

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA
SEDE QUITO

CARRERA:

INGENIERÍA ELECTRÓNICA

Trabajo de titulación previo a la obtención del título de:

INGENIERO ELECTRÓNICO

TEMA:

**ESTUDIO DE INGENIERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL ÁREA DE
BOMBA DE AGUA NÚMERO 1 DE LA CELEC EP TERMOESMERALDAS I**

AUTOR:

JOHN JAIRO GARCÍA ARCENTALES

TUTORA:

LUISA FERNANDA SOTOMAYOR REINOSO

Quito, septiembre de 2017

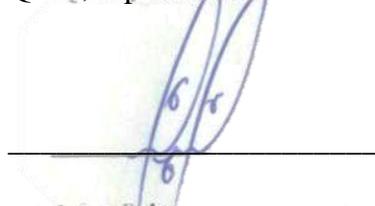
CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR

Yo autorizo John Jairo García Arcentales, con número de identificación N° 0802400606, manifiesto mi voluntad y cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos los autores del trabajo de titulación: “ESTUDIO DE INGENIERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL ÁREA DE BOMBA DE AGUA NÚMERO 1 DE LA CELEC EP TERMOESMERALDAS I”, mismo que ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Electrónico, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En la aplicación a lo determinado por la Ley de Propiedad Intelectual, en nuestra condición de autores nos reservamos los derechos morales de la obra antes citada. En concordancia, suscribimos este documento en el momento que hacemos entrega del trabajo final en formato impreso y digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica.

Además, declaro que los conceptos, análisis desarrollados y las conclusiones del presente trabajo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Quito, septiembre de 2017

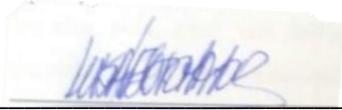


John Jairo García Arcentales
C.I. 0802400606

DECLARATORIA DE AUTORÍA DE LA DOCENTE TUTORA

Yo declaro que bajo mi dirección y asesoría fue desarrollada el trabajo de la titulación, **ESTUDIO DE INGENIERÍA PARA LA AUTOMATIZACIÓN DEL ÁREA DE BOMBA DE AGUA NÚMERO 1 DE LA CELEC EP TERMOESMERALDAS I**, realizado por John Jairo García Arcentales, obteniendo un producto que cumple con todos los requisitos estipulados por la Universidad Politécnica Salesiana, para ser considerados como trabajo final de titulación.

Quito, septiembre de 2017



Luisa Fernanda Sotomayor Reinoso
CI. 1710953967

DEDICATORIA

Mi tesis es el resultado del esfuerzo, dedicación, responsabilidad y motivación que encontré cada día durante mi carrera universitaria, con el fin de agradecer a mi familia por esforzarse y ayudarme a cumplir uno de los objetivos más importante de mi vida.

Este Trabajo de Titulación dedico a Dios, en primer lugar, para de esta forma agradecerle por darme una familia que me permitió vivir esta magnífica experiencia de estudiante universitario. Ellos fueron mi motivación la cual fue recompensada en una entrega continua y constante para poder obtener mi título universitario; por esta razón, también va dedicado este esfuerzo a *Víctor García* por enseñarme a ser una persona responsable, agradecida, perseverante, educada y servirme de inspiración para obtener mis metas y sueños motivándome con su ejemplo, a *Sandra Arcentales* por demostrarme que el amor, alegría, cariño nunca se pierden; independientemente de la situación en la que nos encontremos, siempre tendremos una razón para agradecer y ser felices, a *Sandy García* por enseñarme que podrán pasar muchos amigos por nuestra vida, pero una hermana siempre estará contigo, a *Gherald García* por recordarme que la familia es lo más importante y es el pilar fundamental de cada persona y a *Mariaeugenia Mina* por su ejemplo de vida con el cual me enseñó a quererla como la hermana mayor que nunca tuve.

Muchas gracias, también a las personas que sin nombrarlas (amigos, compañeros de universidad, tíos y primos), siempre estuvieron presentes brindándome su ayuda y apoyo.

Gracias.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

Cesión de derechos de autor.....	ii
Declaratoria de autoría de la docente tutora.....	iii
Dedicatoria	iv
Índice de contenidos.....	v
Índice de figuras.....	vii
Índice de tablas.....	viii
Resumen.....	ix
Abstract	x
Introducción	11
CAPÍTULO 1	12
1. ANTECEDENTES.....	12
1.1 Tema del proyecto	12
1.2 Justificación.....	12
1.3 Delimitación	13
1.3.1 Delimitación temporal.....	13
1.3.2 Delimitación espacial	13
1.4 Planteamiento del problema	13
1.5 Objetivos	14
1.5.1 Objetivo general	14
1.5.2 Objetivos específicos	14
1.6 Beneficiarios finales	14
CAPÍTULO 2	15
2. CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA	15
2.1 Descripción del sistema de bombas de agua celec ep termoesmeraldas 1 ..	16
2.2 Tanque de oscilación del desaireador.....	18
2.3 Sistema de bombas de agua de alimentación	19
2.4 Bomba bostear centrifuga de flujo axial de una etapa.....	19
2.5 Bomba centrifuga de flujo axial de múltiples etapas	21
2.6 Motor asíncrono de inducción tipo jaula de ardilla.....	24
2.7 Sistema auxiliar de lubricación	25
2.8 Línea de recirculación o flujo mínimo	26
2.9 Conjunto de alarmas del sistema agua alimento	27
CAPÍTULO 3	29
3. DISEÑO DEL SISTEMA.....	29

3.1	Levantamiento y diseño de planos p&id	29
3.2	Levantamiento y diseño de planos eléctricos	30
3.3	Diseño de software	32
3.4	Entradas y salidas del proceso de bombeo de agua.....	37
3.5	Controlador lógico programable (plc) utilizado para la simulación.....	38
3.6	Fuente de alimentación.....	39
3.7	Unidad central de proceso	39
3.8	Módulos de entrada/salida.....	40
3.9	Módulo de comunicación	41
3.10	Diseño e implementación del hmi	41
CAPÍTULO 4		49
4.	PRESUPUESTO Y ANÁLISIS	49
4.1	Costo de mantenimiento anual del área electrónico	49
4.2	Costos de producción de agua desmineralizada	49
4.3	Costos implícitos de instalación	49
4.4	Costos explícitos de equipos.	51
4.5	Beneficio confiabilidad y productividad	51
4.6	Costo / beneficio.....	53
CAPÍTULO 5		55
5.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
5.1	Conclusiones	55
5.2	Recomendaciones	57
6.	Lista de referencias	58
7.	Anexos	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1.1. Ubicación Termoesmeraldas	13
Figura 2.1. Esquema de funcionamiento de la bomba de Agua.....	17
Figura 2.2. Tanque de oscilación del desaireador.	18
Figura 2.3. Bomba boostear LP1.....	20
Figura 2.4. Curva característica del rendimiento en función del caudal.....	20
Figura 2.5. Curva característica del caudal con la potencia hidráulica de la bomba HSD 152.....	21
Figura 2.6. Bomba principal.....	23
Figura 2.7. Curva característica de rendimiento en funciona al caudal de la bomba 6 WT 129.....	23
Figura 2.8. Curva característica de caudal vs potencia hidráulica	24
Figura 2.9. Motor ERCOLEMARELLI.....	25
Figura 2.10. Sistemas de auxiliar de lubricación	26
Figura 2.11. Línea de recirculación o flujo mínimo.....	27
Figura 3.1. Plano P&ID del sistema de bombas	29
Figura 3.2. Sistema de lubricación de bombas.....	30
Figura 3.3. Tablero de distribución	31
Figura 3.4. Conexiones de sensores	31
Figura 3.5. Módulos de entradas	32
Figura 3.6. Indicadores de presión	33
Figura 3.7. Setpoint de alarmas.....	34
Figura 3.8. Conjunto de alarmas	35
Figura 3.9. Control On-Off	36
Figura 3.10. Test flujo.....	36
Figura 3.11. Niveles de tanques	37
Figura 3.12. HMI y PLC Honeywell.....	38
Figura 3.13. Fuente de alimentación	39
Figura 3.14. Entradas analogicas	40
Figura 3.15. Entradas analogicas	41
Figura 3.16. Pantalla principal	42
Figura 3.17. Bomba boostear LP2	43
Figura 3.18. Bomba Principal LP1.....	44
Figura 3.19. Niveles de tanques	45
Figura 3.20. Control de válvula FCV-102 A.....	46
Figura 3.21. Pantallas de alarmas.....	47
Figura 3.22. Setpoint de alarmas.....	48
Figura 3.23. Registro de alarmas.....	48
Figura 4.1. Cronograma de instalación equipos nuevos.	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 2.1. Características técnicas bomba bostear	19
Tabla 2.2. Características técnicas bomba principal,	22
Tabla 2.3. Características técnicas de motor ERCOLRMSTRLLI	25
Tabla 3.1. Entradas y salidas del sistema	37
Tabla 4.1. Costo hora de mantenimiento	49
Tabla 4.2. Costos de los nuevos equipos.....	51

RESUMEN

El Trabajo de Titulación “Estudio de ingeniería para la automatización del sistema de bombas N°1 CELEC EP TERMOESMERALDAS 1”. Es un trabajo de investigación que busca dar soluciones claras y precisas a un ambiguo sistema de monitoreo, supervisión y control con el que cuenta el sistema de bombas, el cual ha funcionado desde, aproximadamente, 20 años sin realizársele ninguna mejora, de tal forma que causa diversas dificultades por parte del personal encargado de laborar en dicha área. Uno de los errores es la verificación de datos dentro del panel de monitoreo. Este panel cuenta con un conjunto de elementos de instrumentación que deben ser revisados, constantemente, para verificar su correcto funcionamiento, muchos de estos deben ser reemplazados por nuevos equipos, aquellos que, al ser diferentes en su forma física, dificultan su nuevo montaje en el panel de monitoreo, estos cuentan con unidades de medida diferentes en muchos de los casos. A su vez, se desarrolló un conjunto de pantallas interactivas hacia los operadores que brinden la posibilidad de dar soluciones al sistema de monitoreo actual. Aquello permite desaparecer dichos inconvenientes antes detallados y resolver nuevas inquietudes descubiertas durante el proceso de investigación. La instalación de un PLC con un HMI como soluciones más viables al sistema de bombas hace necesario la reposición de los elementos actuales de instrumentación por elementos de rangos de medidas de 4 a 20 mA y el desarrollo de planos eléctricos y de P&ID que brinden la facilidad hacia el personal encargado de la instalación.

Palabras claves: estudio, automatización, área, bomba, agua, termoeléctrica

ABSTRACT

The work of qualifications " engineer's Study for the automation of the system of bombs N°1 CELEC EP TERMOESMERALDAS 1 " is a work for research that seeks to give clear and precise solutions to an ambiguous system of monitoring, supervision and control with which it counts the system of bombs, which to worked from approximately 20 years without no improvement realize, of such a form causes diverse difficulties on the part of the personnel entrusted to work in the above mentioned area one of the mistakes is the check of information inside the panel of monitoring. This panel possesses a set of elements of instrumentation that they must be checked constant to check its correct functioning, many of these must be replaced for new equipments, those that Many of these must be replaced by them for new equipments, those that, to the being different in its physical form, its new assembly impedes in the panel of monitoring, these possess different units from measure in much of the cases. However, develop a set of interactive screens towards the operators who offer the possibility of giving solutions to the system of current monitoring. That one allows to eliminate inconvenient sayings before detailed and to solve new worries discovered during the process for research. The installation of a PLC with a HMI like more viable solutions to the system of bombs makes necessary the reinstatement of the current elements of instrumentation for elements of ranges of measures from 4 to 20 mA and the development of electrical planes and of P&ID that offer the facility towards the personnel in charge of the installation.

Keywords: study, automation, area, pump, water, thermoelectric

INTRODUCCIÓN

La Central Térmica Termoesmeraldas I fue constituida con escritura pública el 16 de diciembre de 1998. La empresa Termoesmeraldas S.A. inicia formalmente sus actividades comerciales a cargo de INECEL el 1 de agosto de 1982 como uno de los objetivos de la política energética gubernamental.

Es una central térmica a vapor con una potencia de diseño de 132 MW, es ubicada en la Provincia de Esmeraldas. Genera energía termoeléctrica por medio de la combustión de fuel oil No. 6 suministrando por la refinería de Esmeraldas. Debido a la información contable de INECEL se da paso a un proceso de liquidación, resolviendo constituir la Compañía de Generación Termoeléctrica Esmeraldas Sociedad anónima formando parte del sector eléctrico que declara la liquidación del Instituto Ecuatoriano de Electrificación. La Central Térmica Termoesmeraldas I fue fabricada por MARELLI con una capacidad continua de generación 155.882 KVA cumpliendo estándares internacionales.

En el capítulo uno se detalla el tema a desarrollarse en el proyecto de titulación, los objetivos, la justificación que hace que este proyecto sea necesario realizarse, las delimitación académicas, físicas y espaciales con las que cuenta el sistema de bombas de agua N°1 dentro de CELEC EP TERMOESMERALDAS 1.

En el capítulo dos, se detallan los equipos principales que constituyen el sistema de bombas de agua N°1 CELEC EP Termoesmeraldas, en donde se procederá a desarrollar el estudio de ingeniería.

En el capítulo tres, se detallan los planos, diseños y esquemas desarrollados para la instalación del nuevo sistema de monitoreo, supervisión y control del conjunto de bombas de agua N°1 CELEC EP Termoesmeraldas 1, en donde se procede a desarrollar el estudio de ingeniería.

En el capítulo cuatro, se detalla el presupuesto estimado de cada uno de los componentes electrónicos y eléctricos a usarse basado en proformas de los principales proveedores de la empresa CELEC EP TERMOESMERALDAS 1, y el beneficio que representa su implementación.

CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1.1 Tema del proyecto

Estudio de ingeniería para la automatización del área de bomba de agua número 1 de la CELEC EP TERMOESMERALDAS I.

1.2 Justificación

En CELEC EP TERMOESMERALDAS I el sistema de bombas de agua fue diseñado para trabajar a temperaturas inferiores a 90°C (datos recogidos en la empresa) y así los sensores, actuadores y controladores que en conjunto conforman el Área de bombas de agua 1 no sufran daño. Sin embargo, el sistema con el que se encuentra funcionando actualmente hace que el proceso de automatización dentro del área esté generando confusión por parte de los operadores y supervisores del área.

Los elementos (sensores, actuadores y PLCs) presentan una tecnología ambigua que no le permite al Área de bomba de agua número 1 funcionar de manera eficiente, por citar un ejemplo, los manómetros de presión de la marca Spriano o Ashcroft que se encuentran instalados actualmente, cuentan como características tales como exactitud ± 1 psi en rangos de presión de 1000 psi hasta 15000, pero a pesar de sus grandes ventajas estos aparatos actualmente ya cumplieron su tiempo de vida útil en el área de bombas de agua 1, generan errores de lectura, sin ir más allá actualmente en el mercado hay manómetros de marca DVGW los cuales permiten realizar la misma función, pero adicional incorporan contactos electrónicos para aplicaciones con PLC, y esta característica como tal permitirá a la empresa mejorar su proceso de instrumentación dentro del Área de bombas de agua 1 dando un mejor lazo de control que permita corregir oportunamente el aumento o disminuciones de caudal, hacia los diferentes procesos de generación eléctrica dentro de la empresa.

El sistema de bombas de agua se encuentra fallando continuamente, pero al momento de realizar un análisis y un diseño que permita instalar a futuro un sistema de monitoreo moderno y eficiente hará que el número de operadores a cargo del sistema de bombas de agua 1 se reduzca generando un ahorro económico a la producción eléctrica dentro de CELEC EP TERMOESMERALDAS y a su vez el mantenimiento preventivo sería menos frecuente.

Mediante el análisis y diseño se tomará en cuenta cada una de las actuales falencias del sistema con el propósito de ser corregidas de la manera eficiente y eficaz sin alterar su desarrollo. Se estudiarán cada una de ellas de manera independiente con el objetivo de que tanto los operadores y la empresa sean los beneficiarios de un moderno sistema de monitoreo y supervisión.

1.3 Delimitación

1.3.1 Delimitación temporal

El presente estudio de ingeniería para la automatización del Área de bomba de agua número 1 de la CELEC EP termoesmeraldas, tendrá una duración de 4 meses empezando el 14 de abril de 2017 hasta el 30 de agosto 2017.

1.3.2 Delimitación espacial

Este proyecto de titulación se realizará para la empresa CELEC EP TERMOESMERALDAS, que está ubicada vía Atacames km 7 1/2 frente a la Refinería Esmeraldas.



Figura 1.1. Ubicación *Termoesmeraldas*

1.4 Planteamiento del problema

El sistema de automatización e instrumentación con el que cuenta la empresa CELEC EP TERMOESMERALDAS 1, permite trabajar de una manera ineficiente a sus operadores. Los errores en registrar datos son muy comunes al momento de supervisar el sistema de bomba de agua 1, estos errores se basan en los parámetros de diseño iniciales realizados el 1 de agosto de 1982. Los datos inexactos recogidos por los

operarios no permiten determinar la presión y temperatura con la que el agua se envía a la caldera, esto genera un margen de error cercano al ± 7 (psi y °C) %, basado en datos recogidos en el departamento de instrumentación y automatización de la Termoemeraldas.

El lazo de control que se encuentra funcionando genera la activación de falsas alarmas por el proceso de suministro de agua hacia los diferentes procesos que en conjunto generan electricidad dentro de la empresa.

1.5 Objetivos

1.5.1 Objetivo general

Realizar un estudio de ingeniería para la automatización del área de bomba de agua número 1 de la CELEC EP TERMOESMERALDAS.

1.5.2 Objetivos específicos

- Caracterizar el sistema de bombas de agua número 1 CELEC EP Termoemeraldas para definir los límites del diseño.
- Diseñar el sistema de monitoreo y supervisión mediante los componentes necesarios para la implementación de un sistema moderno de monitoreo.
- Analizar los costos de implementación para el moderno sistema de monitoreo y supervisión en el sistema de bombas de agua 1.

1.6 Beneficiarios finales

El proyecto está orientado al mejoramiento de la Empresa CELEC EP Termoemeraldas I, la cual pertenece al conjunto de red eléctrica del país siendo beneficiarios finales los empleadores de la empresa y los usuarios de la misma.

CAPÍTULO 2

CARACTERIZACIÓN DEL SISTEMA

Ecuador ha desarrollado un plan maestro de electrificación 2012-2021 como una herramienta integral, que garantice la continuidad del abastecimiento de energía eléctrica dentro del país a mediano y largo plazo. Para lograr cumplir esta meta se realizó una estructura en las cuales estuvieron correlacionadas con los ministerios de Coordinador de Sectores Estratégicos, Ministerio de Electricidad y Energías Renovables, los mismos que desarrollaron políticas para cumplir con el plan nacional del buen vivir.

