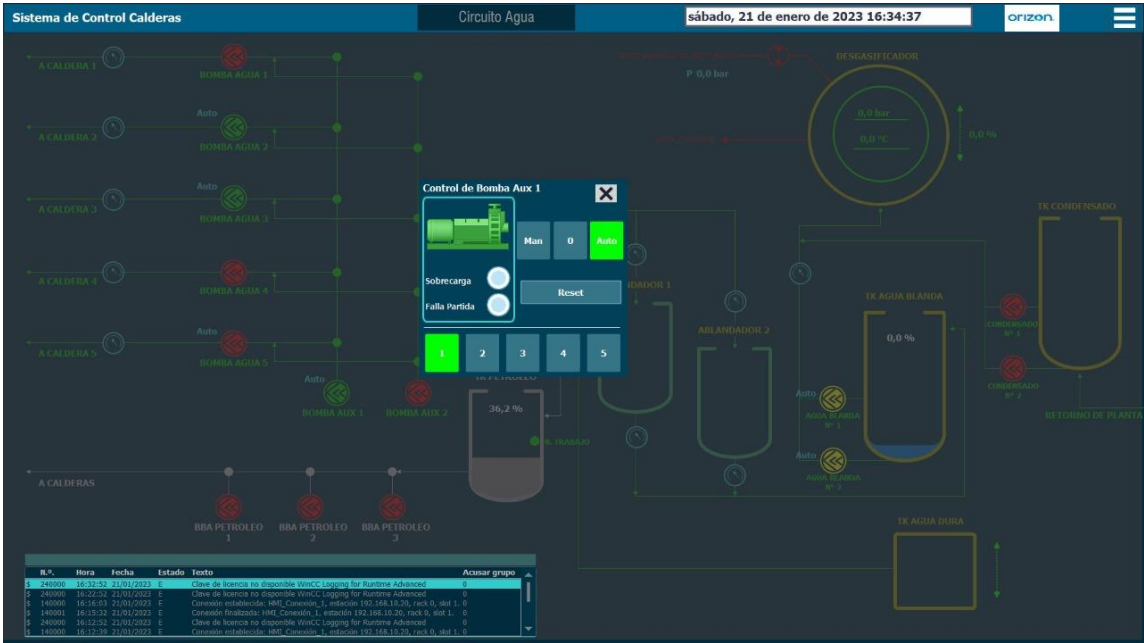
Fuente: Imagen tomada en planta.

Figura 4-9 Tablero de control, con PLC S7-1500 (existente), al cual se agregaron módulos digitales, Base unit y remotos para el diseño e implementación del control de bombas de agua y petróleo y nivel del estanque diario de petróleo.



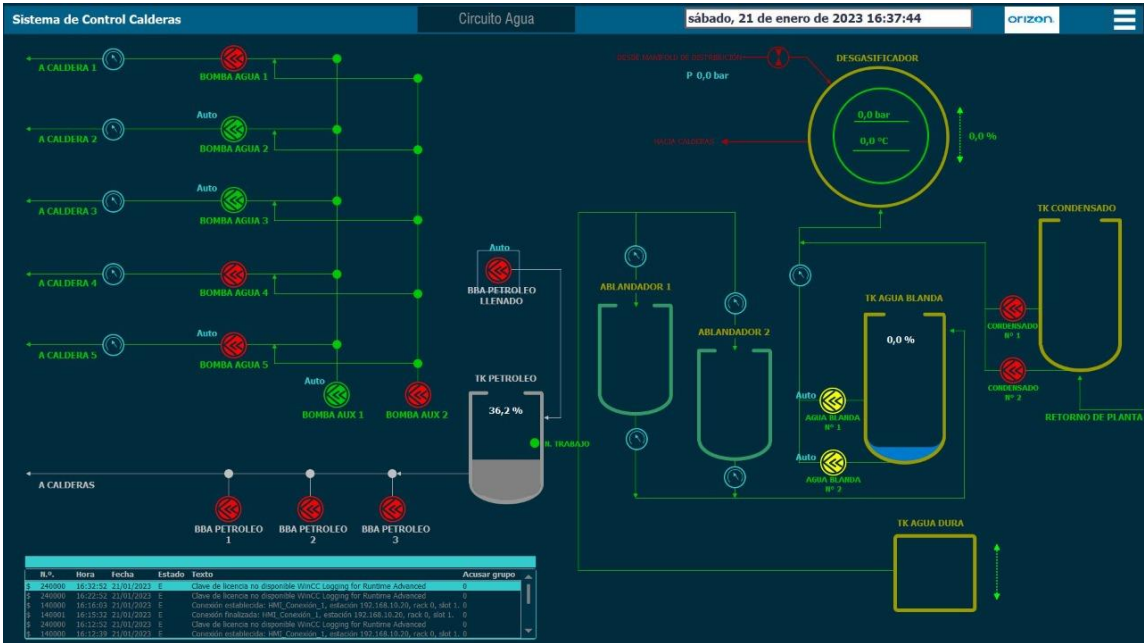
Fuente: Imagen tomada en planta.