Este plan desarrollo nuevas políticas que permitan incorporar nuevas capacidades de generación, requiriendo un desarrollo paralelo en el sistema de transmisión eléctrica dentro del país, pero no olvidemos que para realizar este ambicioso proyecto es necesario analizar, revisar y mejorar las centrales eléctrica con las que cuenta el país actualmente, para determinar mejoras que ayuden a alcanzar los niveles de seguridad requeridos en el abastecimiento de energía, pero, a su vez, se debe desarrollar etapas de generación, transmisión y distribución. Este plan busca un desarrollo sostenible, para ayudar a la generación de la matriz productiva del país, y con ellos establecer estrategias que permitan a las empresas e instituciones involucradas, elaborar sus planes a fines de contribuir al desarrollo del sector estratégico del país. (Vintimilla, 2010)

En el 2012 se inician la demolición de la infraestructura existente en dichos terrenos dentro de la Central Eléctrica Termoesmeraldas I dando paso a la ejecución del plan maestreo energético con la contratación de la empresa china HARBIN ELECTRIC INTERNATIONAL CO. LDT. para implementar la Central Térmica Esmeraldas II en un plazo de entrega de 730 días con una capacidad de producción de 96 MW. (CELEC & Termoesmeraldas 1)

Las centrales térmicas, la energía calorífica que se obtiene en las centrales térmicas puede obtenerse mediante la combustión correcta de los combustibles comerciales, y cuando se emplean los equipos adecuados, por parte de esta energía puede transformarse en trabajo.

En las centrales térmicas a vapor, se emplean turbinas o máquinas de pistón, o ambas cosas a la vez, no solamente como motrices, sino también para mover los equipos auxiliares, como bombas, ventiladores, excitatriz entre otros. El vapor, el cual es conducido por medio de canalizaciones, se produce en la caldera o calderas quemando el combustible en los hogares, los cuales forman parte integral de las propias calderas.

Las máquinas motrices de las centrales térmicas pueden trabajar sin condensador o con condensador, cuando trabajan sin condensador el vapor de escape de las maquinas motrices es descargado a la presión atmosférica o a presiones superiores a esta. A las centrales con condensadores las maquinas motrices descargan el vapor en condensadores en el interior de los cuales la presión es inferior a la atmosférica y en donde el vapor es transformado en agua. Las maquinas motrices por si solas no son capaces de extraer suficiente cantidad de energía calorífica de la poseída por el vapor para convertirse completamente en agua, tanto si se trabaja con condensador como sin él. (Energía mediante Vapor, Aire o Gas, 2010, págs. 18,19)

El proceso de funcionamiento de la Central Térmica Termoesmeraldas I es muy parecido al descrito, anteriormente, con el cual se puede tener una orientación del funcionamiento de la empresa.

A continuación, se describirá la caracterización del área donde se realizará el estudio de ingeniera.

2.1 Descripción del sistema de bombas de agua Celec Ep Termoesmeraldas 1

El sistema de bombas de agua N°1 CELEC EP Termoesmeraldas comprende desde el tanque de oscilación del desaireador hasta la entrada al economizador, su función principal consiste en proporcionar mediante la bomba de agua de alimentación la presión necesaria para que el agua pueda circular y llegar con presión suficiente al domo de la caldera de tipo acutubular.

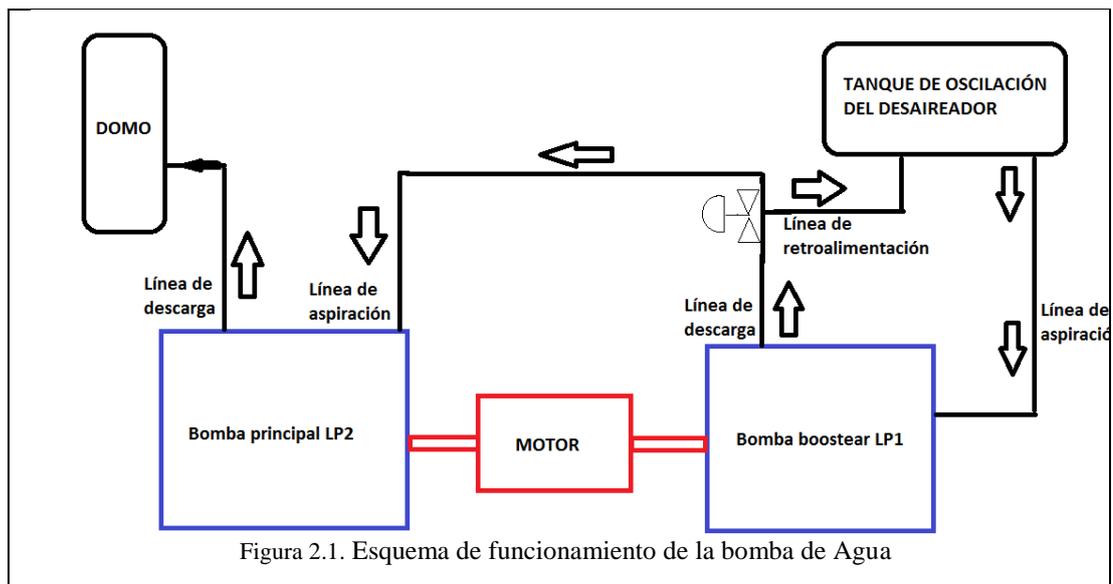
El proceso inicia en el tanque de oscilación del desaireador en donde el agua es almacenada para descender por la acción de la gravedad hacia la succión de las bombas de alimentación, antes de la llegada a cada una de ellas, se tiene una válvula de bloqueo y una cámara para un filtro de succión.

A la descarga de la bomba bostear se encuentra la toma para la línea de atemperación del vapor de atomización la cual cuenta con un medidor de flujo. Los sistemas de

bombas de agua de alimentación tienen una presión máxima de descarga, la cual es suficiente para permitir el flujo de agua al domo en condiciones nominales de presión de vapor. La función principal de este sistema es proporcionar el agua a la caldera para su evaporación, además el sistema cuenta con un conjunto de líneas de derivación para efectuar la atemperación del vapor recalentado y sobrecalentado.

Las bombas disponen de válvulas de recirculación mínima, check y, posteriormente, una válvula de bloqueo motorizado de presión de vapor. Estos conjuntos de válvulas de manera independiente colaboran en cada una de las bombas en el proceso de descarga, de modo que permiten controlar el flujo que es conducido hacia los diferentes puntos de aspersión de las bombas.

La descripción del sistema de bombas se detallará de mejor manera a través de un diagrama de bloques que se muestra en la siguiente figura 2.1.



El sistema de bombas de agua N°1 está conformado por un conjunto de actuadores, sensores, diagramas eléctricos, y diagramas de instrumentación, algunos de ellos son:

- Tanque de oscilación del desaireador.
- Bomba centrífuga de bombas axial de una etapa 6 Hds 152.
- Motor asíncrono trifásico con convertidores aire/agua MPH 630 L 2P / 630 B3.
- Bomba centrífuga axial de múltiples etapas 6 Wf 129.
- Bomba de lubricación auxiliar LP10.

Las especificaciones técnicas de los equipos antes mencionados serán detalladas en los siguientes apartados. (CELEC & Termoesmeraldas 1)

2.2 Tanque de oscilación del desaireador

Este tanque sirve para almacenar el agua de alimentación (antes de ser condensada) la cual proviene del desaireador mediante dos líneas de descarga y también este tanque recibe las descargas de las líneas de recirculación de cada una de las bombas de agua de alimentación.

La capacidad del tanque de oscilación es de 100 m^3 a nivel normal, dicho tanque proporciona el suministro y la presión de succión en el punto de entrada de las bombas de agua de alimentación. Dispone de una línea de derrame que a través de una válvula de control descarga agua al tanque de purgas de caldera cuando el nivel del mismo sube más arriba de su valor normal.

Para obtener una mejor idea del tanque de oscilación del desaireador se mostrará en la siguiente figura 2.2.



2.3 Sistema de bombas de agua de alimentación

El sistema está conformado por 2 bombas de agua de alimentación estas bombas son centrifugas horizontales, tipo barril, de 6 pasos, accionadas por un motor eléctrico a velocidad constante de 3200 Kw. Para evitar la entrada de impurezas a las bombas se encuentran instaladas una cámara para filtro en la succión de cada una de ellas. De esta forma evita esfuerzos térmicos y altas vibraciones debido a las distorsiones, las bombas se encuentran interconectadas en la descarga por medio de una línea llamada de calentamiento.

Las bombas cuentan con un tambor de compensación hidráulica el cual se requiere debido a la fuerza ejercida sobre la superficie del tambor producto de la presión existente en esta cámara.

2.4 Bomba bostear centrifuga de flujo axial de una etapa

Esta bomba es accionada mediante un motor de inducción tipo jaula de ardilla, y es la primera bomba por la cual ingresa el agua enviada desde el tanque de agua. Mediante esta configuración el proceso entra en funcionamiento y envía agua hacia la caldera; está bomba de tipo 6HDS 152 de serie D.42944 con una marca de identificación propia de la empresa L-P2 recibe una presión de aspiración de $6,39 \text{ kg/cm}^2$ y entrega una presión de $24,41 \text{ kg/cm}^2$ a la bomba centrifuga axial múltiple etapa. La bomba bostear cuenta con las siguientes características técnicas mostrada en la Tabla 2.1. una imagen de la bomba bostear instalada en la empresa que se puede visualizar en la figura 2.3.

Tabla 2.1. Características técnicas bomba bostear

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS		
MAGNITUD	Valor	Unidad
FLUIDO BOMBEADO	Agua Desmineralizada	
TEMPERATURA DE OPERACIÓN	166,2	°C
PESO ESPECIFICO	0,901	kg/cm^2
PRESIÓN DE ASPIRACIÓN	6,39	kg/cm^2
PRESIÓN DE DESCARGA	24,41	kg/cm^2
ALTURA CINÉTICA TOTAL	200	M
CAPACIDAD	488,3	m^3/h
N.P.S.H.	5,5	M
VELOCIDAD R.P.M.	3550	
POTENCIA ABSORBIDA	297,3	Kw
POTENCIA DEL MOTOR ELÉCTRICO	3200	Kw
ACCIONAMIENTO	Motor Eléctrico "Marell" Mph 630 L2p	

Fuente: (CELEC & Termoesmeraldas 1)



Figura 2.3. Bomba bostear LP1.

A continuación, en la figura 2.4 se muestra la curva característica del rendimiento en función del caudal de la bomba bostear 6hds 152. Cuando está alcanza una potencia hidráulica de $202,52 \text{ kg/cm}^2$ y el caudal es de $488 \text{ m}^3/\text{h}$ su eficiencia será de $82,3 \%$ siendo este el caudal óptimo de trabajo, pero si el caudal aumenta a la capacidad máxima instalada de la bomba que es $683,20 \text{ m}^3/\text{h}$ su eficiencia disminuye al $67,5 \%$, bajo estas condiciones la bomba no permite un correcto funcionamiento.

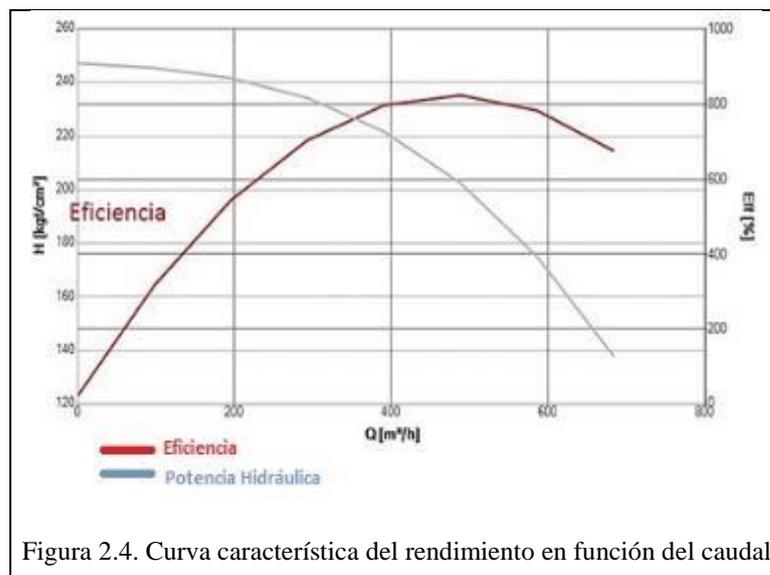
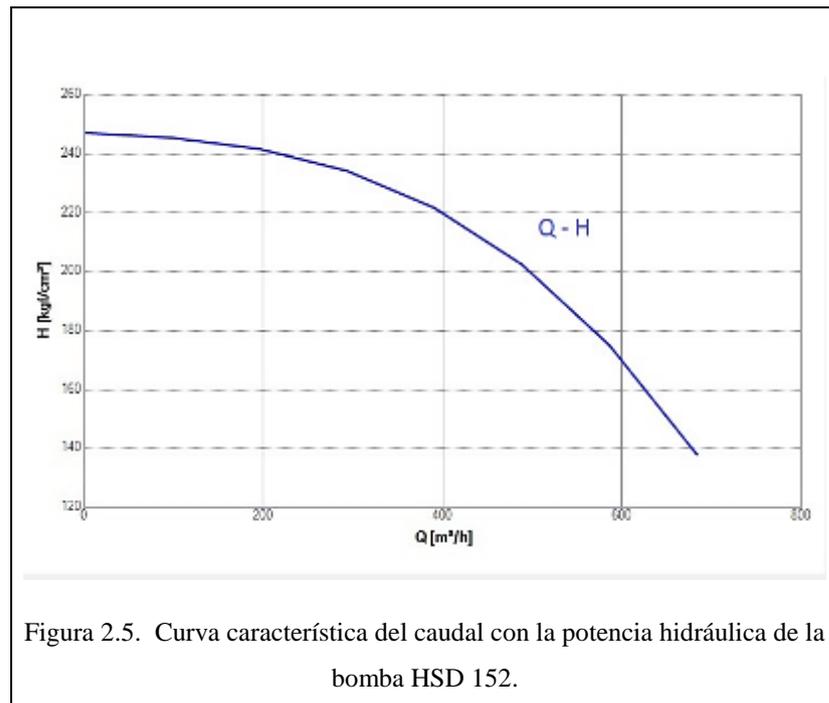


Figura 2.4. Curva característica del rendimiento en función del caudal

La figura 2.5. muestra la curva característica del caudal en función de la potencia hidráulica suministrada a una velocidad constante de giro de la bomba bostear 6hds 152; cuando se abre parcialmente la válvula reguladora de caudal para la bomba, esta puede funcionar en un rango de potencia de entre 247,20 a 138,02 kg/cm^2 y un rango de operación del caudal de 0 a 683,20 m^3/h . Cuando se bombea un caudal determinado se obtiene una potencia hidráulica determinada y de esta manera se puede obtener una altura hidráulica total de la bomba.



2.5 Bomba centrífuga de flujo axial de múltiples etapas

Es la bomba principal del sistema de bombas de alimentación, cuenta con una altura de descarga que está ubicada a la presión de descarga total de la bomba, es decir el punto máximo de aspersión de la bomba al domo. Está bomba de tipo 6 WF 129 de serie D.42946 con una marca de identificación propia de la empresa L-P1 recibe una presión de aspiración de 24,41 kg/cm^2 y entrega una presión de descarga de 170,3 kg/cm^2 .

La bomba w está equipada con cojinetes antifricción. El cojinete exterior o empuje está formado por un par de rodamiento de contacto angular, evitando que se produzca una caída de presión excesiva en la bomba de alimento. Puede permitirse que la bomba gire (los cojinetes deben estar lubricados), pero evite una contra - presión que supere la 50 lb/in^2 por etapa, la cual podría desalojar un anillo y desgastarle.

Mediante el sistema de lubricación de aceite hacia los cojinetes de las bombas se requiere que el nivel del aceite se mantenga constante. Un nivel muy alto puede provocar una temperatura de operaciones elevada debido al movimiento de batido y hacer que el aceite gotee a lo largo del eje, provocando un mal funcionamiento de las bombas.

Al operar con agua caliente la bomba no debe funcionar al mínimo de su capacidad o muy cercano del mismo porque se genera recalentamiento debido al movimiento de batido provocando daños a la bomba. Si, ocasionalmente, se requiere su funcionamiento al mínimo de la capacidad, es conveniente instalar un sistema auxiliar permanente de enfriadores hacia los cojinetes de la bomba. Por consiguiente la bomba principal de múltiples etapas cuenta con un principio de funcionamiento que se detalla en la siguiente Tabla 2.2. Además, una imagen del motor instalado en la empresa se puede visualizar en la figura 2.6.

Tabla 2.2. Características técnicas bomba principal

Características técnicas		
Magnitud	Valor	Unidad
Fluido Bombeado	Agua Desmineralizada	
Temperatura De Operación	166,23	°C
Peso Especifico	0,901	
Presión De Aspiración	24,41	
Presión De Descarga	170,3	
Altura Cinética Total	1620	M
Capacidad	488,3	
N.P.S.H.	---	M
Velocidad R.P.M.	3550	
Potencia Absorbida	2396,5	Kw
Potencia Del Motor Eléctrico	3200	Kw
Accionamiento	Motor Eléctrico "Marell" Mph 630 L2p	

Fuente: John Jairo García A.



Figura 2.6. Bomba principal

Mediante la figura 2.7. se describe la curva característica del rendimiento en función del caudal de la bomba 6WT 129, cuando está alcanza una potencia hidráulica de $1640,41 \text{ kg/cm}^2$ y el caudal es de $483,30 \text{ m}^3/\text{h}$ su eficiencia será de 83.07% siendo este el caudal óptimo de trabajo, pero si el caudal aumenta a la capacidad máxima instalada de la bomba que es $676,62 \text{ m}^3/\text{h}$ su eficiencia disminuye al $68,16 \%$, bajo estas condiciones la bomba no permite un correcto funcionamiento.

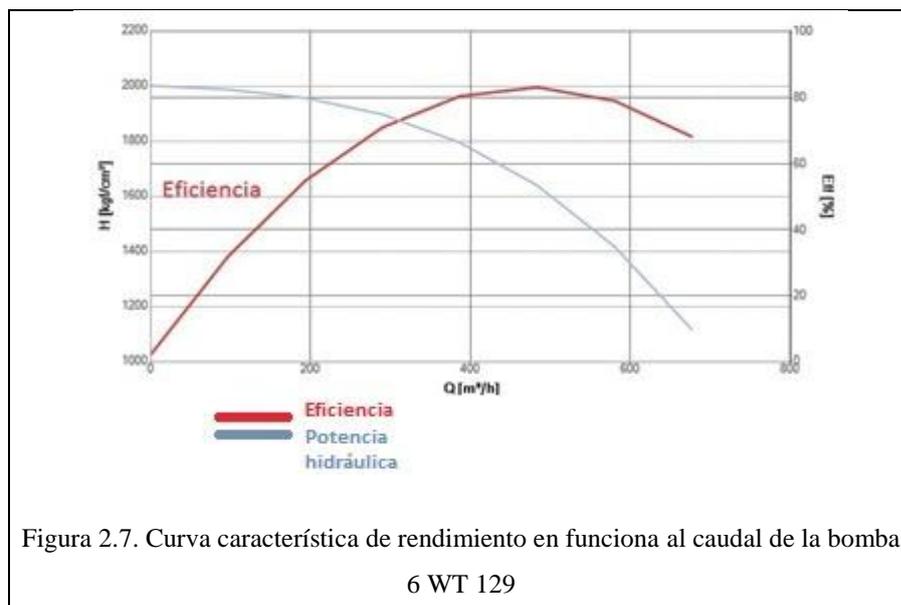
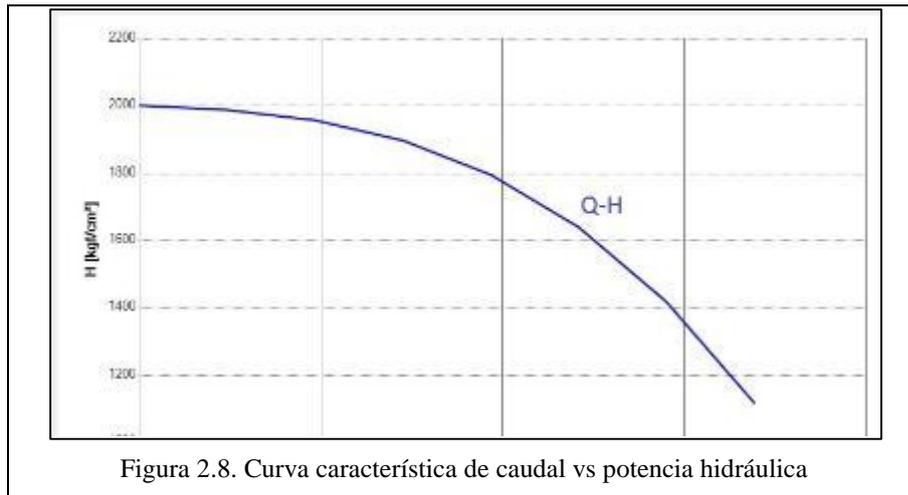


Figura 2.7. Curva característica de rendimiento en funciona al caudal de la bomba 6 WT 129

La figura 2.8. muestra la curva característica del caudal en función de la potencia hidráulica suministrada a una velocidad constante de giro de la bomba 6 WT 129; cuando se abre parcialmente la válvula reguladora de caudal para la bomba, esta puede funcionar en un rango de potencia de entre 2002,32 a 1117,96 kg/cm^2 y un rango de operación del caudal de 0 a 676,62 m^3/h . Cuando se bombea un caudal determinado se obtiene una potencia hidráulica determinada y de esta manera se puede obtener una altura hidráulica total de la bomba.



2.6 Motor asíncrono de inducción tipo jaula de ardilla

El motor de inducción o asíncronos de jaula de ardilla marca ERCOLEMARELLI modelo MPH 630 L2P/ 630 B3 cumpliendo con la ley de Faraday, es decir, si se introduce corriente al estator se genera un campo magnético desfasado a 120° con el rotor, lo cual permite que el eje acoplado al rotor empiece a girar. Los motores de inducción son muy requeridos en la industria por su amplia gama de aplicación, en este caso se acopla a un sistema de bombas de succión y aspersion que contribuyen al proceso de generación eléctrica con las siguientes características técnicas mostradas en la Tabla 2.3. Además, una imagen del motor instalado en la empresa que se puede visualizar en la figura 2.9.

Tabla 2.3. Características técnicas de motor ERCOLRMSTRLLI

Características técnicas		
Magnitud	Unidad	Valor
Grado De Protección		IP55
Año De Fabricación	ADM	1980
Numero De Polos		2
Numero De Fases		3
Conexión		Y
Revolución Por Minuto	Rpm	3585
Voltaje Nominal AC	V	4160
Corriente Nominal	V	
Factor De Potencia		0,9
Frecuencia		60
Potencial Nominal		3200

Fuente (CELEC & Termoesmeraldas 1)



Figura 2.9. Motor ERCOLEMARELLI

2.7 Sistema auxiliar de lubricación

Este tipo de bombas utiliza cojinetes Kingsbury y de manguito, por lo cual se incorpora un sistema de lubricación independiente. El aceite fluye desde el tanque de almacenamiento por el trabajo de una bomba auxiliar accionada por un motor eléctrico

durante los arranques, parada, y períodos de emergencia a través de un enfriador de aceite y un filtro, como se muestra en la siguiente figura 2.10.

La bomba principal de aceite consta de un impulsor montado en la misma flecha de la bomba de agua de alimentación, y que luego de que la bomba de agua entre en servicio es la encargada de suministrar el aceite a presión a los cojinetes luego que la bomba eléctrica auxiliar se detiene después de 8 min. Se recomienda que la temperatura del aceite lubricante se mantenga entre un mínimo de 38 °C y un máximo de 65.5 °C preferiblemente sobre los 49 °C.



Figura 2.10. Sistemas de auxiliar de lubricación

2.8 Línea de recirculación o flujo mínimo

Cada bomba de agua de alimentación cuenta con válvulas de retención y circulación automática del tipo on-off como se muestra en la figura 2.11. La válvula de recirculación mínima deberá estar abierta del 0 a 45% su rango de operación estará entre el 0 – 243 m^3/h del flujo total de la bomba. Cuando se tienen flujos mayores a este último valor, la válvula deberá estar completamente cerrada, y comenzará a abrir al descender el flujo a un valor del 40 %.

El objeto de esta recirculación es siempre mantener un flujo a través del cuerpo de la bomba para evitar que el agua llegue a calentarse al estar recirculando en el interior de

ella y se evapore provocando la cavitación, o calentamientos excesivos que pueden provocar dilataciones y lleguen a rozar las partes fijas y móviles.

El flujo que maneja la recirculación se envía a un lugar del ciclo donde el calor absorbido pueda ser disipado, tal como el desaireador y antes de la válvula de bloqueo de la descarga de la bomba, de tal manera que la recirculación pueda operar aun cuando la válvula de compuerta esté cerrada por equivocación o si la válvula lograra atracarse.

La operación automática de la válvula está dada por una señal de caudal a la descarga de la bomba bostear.

Para protección de la bomba adicionalmente se cuenta con una alarma de bajo caudal ($0 < 81 \text{ m}^3/\text{h}$) y el disparo ($81 \leq 95 \text{ m}^3/\text{h}$) de la misma manera que el caudal siga disminuyendo.



Figura 2.11. Línea de recirculación o flujo mínimo

2.9 Conjunto de alarmas del sistema agua alimento

Para protección de las bombas y el correcto funcionamiento del proceso de bombeo se cuenta con alarmas que eviten posibles fallos o riesgos en la cadena de producción de bombeo, las cuales se describen a continuación:

Las principales causas para que se active la alarma de bajo flujo de agua de enfriamiento son las roturas de tuberías, falla de señales de sensores y actuadores en el proceso de bombeo.

La alarma de bajo caudal de agua es causada por una falla en el control de la válvula de mínimo flujo FCV-102A, por otra parte, puede ocurrir cuando el vástago sufre una rotura en la válvula de mínimo flujo.

La alarma de disparo de motor bomba de agua de alimento se debe a una intervención de una protección eléctrica hacia el motor asíncrono ERCOLEMARELLI modelo mph 630 L2P/ 630 B3 dentro del proceso de bombeo, también puede ocurrir por bajo caudal de agua de alimento o baja presión de lubricación bomba de agua.

La alarma de Alta temperatura de aceite / bomba de agua de alimento se debe a una falta de flujo de agua de enfriamiento, también puede ocurrir debido a temperatura alta del agua de enfriamiento y probablemente por una temperatura alta metal de cojinetes

La alarma de alta temperatura cojinete motor bomba de agua N°1 se debe a las posibles causas, a la falla en el sistema de lubricación, rotura de tubos de entrada de aceite, problemas en el enfriamiento de aceite y daño del cojinete.

La alarma de disparo motor bomba auxiliar aceite bomba de alimento se causa debido a sobrecarga del motor eléctrico, bajo nivel de aceite tanque bomba agua alimento y rotura de tubos de aceite o falta de reposición del tanque de aceite.

La alarma de filtro de aceite bomba agua alimento se debe al filtro de aceite sucio.

La alarma de baja presión de descarga bomba de agua de alimento se debe a posibles causas como: una baja presión de aspiración y daño de la bomba principal. (CELEC & Termoesmeraldas 1)

CAPÍTULO 3

DISEÑO DEL SISTEMA

3.1 Levantamiento y diseño de planos P&ID

Se procedió a desarrollar los planos P&ID de los diferentes procesos que conforman el sistema de bombas de agua N°1 CELEC EP Termoesmeraldas 1. En la figura 3.1. se aprecia una mínima parte del plano del conjunto de bombas de agua. Donde se instalaron nuevos transmisores de presión, temperatura e indicadores de presión y temperatura. Por ejemplo, el TI - 659A es un indicador de temperatura que permite saber la temperatura de salida de agua de la bomba LP1, pero, a su vez, este indicador de temperatura está conectado a un transmisor de temperatura TT - 659A, el cual es un elemento nuevo implementado a través del diseño, de tal manera que a través del envío de la señal de 4 a 20 mA hacia el controlador lógico programable pueda presentarlo en el HMI. Estos elementos fueron encerrados dentro de un rombo de color rojo para su fácil detección dentro de la figura 3.1. Si se desea observar el plano completo, se encuentra en el anexo 4

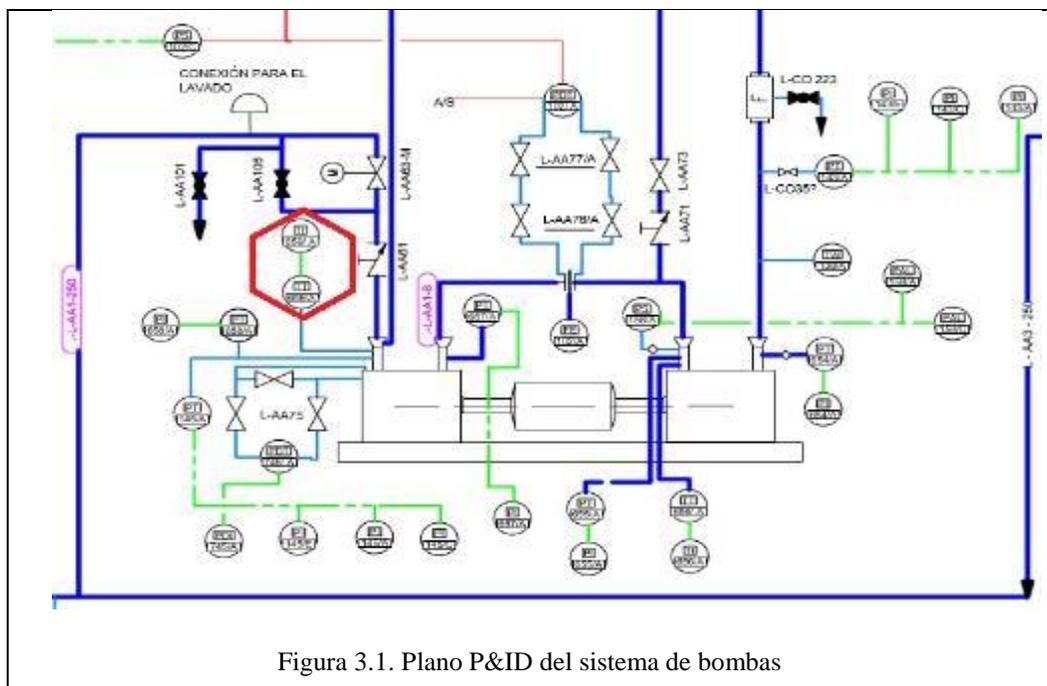


Figura 3.1. Plano P&ID del sistema de bombas

Por otra parte, en la figura 3.2. se aprecia una mínima parte del plano del sistema de lubricación del conjunto de bombas N°1. donde se instalaron nuevos instrumentos de presión y temperatura. Por ejemplo, el PI - 783C es un transmisor de presión que

permite conocer el aceite de cojinete de empuje de la bomba LP1, la presión de aceite ayuda a saber la lubricación de los cojinetes de la bomba para evitar sufrir desgaste y rozamiento. Este indicador de presión se cambió por un PT-783C de tal forma pueda enviar su señal al PLC y de tal manera pueda realizar algoritmos de programación, visualización y control. A su vez, dentro de la figura 3.2. El TI-748A permitir saber la temperatura con la que se envía el aceite hacia los cojinetes de la bomba LP1, y todo este conjunto de nuevos elementos propuestos para su instalación ayudan a tener un mejor control por parte de los operarios ayudándoles a minimizar posibles fallos. Estos elementos fueron encerrados dentro de un rombo de color rojo para su fácil detección dentro de la figura 3.2.

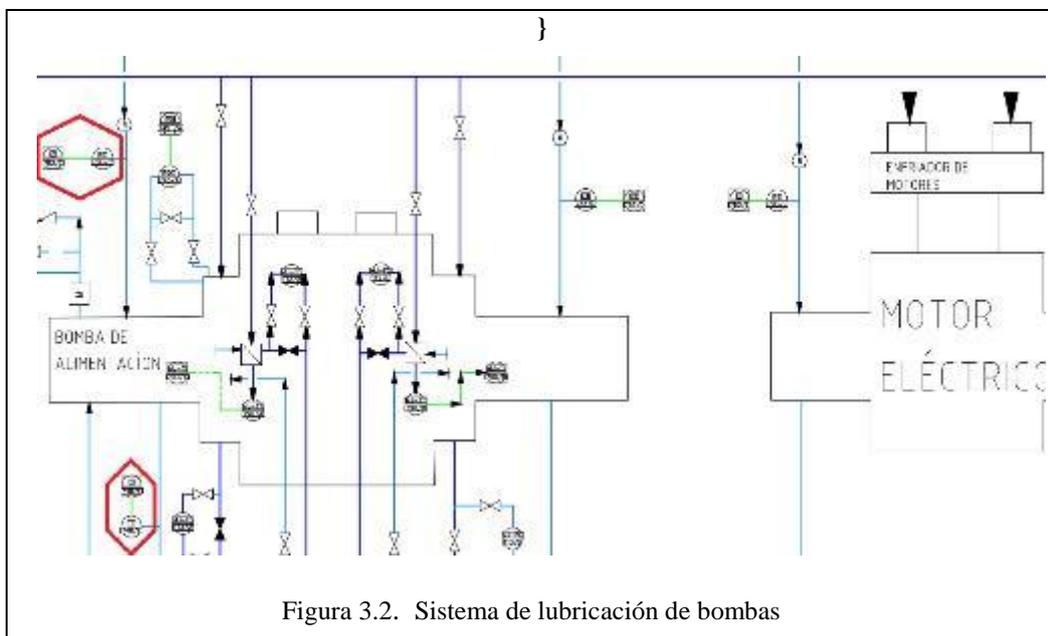


Figura 3.2. Sistema de lubricación de bombas

3.2 Levantamiento y diseño de planos eléctricos

Se procedió a diseñar y desarrollar planos eléctricos para los nuevos equipos electrónicos a instalarse en el sistema de bombas de agua. Son un conjunto de aproximadamente 7 planos eléctricos, de los cuales se detallarán los más importantes en los siguientes apartados.

En la siguiente figura 3.3. se observa una parte del plano eléctrico del tablero de distribución, el cual fue diseñado basado en requerimientos internos de la empresa, de tal manera que permita conocer las conexiones necesarias para energizar todo el nuevo sistema de monitoreo, supervisión y control del sistema de bombas de agua N°1 CELEC EP Termoesmeraldas 1, en esta figura se muestran la fuente de alimentación de 24 V dc. Esta fuente es energizada desde la fuente principal de la empresa llamada

Barra Segura. Para el HMI, los sensores y el módulo de salidas digital output se energizan con la fuente de alimentación de 24 Vdc, como se muestra en la figura 3.3.

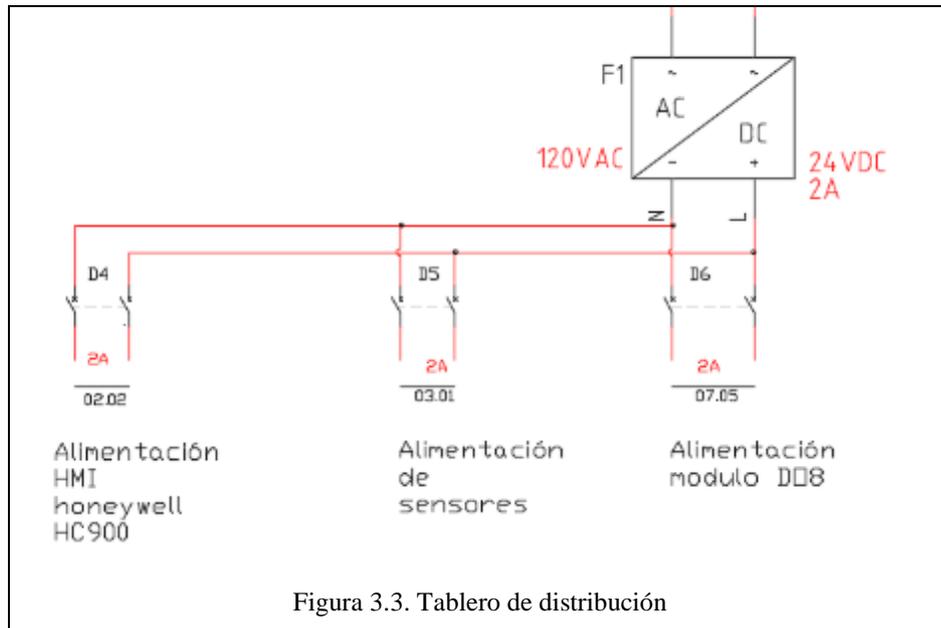


Figura 3.3. Tablero de distribución

Por otra parte, en la figura 3.4. se muestra las conexiones del nuevo conjunto de sensores los cuales son de marca Wika y estos cuentan con 4 hilos de conexión, de los cuales dos son para alimentación y dos para envío de señal. Gracias a su buena experiencia utilizando equipos de marca Wika, se recomendó utilizarlos dentro del estudio de ingeniería.