Figura 4-10 Simulación en el computador que cargara el programa al PLC.



Fuente: Imagen tomada en planta.

Figura 4-11 Imagen mostrada para el control de las bombas.



Fuente: Imagen tomada en planta.

Figura 4-12 SCADA con la visualización del circuito de agua y petróleo de calderas.

Respecto al costo del proyecto, en la adquisición del hardware no hubo mayores problemas con el precio, ya que está dentro de los valores correspondientes a este tipo de trabajos, no obstante, los ahorros en tiempo y fallas leves o graves que se puedan generar en el sistema durante el transcurso, se recomfortarán con el paso del tiempo.

Lo más importante es la optimización que se genera en la producción de la planta, ya que al tener la supervisión y control de la mayoría del proceso, se logra disminuir las

detenciones de la producción de la pesquera por alguna falla del sistema y también esto permite mejorar la eficiencia del proceso por ende la producción, de la materia prima de la planta. A un mes de la implementación no se ha presentado detenciones en el sistema, a diferencia del mes anterior que, si habían surgido dos imprevistos en la operación de las calderas, esto se puede relacionar a la monitorización constante de todas las variables involucradas y la rapidez que esto brinda para actuar ante cualquier fluctuación anormal en el sistema.

CONCLUSIÓN

El objetivo general de la memoria de título es la implementación de un sistema de monitoreo y control de las bombas de agua y petróleo correspondiente a las cinco calderas de la pesquera Orizon Coronel. Este objetivo se logró desarrollando los objetivos específicos que conllevan a la realización general del proyecto.

La integración del control de las bombas mejora la productividad de la planta en un 15 % aproximadamente dado a que el control y monitoreo nos permite actuar de manera más rápida al momento de cualquier emergencia en el proceso, agilizando la respuesta ante imprevistos en el sistema.

La visualización del proceso en si permite, cada día obtener información que se ira comparando, con lo cual se podrán sacar conclusiones del porque hay días que las calderas funcionan de manera más eficiente que otros días, esto ayuda a sacar el máximo de eficiencia de producción de vapor en las calderas, mejorando las etapas para la obtención del producto final.

El diseño de la programación en Ladder en Tía Portal V16 y del SCADA en Wincc Advanced optimiza la supervisión y control del proceso de calderas, brinda mayor seguridad tanto al trabajador como a la empresa, reduce las detenciones por fallas de operación que alteran la productividad de la planta.

El funcionamiento de la programación que se realizó, escalamientos, creación de bloques y lógica, la creación de imágenes para la representación del SCADA, el despliegue de las imágenes emergentes, la lectura de las señales y la entrega de los valores de las variables se comprendió muy bien.

Los dispositivos y/o equipos identificados cumplen con los requerimientos del proyecto, se identificó y describió cada uno con sus especificaciones técnicas correspondientes.