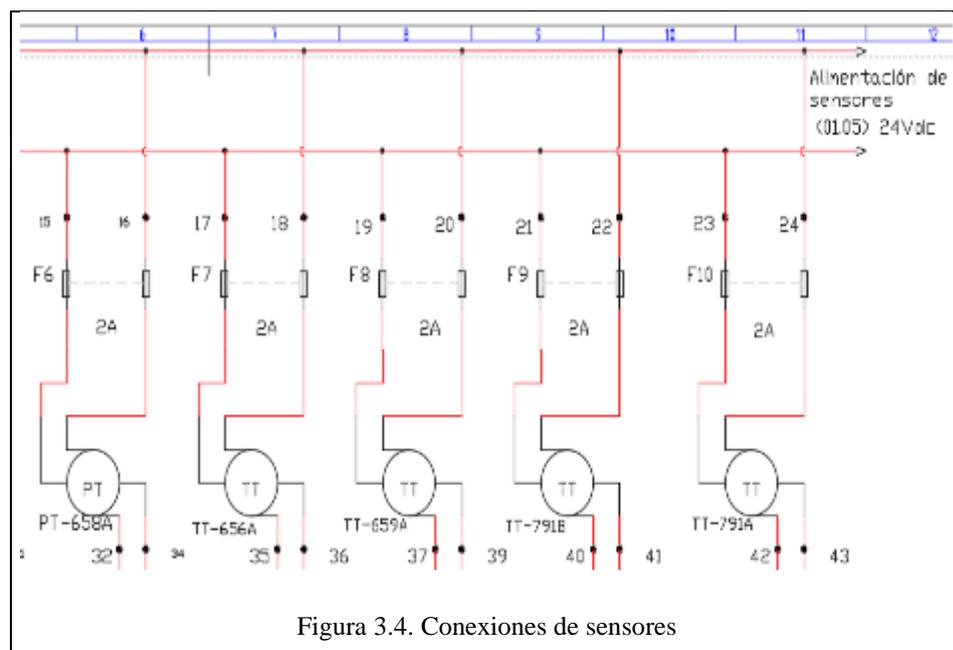
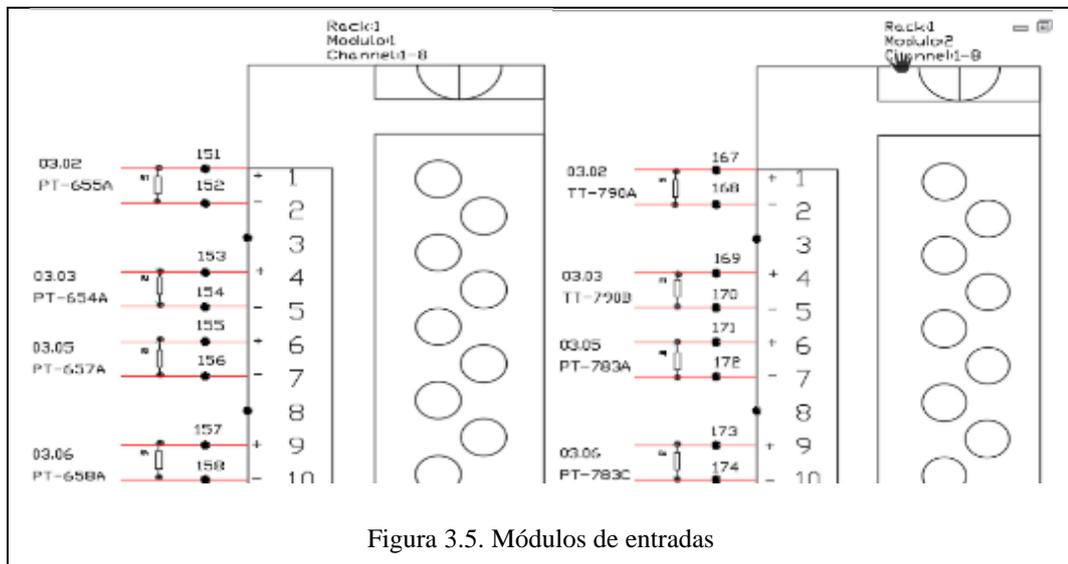


Figura 3.4. Conexiones de sensores

En la figura 3.5. se muestra la conexión de los sensores hacia los módulos de entradas análogas del PLC Honeywell, al cual se pueden ingresar hasta 8 sensores por modulo, el plano describe de manera minuciosa el número de bornera en el que se debe conectar, las marquillas a implantarse en los cables con el fin de poder corregir algún posible fallo en el proceso de instalación.



3.3 Diseño de software

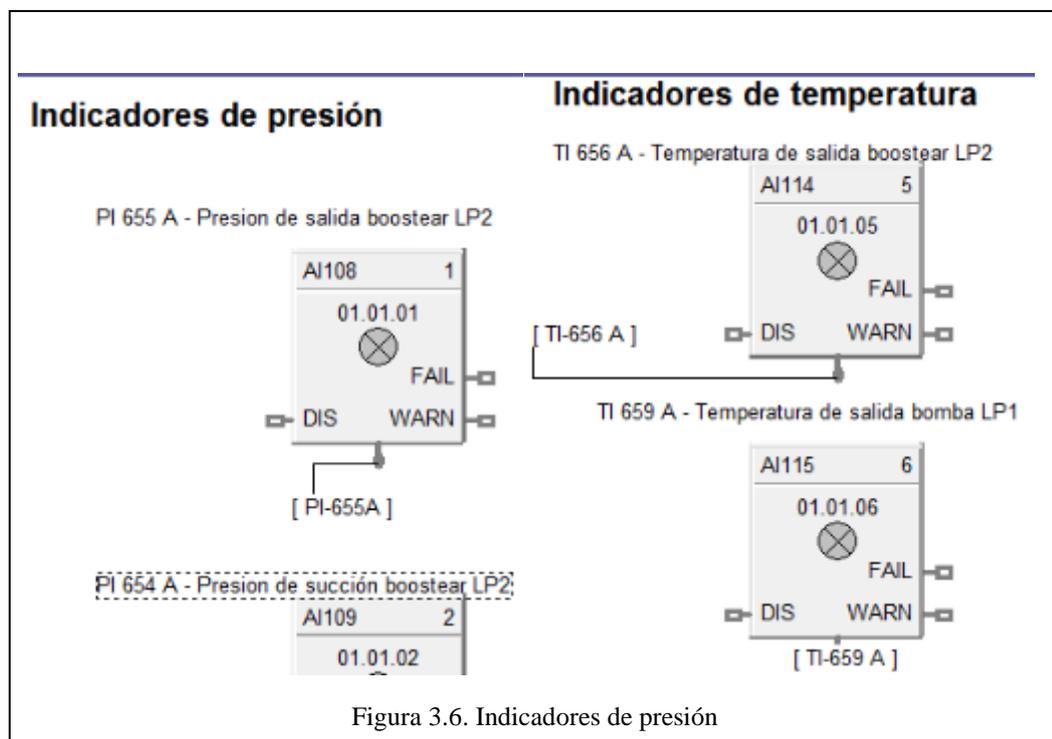
Se procedió a desarrollar todo el lenguaje de programación para dar solución a los problemas de visualización y control antes mencionado en el sistema de bombas de agua N°1 CELEC EP Termoesmeraldas 1, gracias a la utilización de Designer software el cual es un programa compatible a nivel industrial, se usa para PLC Honeywell HC900. Brinda un lenguaje de programación en bloques, hace más sencillo al momento de plantear posibles soluciones de programación. Cuenta con lógicas de secuencias, algoritmos de alarmas, grupos de señales de entradas y salidas fáciles de calibrar con rangos análogos establecidos a nivel industrial, también bloques PID de control.

Los resultados finales del algoritmo de programación serán visualizados en las pantallas del HMI hc900; sin embargo, Designer Software no cuenta con un simulador de programación en tiempo real; esto hace que se requiera tener los equipos físicos para poder probar la lógica de programación. Al contar la empresa con la licencia de uso eligió este programa para desarrollar el software.

Por otra parte, el Station designer es otro software que fue utilizado para crear aplicaciones SCADA bajo entorno HMI a nivel industrial, mediante programación a objetos, compatible con equipos Honeywell.

- Gráficos orientados a objetos
- Animación de objetos
- Alarmas
- Registro de alarmas
- Gráficos de tendencia histórica y a tiempo real.
- Comunicación de varios protocolos de comunicación como: Modbus, profibus y Ethernet.

En la figura 3.6. se logra observar la estructura de programación que ayuda a que las señales recogidas de una manera física por parte del PLC puedan ser codificadas a través de bloques de programación quienes convierten el dato enviado desde el sensor en valores de señales análogas de 4 a 20 mA o 0 a 5 V, para después ser presentados en el HMI.



En la figura 3.7. después de que las señales análogas son comparadas con datos de funcionamiento estipulados dentro de la empresa, donde estos valores establecen la correcta puesta en marcha del sistema de bombeo, dan como resultado un conjunto de

señales digitales, las cuales son agregadas a un bloque llamado Alarm Group de tal manera se visualicen al momento de que ocurra alguna activación de algunas de ellas. En la figura 3.8. se muestra el grupo de señales digitales dentro del bloque Alarm Group. Las señales obtenidas después del bloque de comparación tienen una etiqueta con las que permiten ser identificadas en el panel de alarmas del HMI.

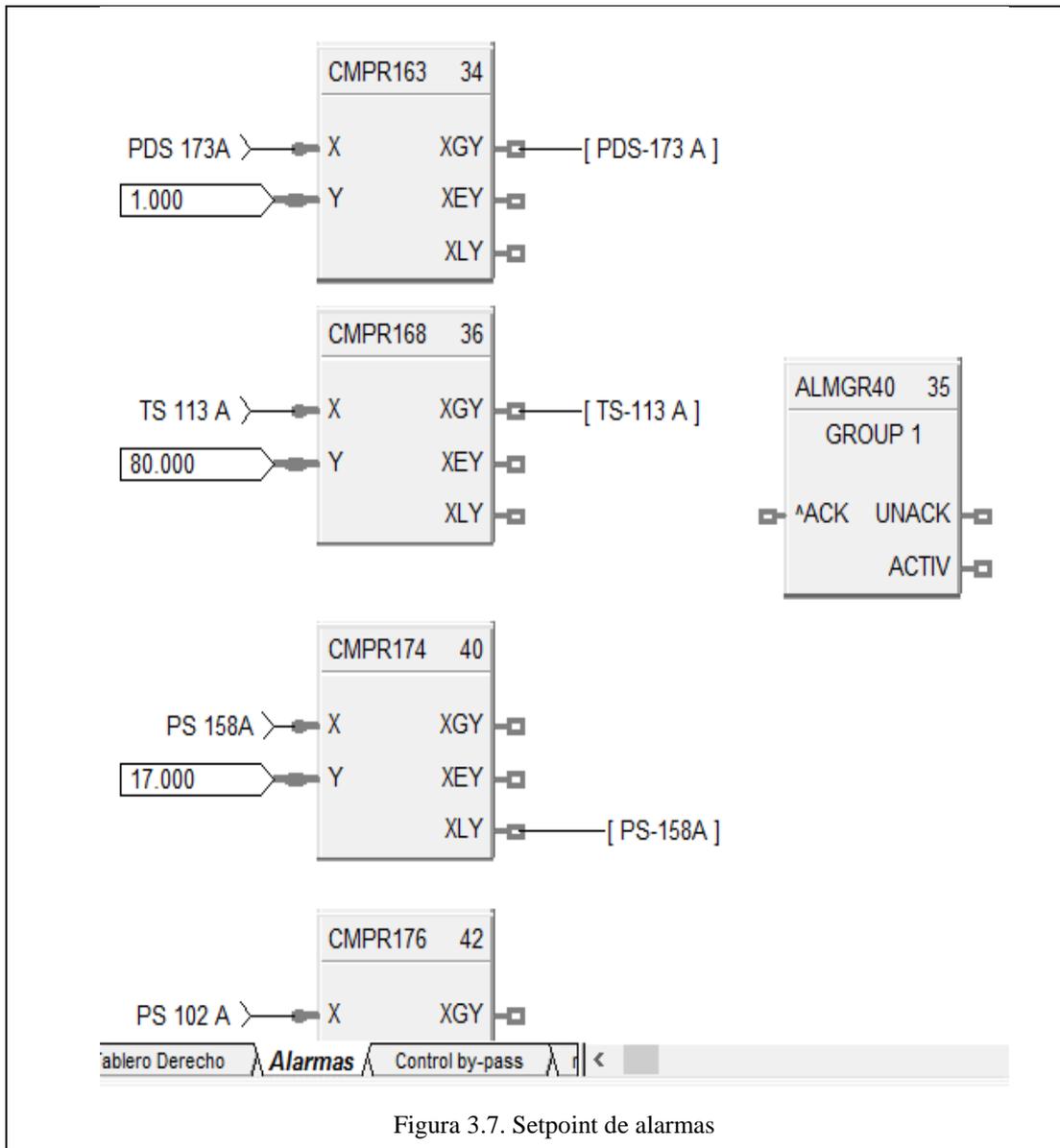


Figura 3.7. Setpoint de alarmas

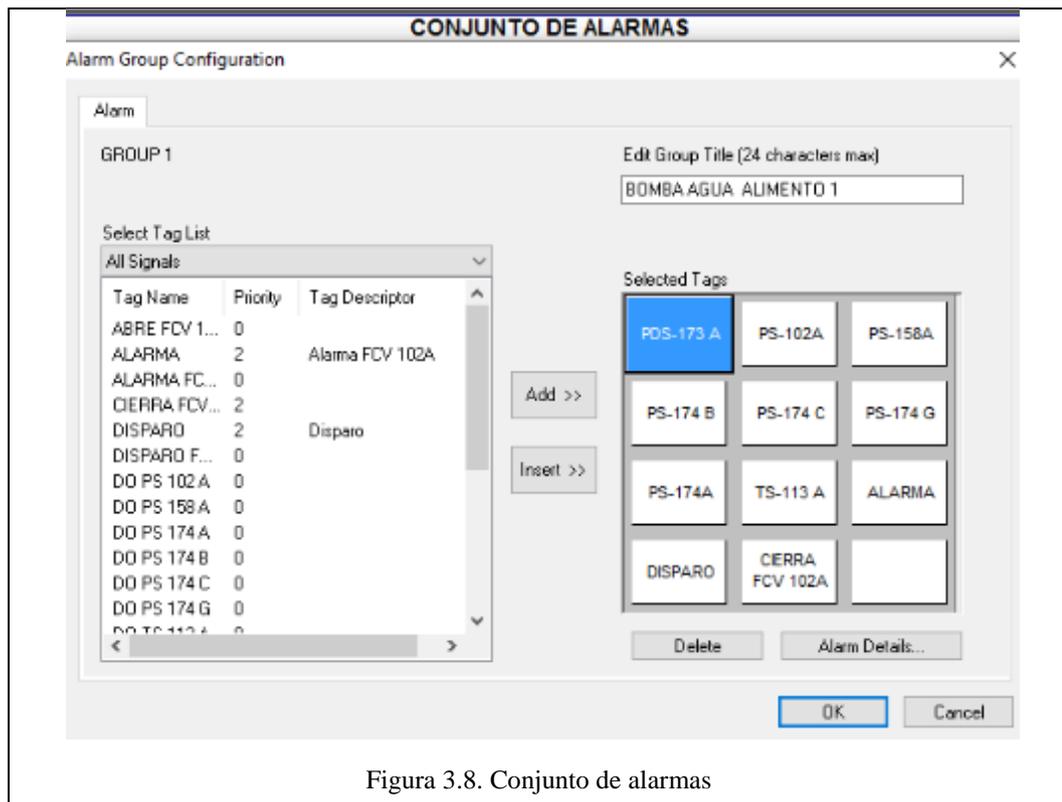
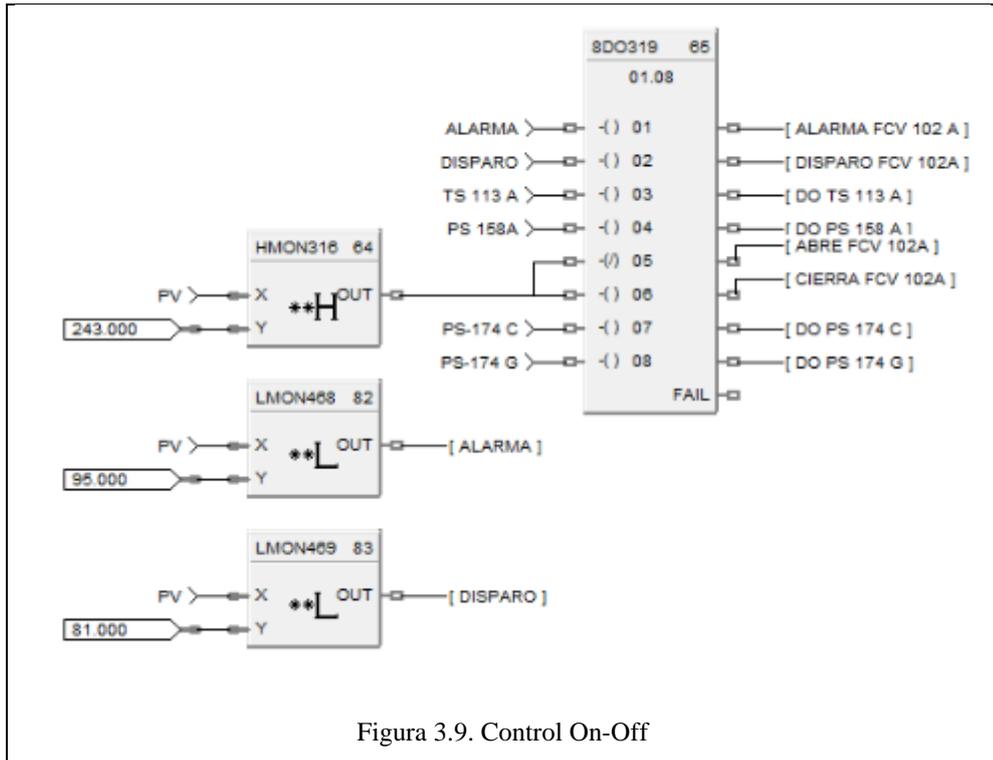
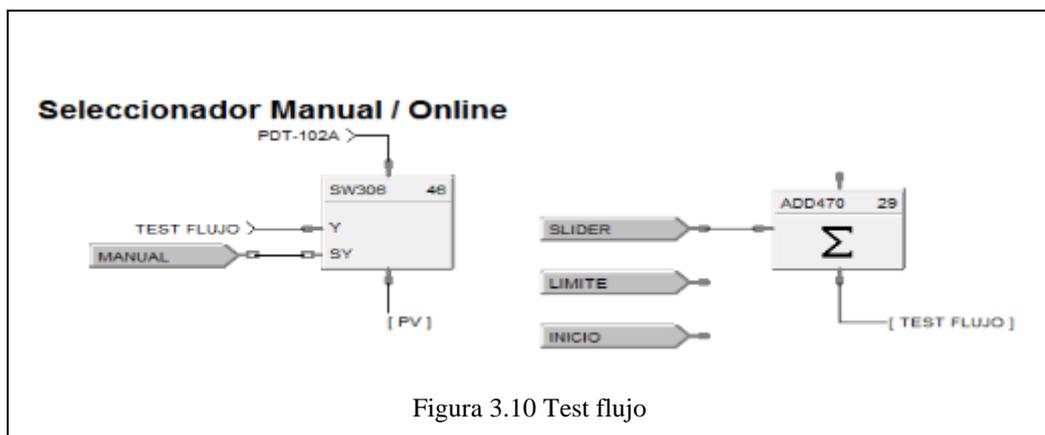


Figura 3.8. Conjunto de alarmas

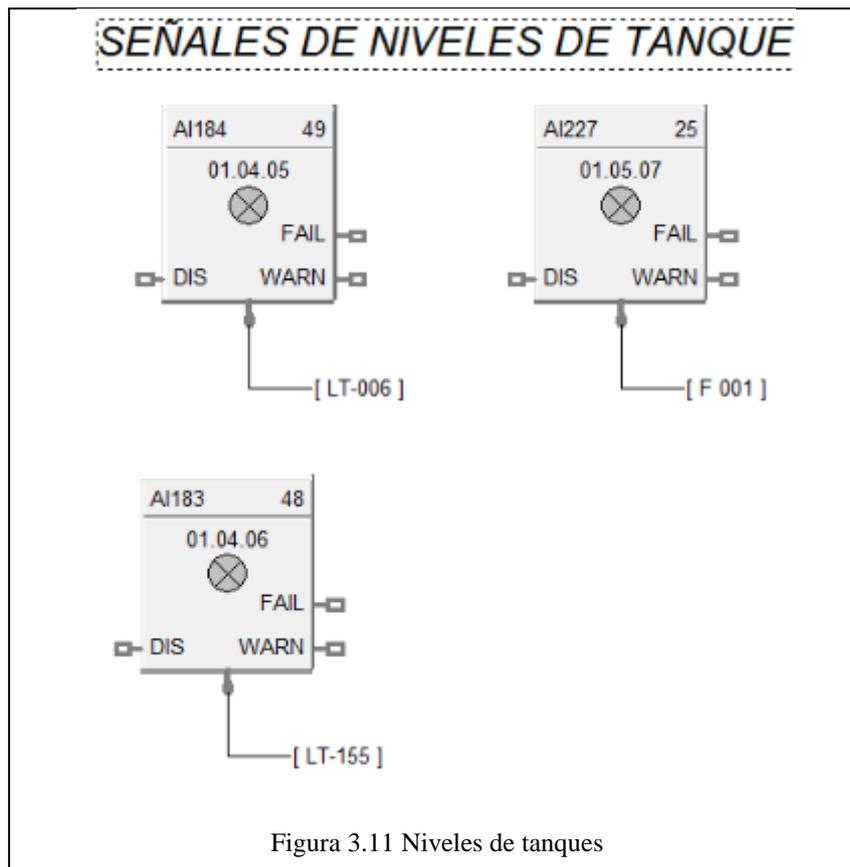
En la figura 3.9. se realizó el control de la válvula FCV-102A. Es una válvula de control On-off donde cuenta con valores de apertura y cierre, además de valores de alarmas. Su accionamiento está dado por medio de un PDT-102A donde el flujo de agua está en un rango de operación de entre 0 a $243 \text{ m}^3/\text{h}$, el control que se realizó a la válvula fue un control por histéresis gracias a que este tipo de control permite cumplir con las condiciones de operación que rigen a este elemento dentro de la empresa. El control por histéresis evita experimentar cualquier cambio brusco de control, dando como respuesta un 0 o 1 lógico de forma que se conecte cuando la variable regulada ha descendido por debajo del valor de la consigna.



A petición de los operadores se incorporó un simulador de caudal llamado Test de Flujo con el cual podrán realizar verificaciones de la válvula FCV-102A cuando esta no se encuentre en servicio, y determinar sus posibles fallos. El algoritmo de programación se muestra en la figura 3.10.



De igual manera los operadores solicitaron se pueda visualizar los valores en los que se encuentra el domo y el tanque del desaireador, cuando esté este en servicio, gracias a la utilización de señales de transmisores de nivel se pudo dar solución a este inconveniente. La lógica de programación se puede visualizar en la figura. 3.11.



3.4 Entradas y salidas del proceso de bombeo de agua

El proceso de bombeo de agua hacia el domo desde el desaireador es monitoreado y controlado por un conjunto de señales digitales y analógicas.

Para determinar el número de entradas y salidas, tanto digitales como analógicas, se realizó un levantamiento de los sensores y actuadores con los que cuenta la planta, información que se encuentra en el anexo 1

En la Tabla 3.1. se resume las cantidades totales de entradas y salidas, tanto analógicas como digitales con las cuales opera, actualmente, el sistema de bombas de agua.

Tabla 3.1. Entradas y salidas del sistema

Tipo de señal	Señales de entrada	Señal de salida
Digitales	0	17
Analógicas	33	0
TOTAL	33	17

Fuente: John Jairo García

Gracias a la información proporcionada por esta tabla se procederá a seleccionar un controlador lógico programable, que se detallará en los siguientes apartados.

3.5 Controlador lógico programable (PLC) utilizado para la simulación

Se utilizará un PLC de marca Honeywell y un HMI HC900 con los cuales se podrá realizar una simulación y programación que pueda demostrar las ventajas de la implementación del proyecto, como se muestra en la siguiente figura 3.12.



Figura 3.12. HMI y PLC Honeywell

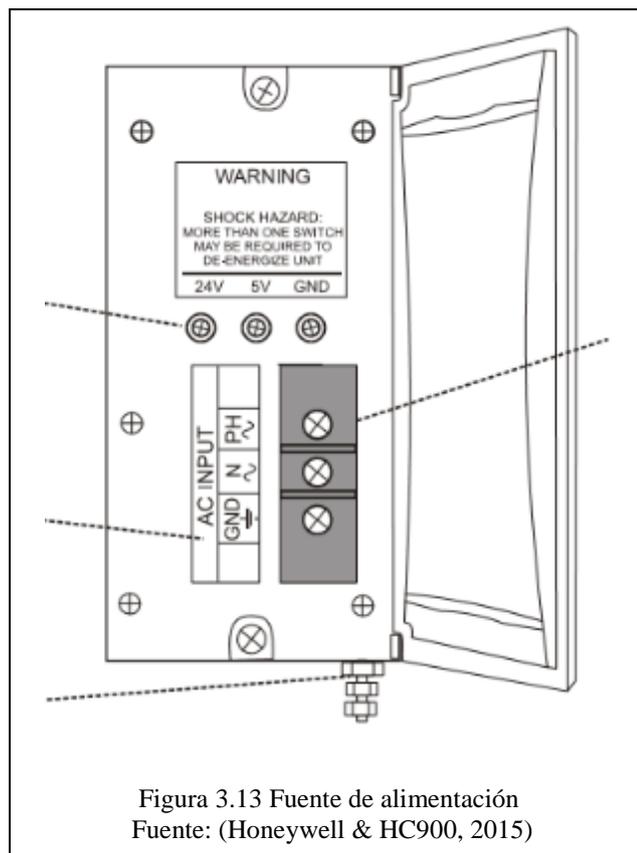
Las razones por la cual se usa este PLC en el proyecto son:

- a) La principal es la disponibilidad del equipo dentro de la empresa.
- b) Incrementar sus capacidades modulares de entradas y salidas análogas, como digitales, mediante bastidores de 4, 8 y 12 (racks).
- c) Este PLC cuenta con un CPU C50 el cual puede ser energizado mediante 110 Vac, y, sus módulos no requieren una fuente de alimentación externa.

3.6 Fuente de alimentación

La fuente de alimentación P01, proporciona 5 Vdc y 24 Vdc a los conectores del panel posterior de los bastidores local y remoto. La fuente de alimentación se utiliza en todos los bastidores del controlador, en los bastidores de expansión de E/S y en todas las versiones de bastidores (4, 8 y 12 ranuras).

Cada fuente de alimentación eléctrica incluye un fusible interno de 5,0 A que no se puede reemplazar en campo, como se muestra la figura 3-13.



3.7 Unidad central de proceso

La unidad central de proceso C50 brinda las siguientes características:

- Comunicación Ethernet.
- Fácil de armar, modificar y expandir.
- Bastidores de entradas/salida local y remoto, subred con conexión Ethernet privada.
- Procesamiento en paralelo: un microprocesador en cada módulo de e/s del escáner.

- e) Dos puertos de serie, cada uno de ellos configurable como RS232 o RS-485

3.8 Módulos de entrada/salida

Módulo de entrada analógica universal de 8 puntos, cada punto puede configurarse para voltaje o miliamperios. Aislamiento punto a punto.

En las siguientes figuras 3-14 y 3-15 se logra ver los módulos de entradas y salidas con el que cuenta el PLC.

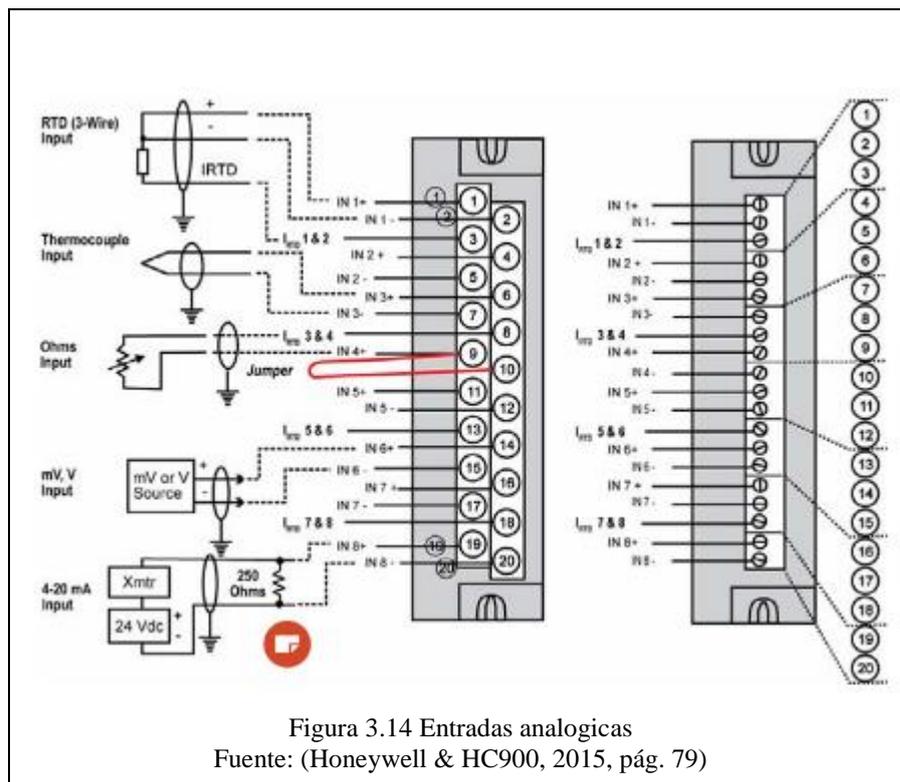


Figura 3.14 Entradas analógicas
Fuente: (Honeywell & HC900, 2015, pág. 79)

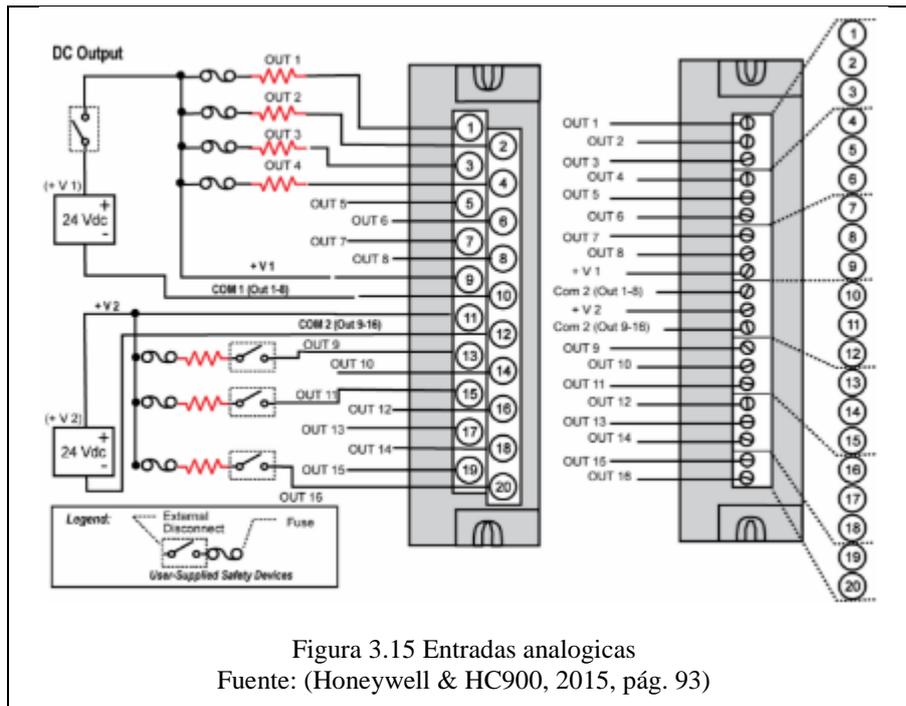


Figura 3.15 Entradas analógicas
Fuente: (Honeywell & HC900, 2015, pág. 93)

3.9 Módulo de comunicación

La red Ethernet de conectividad abierta para un controlador HC900 determinado permite:

- Redes redundantes.
- Comunicación al mismo nivel
- Conexión a otros PC servidores
- Interconexión con otras redes (por ejemplo, para el envío de mensajes de alarma/eventos por correo electrónico)

3.10 Diseño e implementación del HMI

Para el desarrollo de la interfaz hombre máquina, se hace uso del software Station Designer Software por sus ventajas, en el cual se desarrollarán el conjunto de pantallas que permitan visualizar, monitorear y dar seguimiento al sistema de bombas de agua N°1 CELEC EP.

El sistema **SCADA** está conformado por 5 pantallas principales:

- a) Bomba bostear
- b) Bomba principal
- c) Niveles del tanque

d) Controlador de válvula realimentación

e) Alarmas

Se detallará en los siguientes apartados:

La pantalla principal se la ha denominado *Bomba de Agua de Alimento* en el que se puede visualizar un conjunto de botones virtuales y físicos en los cuales se encuentran las pantallas de los diferentes procesos de cada una de las bombas, tanques y válvulas del sistema de bombeo. Se detallará en los siguientes apartados la función de cada una de la misma y las ventajas que brindan al moderno sistema de monitoreo que se plantea instalar. En la siguiente figura 3-16 se puede visualizar la pantalla principal desarrollada.

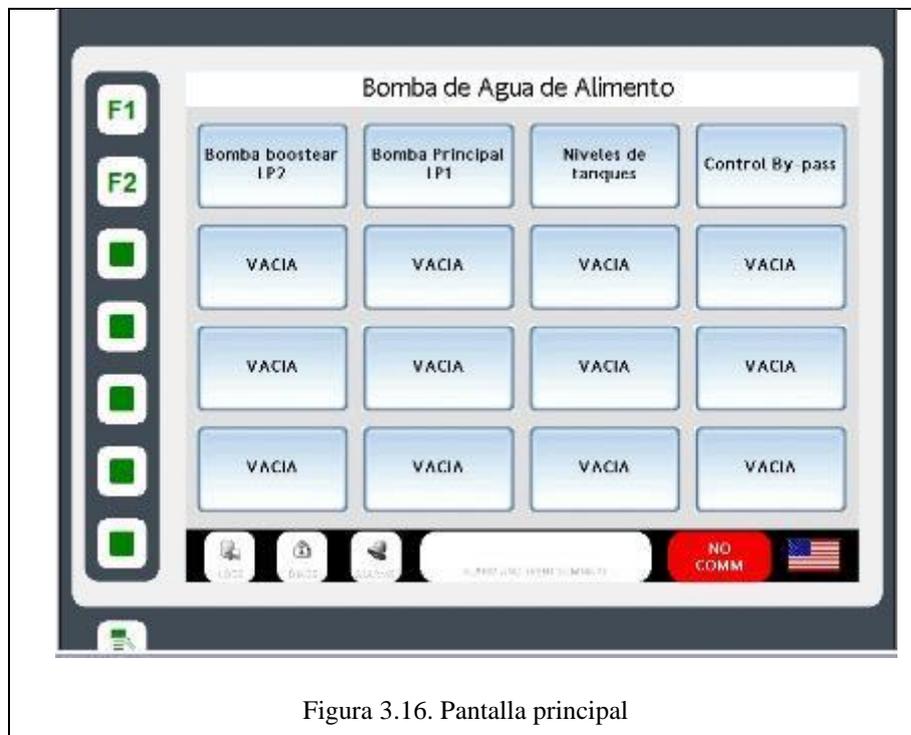


Figura 3.16. Pantalla principal

En los primeros dos botones dentro del menú principal se encuentran dos pantallas donde se puede visualizar los indicadores de presión y temperatura con los cuales se monitorea y supervisa cada una de las bombas del sistema de bombeo de agua N°1 (bomba principal y bostear). Sus indicadores se encuentran clasificados y organizados de tal forma que brinden una facilidad de legibilidad al momento de ser supervisados o monitoreados por los operadores de la empresa. Estos indicadores han sido etiquetados y clasificados respecto a la importancia que rige dentro del proceso.

Algunos de los indicadores presentes en las pantallas son los siguientes:

- Indicador de presión de aceite
- Indicador de presión de salida
- Indicador de presión de succión
- Indicador de temperatura de aceite
- Indicador de temperatura de agua de salida.