El cálculo del costo total salió dentro del rango de valores de proyectos de este ámbito, por ende, la implementación resulta una inversión a mediano plazo que día a día traerá consigo una mejora continua para el sistema, la productividad de la planta y los trabajadores, ya que, optimiza el trabajo, mejora la seguridad del proceso, mediante registros podemos obtener mayores conclusiones y mejorar el sistema.

Este proyecto mejora la continuidad del proceso, reduciendo aproximadamente el 80% de las detenciones de la planta, ya sea por problemas de operación, desajustes de parámetros, problemas de seguridad entre otros factores, algo muy favorable para la producción de la planta.

También existe una mejora para los planes de mantenimiento de calderas, ya que al tener monitoreo y control de todos los parámetros involucrados en el proceso, la intervención

de mantención será en el momento adecuado, ya que gracias a la visualización del SCADA se podrá saber en qué momento preciso actuar.

Hay distintos tipos de soluciones que se pueden dar para este proyecto, como, por ejemplo, el tipo de comunicación a utilizar podría ser otro, aunque Profinet es una comunicación más rápida y flexible.

Se sugiere analizar la posibilidad de agregar un variador de frecuencia para el control del ingreso de aire para la combustión, ya que esto automatiza más aun el proceso y puede ser de gran ayuda en la mejora de la eficiencia del sistema.

A modo de recomendación, lo más inteligente es ir añadiendo de forma progresiva los sistemas adicionales para optimizar cada vez más el sistema y alcanzar la eficiencia y eficacia máxima.

Registrar diariamente los parámetros para comprender el funcionamiento de la caldera y analizar e identificar los momentos que se producen variación en el proceso que altera la eficiencia del sistema.

BIBLIOGRAFÍA

Sanz del amo, Manuel. (2018). Manual práctico del operador de calderas industriales. España, Madrid. Editorial Paraninfo.

Kohan, Anthony Lawrence. (2000). Manual de calderas: principios operativos de mantenimiento, construcción, instalación, reparación, seguridad, requerimientos y normativas. España, Madrid. Editorial McGraw-Hill.

Decreto 10 Minsal. (2019). Análisis del reglamento de calderas de vapor y equipos que utilizan vapor de agua. Chile, Santiago. Editorial SCS Capacitación LTDA.

Marcos Ruiz, Walter Ruiz, Walter Capeletti. (2020). Generadores de vapor. Universidad Tecnológica Nacional, Facultad Regional Reconquista, Argentina, Buenos Aires.

Francisco Javier Jaramillo Méndez. (2016). Tesis evaluación de estrategias de producción aplicadas a una planta pesquera. Universidad de Concepción, Chile, Facultad de Ingeniería, Departamento de Ingeniería Industrial.

LINKOGRAFÍA

Siemens. Guía rápida, Control industrial (2022). Digital Factory División.
<http://www.industry.siemens.com/home/aan/es/chile>.

Pedro Abarca Bahamondes. Agua de alimentación de calderas. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgltclefindmkaj/https://www.achs.cl/docs/librariesprovider2/empresa/centro-de-fichas/trabajadores/agua-de-alimentacion-de-calderas.pdf?sfvrsn=5d93dcf2_0.

Spirax Sarco Limited. (2023). Generación de vapor y sala de calderas.
<https://www.spiraxsarco.com/global/es-CL/products/boiler-controls-and-systems>

Tecnopl.com. (2020). Tipos de bloques en Tía portal descripción y funcionamiento,
<https://www.tecnopl.com/tipos-de-bloques-en-tia-portal-descripcion-y-funcionamiento/>.

Euro Air (2022). Componentes y elementos principales de una caldera.
<https://www.euroair.es/blog/partes-de-una-caldera/>. España, Madrid.

Estrucplan. (2011). Partes de una caldera. <https://estrucplan.com.ar/partes-principales-que-componen-una-caldera/>.

Julio Herrera y Obes (2020). <https://www.infopesca.org/>. Uruguay, Montevideo.