Se procede a definir los elementos presentes en el sistema de bombas de agua de alimento, estos equipos son los que tienen como objetivo presentar valores de presión y temperatura con los que trabaja el conjunto de bombas de agua N°1. Permiten decidir acciones preventivas y correctivas a posibles fallas en caso de que los valores no concuerden a los diseñados; reflejan un correcto funcionamiento del proceso basados en el monitoreo y supervisión del sistema de bombas de agua N°1

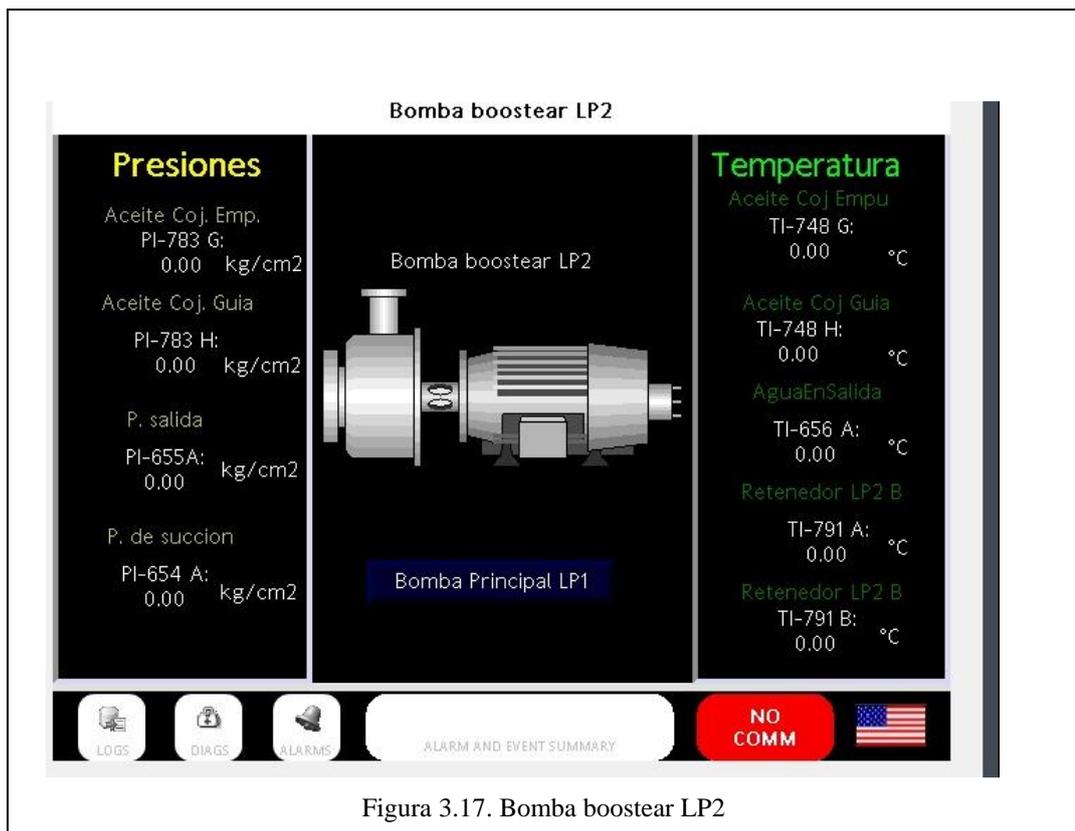


Figura 3.17. Bomba boostear LP2

Estos indicadores son los encargados de dar seguimiento al correcto funcionamiento de los sensores de cada una de las bombas de agua, como se muestra en las siguientes. En la siguiente figura 3.17. y figura 3.18. se puede visualizar la pantalla principal desarrollada.

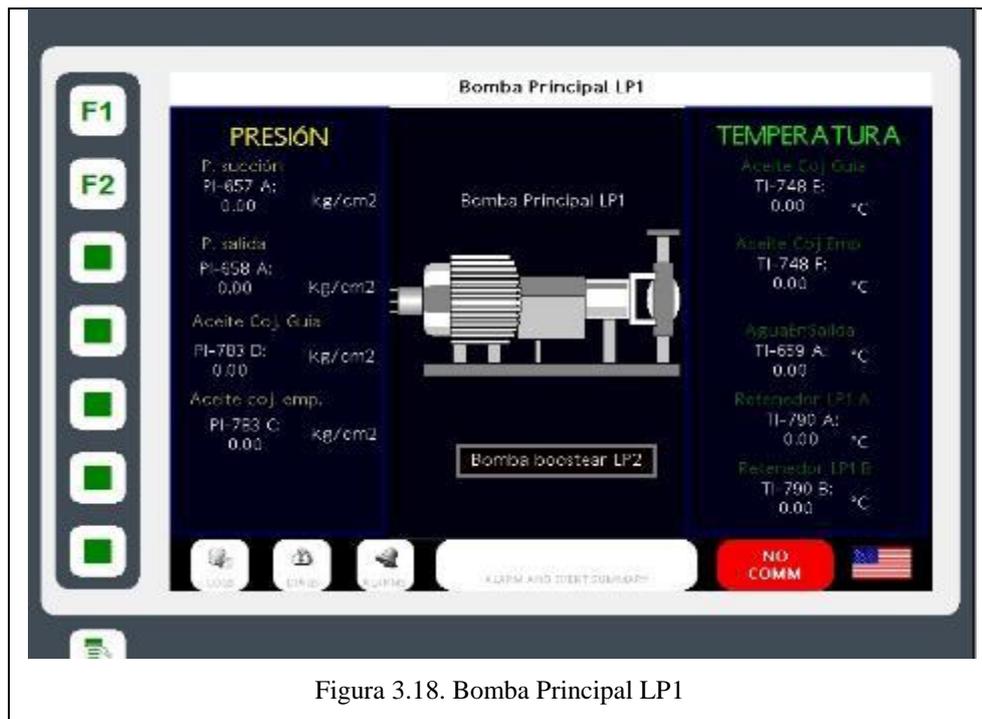


Figura 3.18. Bomba Principal LP1

Esta pantalla fue creada con la finalidad de permitir a los operadores de la Central Termica Termoesmeraldas 1, monitorear los niveles de los tanques en el campo, desde la succión del agua hasta donde se entrega, con la finalidad de poder supervisar los niveles de dichos tanques. Estos niveles son vigilados mediante el envio de señales de 4 a 20 mA por medio de transmisores de nivel LT-155 y LT-006, respectivamente, han sido representados de la manera más parecida a la real contribuyendo a un fácil manejo para el personal acargo. Como se muestra en la siguiente en la figura 3.19.

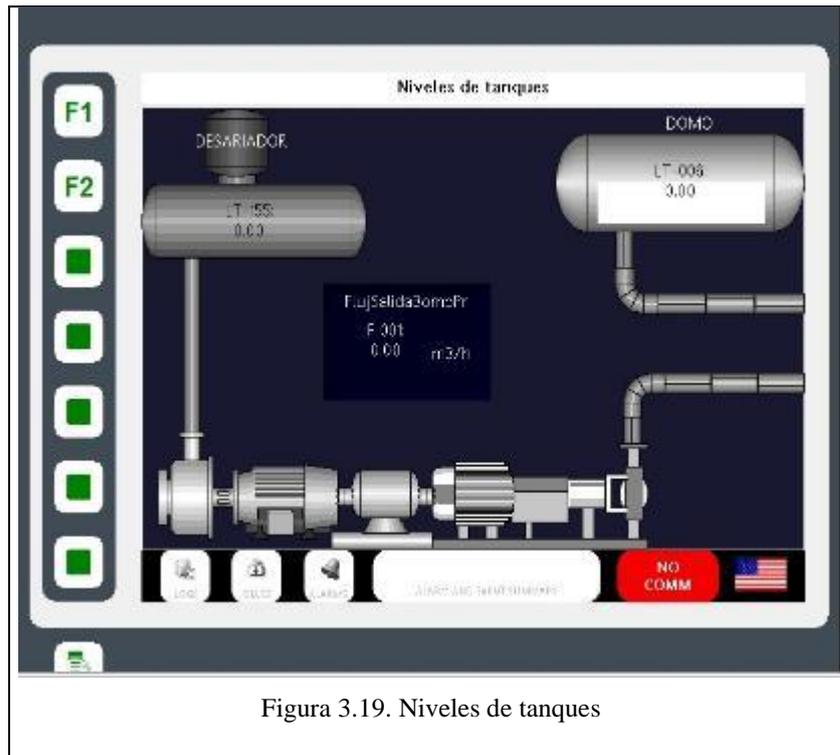


Figura 3.19. Niveles de tanques

En esta pantalla se visualiza de manera dinámica el control de la válvula on-off FCV-102A en la pantalla hay un selector dinámico. Su función es permitir realizar un test de flujo y un accionamiento automático de la válvula. El test de flujo implementado ha pedido de los operadores sirve para poder comprobar de manera manual el cierre, apertura, alarma y disparo de la válvula FCV-102 A. Mediante valores ingresados de manera manual simula el caudal. A este simulador se implementó un slider con rangos de operación de 0 a $270 \text{ m}^3/\text{h}$. El accionamiento automático da paso a que la válvula funcione mediante una señal 4 a 20 mA del transmisor de presión diferencial PDT-102 A, enviando una señal análoga con la cual el PLC Honeywell realizará todo el algoritmo de control hacia el proceso de bombeo.

Esta válvula cuenta con un conjunto de Setpoint que realizan acciones diferentes en el proceso de realimentación de agua hacia el domo. Los cuales están descritos en la pantalla. Como se muestra en la siguiente en la figura 3.20.

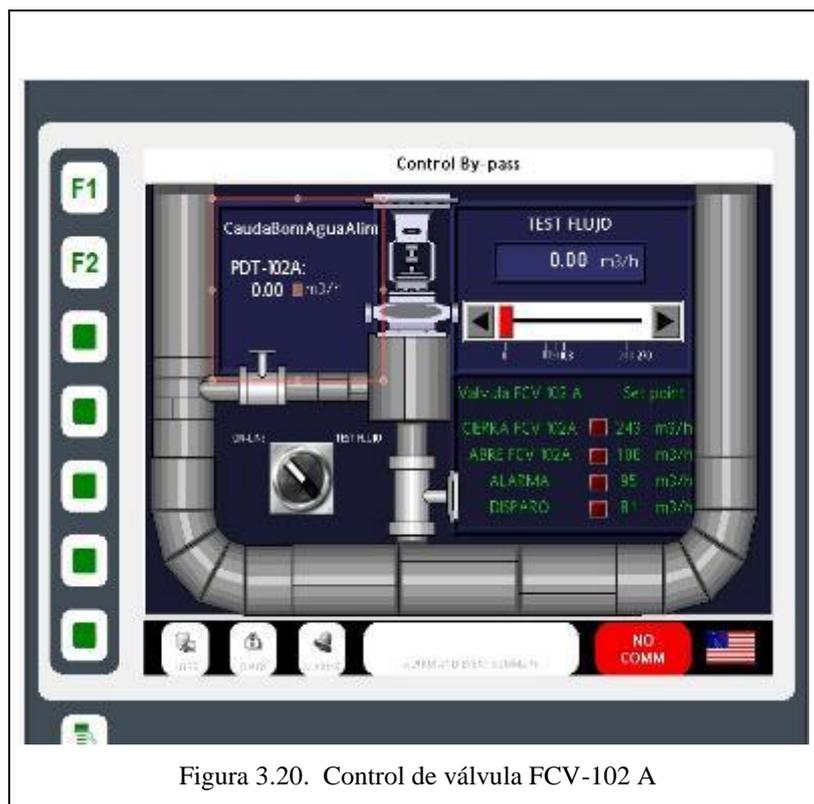


Figura 3.20. Control de válvula FCV-102 A

Esta pantalla permite visualizar un conjunto de 11 alarmas en las cuales tenemos por ejemplo: bajo nivel de aceite de lubricación, valvula cerrada, concenso de encendio de presión de aceite, las cuales seran detallas en los siguientes apartados. Son aquellas que rigen un funcionamiento de manera correcta al proceso de bombeo de agua n°1, de esta manera puedan ser organizadas y etiquetas con el proposito de brindar hacia el personal de operación y mantenimiento una mejor acción en caso de que se active una de ellas. Existen botones de reconocimiento con el fin de silenciar las alarmas sonoras. También hay botones de reposición que permite quitar la luz indicadora de la alarma una vez que esta se desactive.

Estas alarmas se encuentran establecidas con valores determinados por los diseñadores de la central térmica años atras, los cuales no pueden ser variados. Para una mejor visualización de los valores y el funcionamiento de cada una de las diferentes alarmas fue necesario desarrollar una pantalla auxiliar, requerida por parte de los operadores, la cual se despliega al pulsar alguna de las etiquetas de las alarmas.

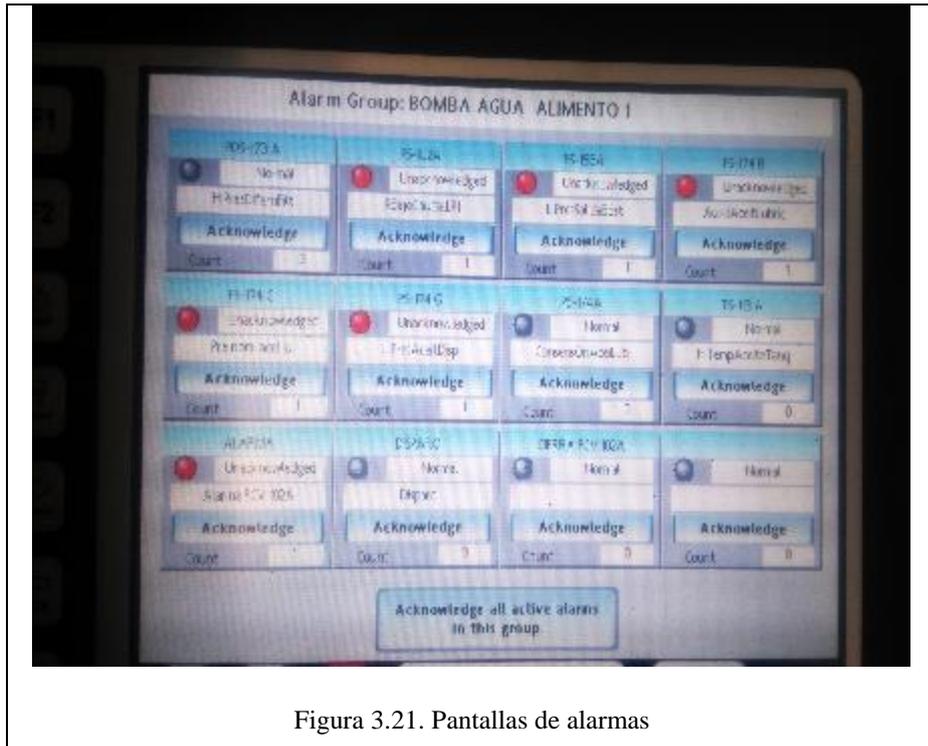


Figura 3.21. Pantallas de alarmas

Con el objetivo de contribuir a un mejor desempeño dentro del sistema de bombas de agua por parte de los operadores y el departamento de instrumentación, se desarrolló una pantalla auxiliar, la cual contiene información precisa sobre los rangos de operación de los principales elementos. Los valores presentados en la fig. 3.22. fueron obtenidos de la tabla de caracterización realizada en el proceso de caracterización del sistema como se puede observar en el anexo 3 entre los cuales se tiene el PS-174A que al ser un switch de presión es el que permite dar consenso para el sistema de aceite de lubricación auxiliar con un valor de 0.9 kg/cm^2 . Así mismo, se procedió a diseñar una pantalla auxiliar donde estarán los setpoint de las demás alarmas, su descripción y la etiqueta, ayudando de manera fácil y oportuna a la calibración de los sensores si fuese necesario por parte del departamento de instrumentación de la empresa. Como se muestra en la siguiente en la figura 3.21. y 3.22.

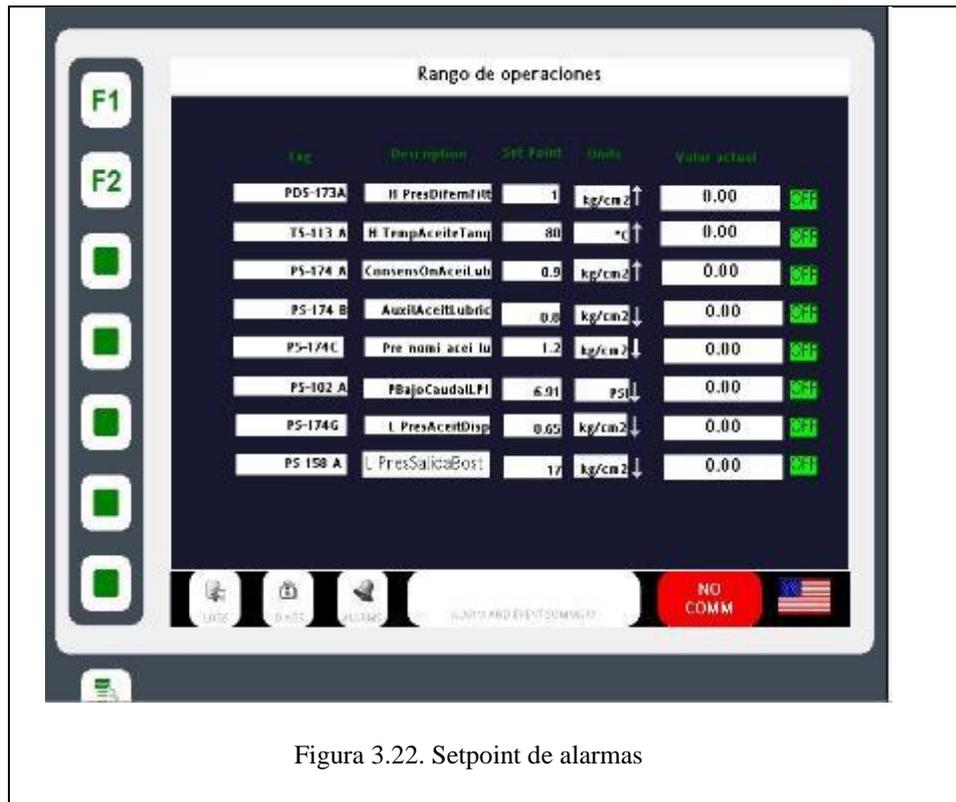


Figura 3.22. Setpoint de alarmas

En esta pantalla se realiza un registro de cada una de las alarmas antes mencionadas cuando son detectadas, permite monitorear y supervisar en tiempo real por parte de los operadores en el instante que se han activado las alarmas a través de un registro histórico de hora y fecha de accionamiento con las respectivas etiquetas de cada una de las alarmas. Como se muestra en la siguiente en la figura 3.23.

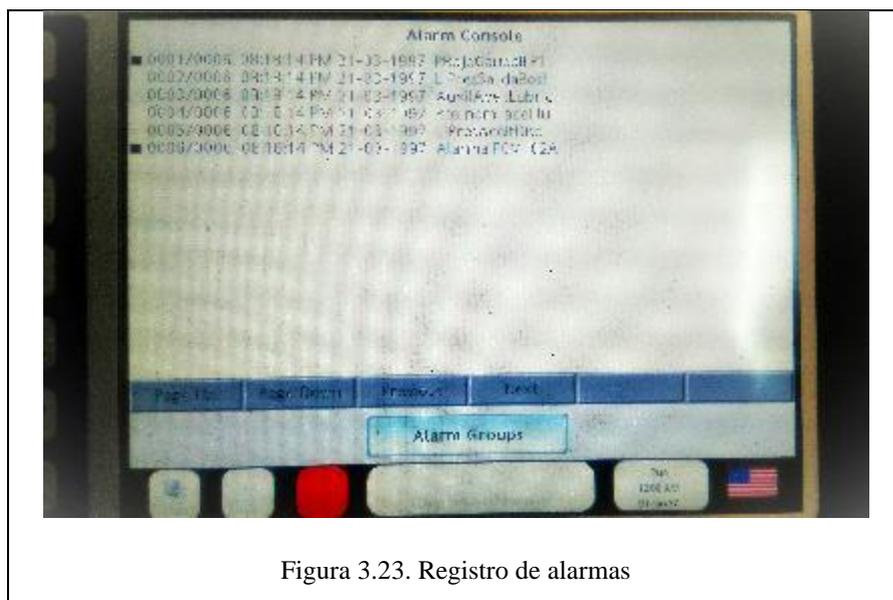


Figura 3.23. Registro de alarmas

CAPÍTULO 4

PRESUPUESTO Y ANÁLISIS

4.1 Costo de mantenimiento anual del área electrónico

Para brindar el mantenimiento a un equipo se requiere de tres personas quienes son encargadas de realizar operaciones en campo de manera preventiva o correctiva, son ellos quienes después de evaluar los equipos designan si el elemento sigue cumpliendo con las especificaciones técnicas para poder continuar el proceso o caso contrario se necesite cambiar el equipo por uno nuevo.

4.2 Costos de producción de agua desmineralizada

Basado en datos proporcionado por el departamento químico de la Central Térmica De Esmeraldas 1, el costo de producción cuando la empresa está fuera de servicio es de \$2,52 el m^3 y cuando se encuentra en funcionamiento el costo de producción de agua desmineralizada es de \$1,93 el m^3 . Aproximadamente el tanque desaireador consume un promedio de 100 m^3 con un costo de producción de \$8515,02 mensual.

4.3 Costos implícitos de instalación

Para dar mantenimiento a cualquier equipo instalada dentro de la empresa se requiere que un técnico de nivel 5, un técnico de nivel 3 y un supervisor del área. Los cuales deben disponer de 2 horas, para poder realizar el mantenimiento.

Si este mantenimiento es correctivo en donde se debe cambiar el equipo el costo del mantenimiento varía dependiendo del costo del nuevo equipo a instalarse.

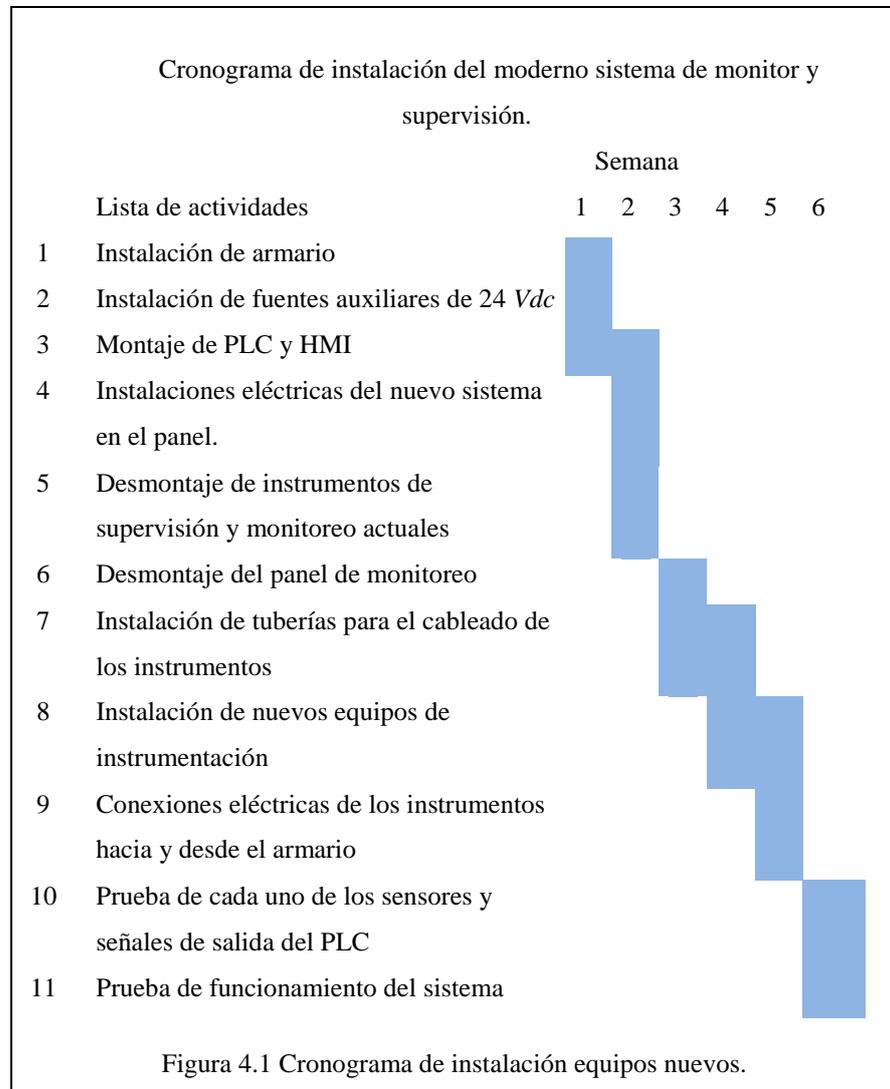
Tabla 4.1. Costo hora de mantenimiento

Personal	Hora de trabajo (usd)
Técnico 5	7,69
Técnico 3	5,77
Supervisor	10,20

Aproximadamente son \$ 47,32 por dar mantenimiento a cada uno de los equipos, tomando como referencia la tabla 4.1.

Se prevé que el tiempo de instalación del nuevo sistema de monitoreo, supervisión y control se demore 30 días laborales con 8 horas diarias, eso representa un gasto de \$ 5678,40.

Se desarrolló el cronograma de actividades con la participación del departamento de SEICA de CELEC EP para aproximadamente 30 días = 6 semanas como se puede observar en la siguiente figura 4.1.



4.4 Costos explícitos de equipos.

Tabla 4.2. Costos de los nuevos equipos.

Sistema de control HC900 marca Honeywell			
Descripción	Cantidad	Precio (usd)	Subtotal (usd)
Rack 8 módulos	1	673,35	673,35
Fuente para CPU C50	1	860,46	860,46
Procesador C50	1	2.395,82	2.395,82
Módulo de entrada análoga (16 canales por modulo)	5	1.759,00	8.795,00
Bornera para Modulo de entrada análoga	5	76,69	383,47
Módulo de salidas digital tipo relays (8 canales por modulo)	2	676,41	1.352,81
Bornera para digital output	2	67,49	134,99
CoverFiller	1	36,10	36,10
900CS10-00. Honeywell	1	6.540,00	6.540,00
Transmisores de presión	13	600,00	7.800,00
Transmisores de temperatura.	12	300,00	3.600,00
Transmisores de presión diferencial	3	3.000,00	9.000,00
Relés	100	25,00	2.500,00
Tornillos	300	0,03	9,00
Cable flexible 12 AWG amarillo	3	40,00	120,00
Cables flexibles 20 AWG rojo	3	40,00	120,00
Cable flexible 16 AWG negro	3	40,00	120,00
Sub total			44.441,00
IVA en USD 12%			5.332,92
Total, en USD			49.773,92

El costo total de instalación saldrá de la suma del costo explícitos más implícito aproximadamente \$ 55.452,32 descrito en la Tabla 4.2.

4.5 Beneficio confiabilidad y productividad

Después de desarrollar este proyecto de investigación con el fin de proporcionar a la empresa un moderno sistema de monitorio y supervisión, se determinó algunos benéficos que serán enumerados en el siguiente listado:

- a) Reducir 3 presostatos (PS-174 G, PS-174 B, PS-174 C) por un transmisor de presión (PT-783A) y el presostato (PS-158A) por un transmisor de presión de (PT-655A) ahorrándole a la empresa costos de mantenimiento y de reposición en caso de averías en los equipos aproximadamente un ahorro de \$ 600.00, a su vez, el proceso de mantenimiento es sencillo, porque se cuenta con menos equipos instalados en el campo, evitando menos puntos de falla.
- b) Reducir 1 termoswitch (TS-113A) por un transmisor de temperatura (TT-790), ahorrándole a la empresa costos de mantenimiento y de reposición en caso de averías en los equipos aproximadamente un ahorro de \$ 200.00.
- c) La válvula es parte de la línea de retroalimentación que opera a una capacidad de flujo máximo de $243 \text{ m}^3/\text{h}$. La válvula FCV-102A es controlada a través de un controlador ABB se propone reemplazar su lazo de control en el PLC HONEYWELL HC900 generando un ahorro de mantenimiento y reposición en caso de daño de \$ 1500.00.

- ¿Cuánto le cuesta a la empresa no producir energía?

Basando en los datos proporcionados por el departamento de vicepresidencia técnica de la central térmica 1 se obtuvo algunas fórmulas que sirven para poder calcular los costos de producción energética mensual.

$$cr = cv + cf \quad \text{Ecu. 4.1.}$$

cr = Costo de nergia regulada

cv = Costo variables

cf = costos fijos

Los costos variables son todo insumo que la central térmica necesita para poder generar electricidad, algunos de ellos son Fuel Oil, lubricantes, agua, destroza, etc. Esto puede ser revisado en el anexo 2.

Los costos fijos representan los sueldos de los profesionales que se encuentran trabajando en la central térmica; además el menaje y nuevos proyectos que se pretenden implementar en la empresa, pero este costo fijo es asignado por la

ARCONEL. El presupuesto se rige al análisis de disponibilidad a través de la siguiente fórmula, disponibilidad a prestar servicio y dar servicio en caso de ser requerido.

$$Disponibilidad = \frac{\text{hora de periodo} - (\text{indisponibilidad})}{\text{hora de periodo}} \quad \text{Ecu. 4.2}$$

Gracias a la anterior ecuación la Empresa y ARCONEL conoce cuántas horas ha generado electricidad o se encuentra disponible la empresa para prestar servicio, de tal manera se puede obtener un factor de disponibilidad regulada anual. Permite obtener un promedio entre rangos de 0,0 a 1,0 si el valor obtenido es menor a 0,8 se multiplica el promedio obtenido por el valor asignado mensual de ARCONEL hacia la empresa y dividido para el 80% de disponibilidad que debe tener cada una de las centrales térmicas a nivel nacional. Sí el valor obtenido es mayor o igual a 0,8 ARCONEL se dispone a entregar el 100% de la partida presupuestaria asignada.

La confiabilidad de cada central térmica a nivel nacional se obtiene del análisis mensual basado en promedios anuales anteriores en los cuales la central debe tener un factor de disponibilidad que puede ser igual o mayor a 0,8 y tal forma poder recibir el 100% de la partida presupuestaria requerida por la empresa, caso contrario la empresa percibiría valores menores al requerido.

4.6 Costo / beneficio

El moderno sistema de monitoreo y supervisión desarrollado permite una toma de decisiones precisa por parte de los operadores que evitara paros innecesarios en la planta y poder mantener su factor de disponibilidad mayor al 0,8 requerido por la ARCONEL.

Basado en datos proporcionados por el departamento de vicepresidencia técnica, el costo variable de producción hora en la Central Térmica Esmeraldas 1 es de aproximadamente \$2419.0 del mes de enero de 2017, y de \$3560.86 costo fijo de producción. Al contar con un sistema de monitoreo y supervisión anticuado que no presta la seguridad ni garantiza la confiabilidad de la empresa, el cual debe ser mayor al 0,8 del factor de disponibilidad anual, puede representar perdidas de la partida presupuestaria anual.

$$CTh = CVh + CFh \quad \text{Ecu. 4.3}$$

$$CTh = 3560.86 + 2419.49$$

$$CTh = 5980.35$$

CTh: Costo total hora

CFh: Costo fijo hora

CVh: Costo variable hora

Para calcular el retorno de inversión (ROI) se debe utilizar la siguiente ecuación, que permitiría evitar pérdidas en el proyecto de tal manera facilitaría la planificación dan paso a priorizaría el aprovechamiento de recursos:

$$ROI = \frac{\text{Ingresos}}{\text{costos del proyecto}} \quad \text{Ecu. 4.4.}$$

Al ser un proyecto de mejoramiento para mantener la disponibilidad requerida hacia ARCONEL es difícil calcular un ROI o retorno de inversión gracias a que los ingresos que este proyecto generaría hacia la empresa son poco palpables desde el punto económico, pero si recordamos que la hora de trabajo dentro de la Central Térmica Esmeraldas 1 es de aproximadamente \$ 5980.35 como se muestra en los cálculos realizados en la Ecu. 4.3 da una idea de que la inversión requerida para la instalación del proyecto retornaría en aproximadamente 10 horas laborables, ya que le se brindaría la posibilidad de continuar cumpliendo con el factor requerido por la empresa pública

La implementación del nuevo sistema de monitoreo, supervisión y control desarrollado en el estudio de ingeniería permitirá mantener un factor de disponibilidad mayor o igual al 0,8 requerido en la empresa por un concepto de \$5980.5 que le permita a la empresa obtener la partida presupuestaria requerida anualmente. El nuevo sistema brinda un conjunto de facilidades, mejores y actualizaciones al proceso de bombeo, garantizando que el proceso de bombeo de agua dentro de la central térmica sea continuo, siendo monitoreado, supervisado y controlado por parte de los operadores y personal de la empresa de manera oportuna. Las alarmas son registradas a través de un registro histórico que permite tener un mejor control de ellas durante y después de accionamiento. Todas las soluciones planteadas y mejoras realizadas al sistema de bombeo permiten contribuir al circuito cerrado de generación eléctrica del país.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 Conclusiones

El Sistema de Bombas De Agua N° 1 De CELEC EP Termoesmeraldas 1, fue diseñado aproximadamente 20 años atrás. Este diseño se encuentra obsoleto provocando errores de registro de datos hacia los operadores, al mismo tiempo dificulta el mantenimiento de los equipos de instrumentación cuando necesitan ser calibrados o retirados, al ser una planta de generación eléctrica no es aceptable este tipo de errores en este proceso.

No existían planos generales P&ID del sistema de bombas, ni del sistema de lubricación en el sistema de bombas, esto generaba realizar un mantenimiento preventivo y correctivo inadecuado por parte de los operadores, simultáneamente esto permitía no tener una guía al momento de realizar el control de supervisión por parte del personal de la empresa.

En los planos desarrollados P&ID para el sistema de monitoreo y supervisión dentro del conjunto de bombas de agua en N°1. Se diseñaron mejoras a los elementos de instrumentación, incluyendo nuevos equipos tales como: transmisores de presión, temperatura y de nivel, quienes permiten desarrollar un conjunto de pantallas en el HMI, las cuales darán a conocer cada una de las etapas del proceso de bombas de agua desmineralizada, de tal manera los operadores y personal de la empresa puedan tener un soporte técnico y visual con mayor exactitud y precisión al momento de realizar cualquier tipo de soporte o mejora en el proceso de bombeo.

Por pedido de los operadores, se agregó un test de flujo con el cual ellos podrán realizar pruebas de verificación y operación de la válvula FCV-102A, sin necesidad de la señal de un transmisor de flujo quien es el que comanda la apertura o cierre de la dicha válvula. Esto ayuda a saber el estado de funcionamiento antes de que el sistema de bombas empiece a funcionar, evitando posibles fallas al momento de arranque de la planta. El Test de flujo fue desarrollado en la pantalla de HMI llamada “Control bypass” el que se realizó de manera satisfactoria.

La interfaz del HMI desarrollada en le Honeywell HC900, fue valorada por parte de los operadores y personal de la empresa, cumpliendo con los requerimientos necesarios

de funcionamiento dentro de la misma, del mismo modo ayudan a desarrollar un mejor proceso de supresión, monitoreo, y control hacia de los operadores.

Se realizó y diseñó los planos eléctricos de los nuevos equipos de instrumentación a instalarse, cumpliendo con los estándares impuestos por el personal del departamento eléctrico de Termoesmeraldas 1. Estos planos permiten dar guía hacia el personal encargado de la instalación de los equipos, y a su vez, permitiendo el acondicionamiento de las señales de los equipos.

En el estudio de ingeniería se establece un conjunto de mejoras al sistema de bombeo, entre una de ellas fue incorporar este lazo de control *on-off* a la válvula FCV-102A mediante el PLC al que se propone instalar luego de realizar la simulación del proceso, de tal forma que se pueda visualizarse mediante el HMI en qué estado de operación se encuentra dicha válvula.

El costo de implementación para la empresa representa un valor de \$ 55452.32. Este gasto permitirá obtener una mayor confiabilidad hacia la ARCONEL de tal manera que se conserve el factor de disponibilidad mayor a 0.8, con el cual pueda recibir la partida presupuestaria requerida por parte de la empresa cada año. El proyecto evitara que la Central Térmicas Esmeraldas I minimice los riesgos de salir de servicio ya que al ser equipos nuevos con tecnologías de 2017 brindan ciertas características técnicas que ayudan a mitigar ciertas fallas, y de esta forma la Central Térmica de Esmeraldas I se encuentre operativa continuamente. Al evitar estar fuera de servicio por más de 9,29 horas = 10 horas, representa un ahorro para la empresa de aproximadamente \$59803.5 con el cual el proyecto ya queda saldado.

5.2 Recomendaciones

Aunque la inversión del proyecto es alta se recomienda implementarlo gracias a que brinda un conjunto de soluciones que garantizan que los sistemas de bombas de agua dentro de la empresa puedan cumplir con la disponibilidad y seguridad necesaria para funcionar y contribuyan de manera óptima al circuito de generación eléctrica cerrado del país.

Se recomienda analizar el proyecto desarrollado en CELEC EP TERMOESMERALDAS 1 con la finalidad de intentar replicarlo en las demás centrales eléctricas del país, si fuese necesario.

Se recomienda instalar el nuevo sistema de monitoreo ya que muchos elementos de instrumentación instalados en el actual sistema fueron eliminados gracias a la correcta optimización de los nuevos elementos propuestos en el moderno sistema de monitoreo y supervisión.

Se recomienda implementar el proyecto gracias al desarrollo de nuevos lasos de supervisión dentro del interfaz humano máquina diseñado hacia los operadores

Al ser un proyecto de mejoramiento, se analizó todas las fallas actuales encontradas en el sistema, siendo estas corregidas de manera oportuna, se recomienda instalar el nuevo sistema de monitoreo, evitando así daños a futuro

LISTA DE REFERENCIAS

- Aranzabal, A. (2015). *Motores térmicos de vapor, gas y de combustión interna a través de PBL*. baliabideak.
- Autodesk. (2010). *Autocad Architecture 2011*. Autodesk.
- C. E., & Termoesmeraldas 1, C. E. (s.f.). Sistema de agua de alimentación. *Descripción sistema de caldera*. Esmeraldas, Esmeraldas: CELEC EP.
- Honeywell , C. H., & HC900, C. H. (1 de Agosto de 2015). Guia de usuario e Instalación. *Honeywell Process Solutions*. EEUU.
- Reinier Jiménez Borges, Junior Lorenzo Llanes, JoséPedro Monteagudo Yanes1, Héctor Pérez de Alejo Victoria,Rafael Álvarez Delgado, David Daniel Carreño Sarmiento. (2016). POTENCIALIDADES DE ENTREGA DE ENERGÍA ELÉCTRICA. *Centro de azucar*, 64.
- Vintimilla, D. E. (2010). Plan Maestro de electrificación. *ministerio de electricida y nergia renovable*, 5-7.
- W. H. Severns, H. E. (2010). *Energia mediante Vapor, Aire o Gas*. Barcelona, España: Editorial Reverté.
- Ramos, S. R. (2014). *Instrumentación y control en instalaciones en procesos, energía y servicios auxiliares*. Madrid: Innovación y Cualificación S. L.
- Sánchez, J. A. (2003). *Control Avanzado de procesos*. Madrid: Diaz de santos S.A.
- Sánchez, J. A. (2013). *Instrumentación y control básico de procesos*. Madrid: Diaz de santos.

ANEXOS

Anexo 1

File Name: INC300-CSI Rev 6.0x - ZT_04_-1
 Controller: CONTROLLER Title:

Author:

I/O Configuration Report

Configured I/O Points

Rack	Module	Channel	Block	Eng. Units	AI Input Range	Tag Name	Description
1	1	1	AI108	kg/cm2	mA 4 20	PI-855A	P. salida
1	1	2	AI109	kg/cm2	mA 4 20	PI-854 A	P. de succión
1	1	3	AI110	kg/cm2	mA 4 20	PI-857 A	P. succión
1	1	4	AI111	kg/cm2	mA 4 20	PI-858 A	P. salida
1	1	5	AI114	°C	mA 4 20	TI-856 A	AguaInSalida
1	1	6	AI115	°C	mA 4 20	TI-859 A	AguaInSalida
1	1	7	AI116	°C	mA 4 20	TI-791 B	Filteador LP2 B
1	1	8	AI117	°C	mA 4 20	TI-791 A	Filteador LP2 B
1	2	1	AI118	°C	mA 4 20	TI-790 A	Filteador LP1 A
1	2	2	AI119	°C	mA 4 20	TI-790 B	Filteador LP1 B
1	2	3	AI120	kg/cm2	mA 4 20	PI-783 A	Acetil seal Filtr
1	2	4	AI121	kg/cm2	mA 4 20	PI-783 C	Acetile Coj. Emp.
1	2	5	AI122	kg/cm2	mA 4 20	PI-783 D	Acetile Coj. Guia
1	2	6	AI123	kg/cm2	mA 4 20	PI-783 E	Acetile Sop Mon A
1	2	7	AI124	kg/cm2	mA 4 20	PI-783 F	Acetile Sop Mon P
1	2	8	AI125	kg/cm2	mA 4 20	PI-783 G	Acetile Coj. Emp.
1	3	1	AI178	m3h	mA 4 20	POT-102A	CaudaSomAguaAlim
1	3	2	AI127	°C	mA 4 20	TI-748 A	Acetile Ent. Entril
1	3	3	AI128	°C	mA 4 20	TI-748 C	Acetile seal Lubr
1	3	4	AI129	°C	mA 4 20	TI-748 E	Acetile Coj. Guia
1	3	5	AI130	°C	mA 4 20	TI-748 F	Acetile Coj. Emp
1	3	6	AI131	°C	mA 4 20	TI-748 G	Acetile Coj. Empu
1	3	7	AI132	°C	mA 4 20	TI-748 H	Acetile Coj. Guia
1	3	8	AI159	PSI	mA 4 20	PS-102 A	PS-102 A
1	4	2	AI158	kg/cm2	mA 4 20	PS-174 A	PS-174 A
1	4	3	AI156	°C	mA 4 20	TS-113 A	TS-113 A
1	4	4	AI156	kg/cm2	mA 4 20	PS-174 B	PS-174 B
1	4	5	AI184	cm	mA 4 20	LT-308	Nivel del domo
1	4	6	AI183	cm	mA 4 20	LT-156	N. del dearrinero
1	4	7	AI190	kg/cm2	mA 4 20	POS-173A	
1	5	2	AI187	kg/cm2	mA 4 20	PDI-745 A	SegundalPresión
1	5	4	AI126	kg/cm2	mA 4 20	PI-783 H	Acetile Coj. Guia
1	5	7	AO27	m3h	mA 4 20	F-001	FlujSalidaBombPr
1	8	1	8DO319			ALARMA FGV 102A	
1	8	2	8DO319			DISPARO FGV 102A	
1	8	3	8DO319			DO TS-113 A	
1	8	4	8DO319			DO PS-158 A	
1	8	5	8DO319			ABRE FGV 102A	
1	8	6	8DO319			CIERRA FGV 102A	
1	8	7	8DO319			DO PS-174 C	
1	8	8	8DO319			DO PS-174 G	
1	9	1	8DO477			DO PS-174 A	
1	9	2	8DO477			DO PS-174 B	
1	9	3	8DO477			DO PS-102 A	
1	9	4	8DO477				
1	9	5	8DO477				
1	9	6	8DO477				
1	9	7	8DO477				

Created Date: 27/4/2017 10:31:23

Modified Date: 6/5/2017 13:57:28

Page: 1 of 2

Anexo 2

OPERADOR NACIONAL DE ELECTRICIDAD CENACE																	
GERENCIA DE PLANEAMIENTO																	
Costos Variables de Producción																	
100% de la Potencia Efectiva																	
PERÍODO: 1 al 30 de junio de 2017																	
No.	EMPRESA	UNIDAD	CODIGO «PSR»	TIPO	COSTO VARIABLE UNITARIO (US\$/kWh)									TOTAL US\$/kWh	TOTAL US\$/kWh	POTENCIA EFECTIVA (MW)	CVP Pefec de formulario (US\$/kWh)
					Rendimiento kWh/galón	Combustible	Transporte	Lubricantes, Químicos y Otros	Agua Potable	Mantenimientos RPTM, OIM, MOAM	Control Ambiental	Servicios Auxiliares	TOTAL US\$/kWh				
1	CELEC_EP_TERMOESMERALDAS	ESMERALDAS	ESMETVA01	RESI	15,780000	0,024334	0,000000	0,000485	0,000137	0,003010	0,000461	0,0023197377	0,03	3,08	125,00	0,030806610	
2	CELEC_EP_TERMOGAS MACHAL	MACHALA GAS - FA1	TGMATTG01	GNAT	11193,879853	0,030783	0,000000	0,000064	0,000000	0,003822	0,000054	0,0006653033	0,04	3,54	68,80	0,035388471	
3	CELEC_EP_TERMOGAS MACHAL	MACHALA GAS - FA2	TGMATTG02	GNAT	11176,460000	0,030735	0,000000	0,000066	0,000000	0,003913	0,000055	0,0006661873	0,04	3,54	67,60	0,035435496	
4	CELEC_EP_TERMOGAS MACHAL	MACHALA GAS 2 - TG04	TGM2TTG04	GNAT	#####	0,029659	0,000000	0,000293	0,000000	0,005038	0,000033	0,0004253782	0,04	3,54	20,00	0,035448182	
5	CELEC_EP_TERMOGAS MACHAL	MACHALA GAS 2 - TG05	TGM2TTG05	GNAT	10786,975853	0,029664	0,000000	0,000293	0,000000	0,005038	0,000033	0,0004254456	0,04	3,55	20,00	0,035453802	
6	CELEC_EP_TERMOGAS MACHAL	MACHALA GAS 2 - TG01	TGM2TTG01	GNAT	10788,705576	0,029669	0,000000	0,000293	0,000000	0,005038	0,000033	0,0004255034	0,04	3,55	20,00	0,035458617	
7	CELEC_EP_TERMOGAS MACHAL	MACHALA GAS 2 - TG06	TGM2TTG06	GNAT	#####	0,029332	0,000000	0,000308	0,000000	0,005303	0,000035	0,0004255728	0,04	3,55	19,00	0,035464401	
8	CELEC_EP_TERMOGAS MACHAL	MACHALA GAS 2 - TG02	TGM2TTG02	GNAT	10791,963693	0,029678	0,000000	0,000293	0,000000	0,005038	0,000033	0,0004256122	0,04	3,55	20,00	0,035467685	
9	CELEC_EP_TERMOGAS MACHAL	MACHALA GAS 2 - TG03	TGM2TTG03	GNAT	#####	0,029681	0,000000	0,000293	0,000000	0,005038	0,000033	0,0004256482	0,04	3,55	20,00	0,035470681	
10	CELEC_EP_ELECTROGUAYAS	SANTA ELENA III-1	SEL3TMC01	FOIL	18,300000	0,027116	0,000984	0,001885	0,000005	0,005514	0,000000	0,0018686171	0,04	3,74	13,30	0,037372343	
11	CELEC_EP_ELECTROGUAYAS	SANTA ELENA III-2	SEL3TMC02	FOIL	18,220000	0,027235	0,000989	0,001885	0,000005	0,005514	0,000000	0,0018751109	0,04	3,75	13,30	0,037502217	
12	CELEC_EP_ELECTROGUAYAS	SANTA ELENA III-3	SEL3TMC03	FOIL	18,190000	0,027279	0,000990	0,001885	0,000005	0,005514	0,000000	0,0018775607	0,04	3,76	13,30	0,037551215	
13	CELEC_EP_ELECTROGUAYAS	TRINITARIA TV1	TRINTVA01	FOIL	16,070000	0,030467	0,004477	0,000100	0,000000	0,003978	0,000000	0,0025217554	0,04	4,15	133,00	0,041544569	
14	QUITO	G.HERNANDEZ 4	GHERTMC04	RESI	16,680000	0,025231	0,006245	0,009858	0,000011	0,002638	0,000647	0,0012309874	0,05	4,59	5,20	0,045860927	
15	QUITO	G.HERNANDEZ 3	GHERTMC03	RESI	16,650000	0,025277	0,006256	0,009858	0,000011	0,002638	0,000647	0,0012325517	0,05	4,59	5,20	0,045919205	
16	QUITO	G.HERNANDEZ 6	GHERTMC06	RESI	16,610000	0,025338	0,006271	0,009858	0,000011	0,002638	0,000647	0,0012346462	0,05	4,60	5,20	0,045997236	
17	QUITO	G.HERNANDEZ 5	GHERTMC05	RESI	16,600000	0,025353	0,006275	0,009858	0,000011	0,002638	0,000647	0,0012351714	0,05	4,60	5,20	0,046016803	
18	QUITO	G.HERNANDEZ 1	GHERTMC01	RESI	16,540000	0,025445	0,006298	0,009858	0,000011	0,002638	0,000647	0,0012383353	0,05	4,61	5,20	0,046134699	
19	QUITO	G.HERNANDEZ 2	GHERTMC02	RESI	16,540000	0,025445	0,006298	0,009858	0,000011	0,002638	0,000647	0,0012383353	0,05	4,61	5,20	0,046134699	
20	CELEC_EP_TERMOESMERALDAS	ESMERALDAS II U1	ESM2TMC01	RESI	17,300000	0,026025	0,000327	0,005346	0,000004	0,011289	0,001140	0,0022396871	0,05	4,64	48,00	0,046370333	
21	CELEC_EP_TERMOESMERALDAS	ESMERALDAS II U2	ESM2TMC02	RESI	17,300000	0,026025	0,000327	0,005346	0,000004	0,011289	0,001140	0,0022396871	0,05	4,64	48,00	0,046370333	
22	ELECAUSTRO	EL DESCANSO 1	DESCTMC01	RESI	16,690000	0,036217	0,004889	0,002044	0,000000	0,001904	0,000000	0,0014205929	0,05	4,65	4,30	0,046474589	
23	ELECAUSTRO	EL DESCANSO 2	DESCTMC02	RESI	16,630000	0,036348	0,004906	0,002315	0,000000	0,001904	0,000000	0,0014337967	0,05	4,69	4,30	0,046906548	
24	CELEC_EP_ELECTROGUAYAS	SANTA ELENA II-1	SEL2TMC01	FOIL	16,340000	0,031987	0,001096	0,002825	0,000054	0,008724	0,000000	0,0023519198	0,05	4,70	81,10	0,047038396	
25	ELECAUSTRO	EL DESCANSO 3	DESCTMC03	RESI	16,470000	0,036701	0,004954	0,002059	0,000000	0,001904	0,000000	0,0014383584	0,05	4,71	4,30	0,047055786	
26	CELEC_EP_ELECTROGUAYAS	G. ZEVALLOS TV2	GZEVTVA02	FOIL	13,760000	0,035581	0,005229	0,000197	0,000122	0,003886	0,000000	0,0023692512	0,05	4,74	72,00	0,047385024	
27	ELECAUSTRO	EL DESCANSO 4	DESCTMC04	RESI	16,140000	0,037451	0,005055	0,002119	0,000000	0,001904	0,000000	0,0014671047	0,05	4,80	4,30	0,047996217	
28	CELEC_EP_TERMOPICHINCHA	QUEVEDO 2	QUE2TMC01	RESI	16,000000	0,029356	0,004038	0,005870	0,000000	0,005890	0,000514	0,0024036234	0,05	4,81	94,00	0,048072468	
29	UNACEM ECUADOR	UNACEM	LCENTMCO1	RESI	16,100000	0,024726	0,007181	0,002616	0,000000	0,011820	0,000600	0,0027102276	0,05	4,97	13,00	0,049653024	
30	CELEC_EP_ELECTROGUAYAS	G. ZEVALLOS TV3	GZEVTVA03	FOIL	13,240000	0,036979	0,005434	0,000222	0,000037	0,005268	0,000000	0,0025263485	0,05	5,05	73,00	0,050526971	
31	CELEC_EP_TERMOPICHINCHA	GUANGOPOLO II U1	GUA2TMC01	RESI	16,800000	0,026568	0,005820	0,005573	0,000000	0,011310	0,000476	0,0020727987	0,05	5,18	8,00	0,051819967	
32	CELEC_EP_TERMOPICHINCHA	GUANGOPOLO II U2	GUA2TMC02	RESI	16,800000	0,026568	0,005820	0,005573	0,000000	0,011310	0,000476	0,0020727987	0,05	5,18	8,00	0,051819967	

Anexo 3

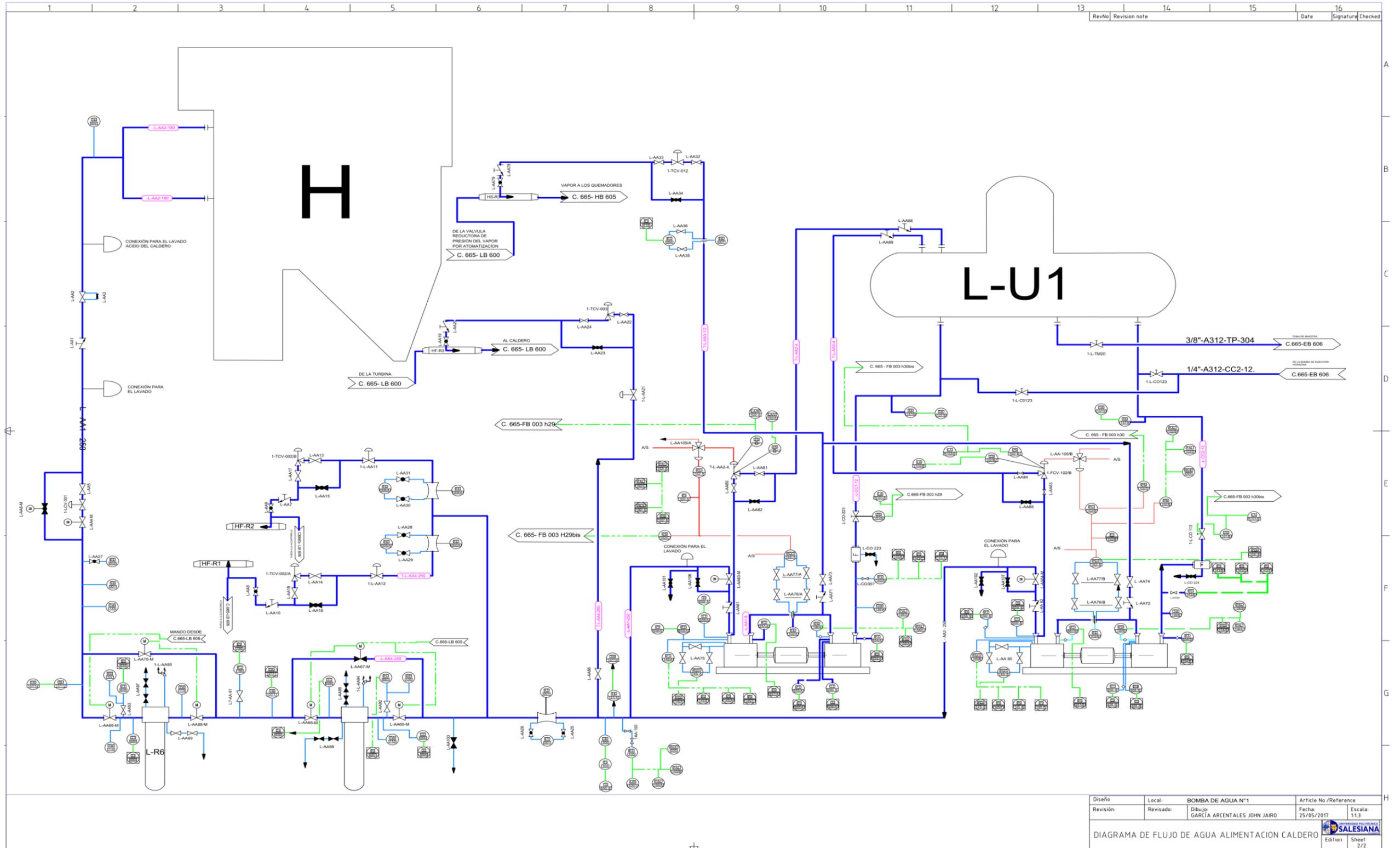
Caracterización de instrumentación bomba de agua de alimento.								Área: Bomba de agua de alimento numero 1 termo esmeraldas					
#	Etiqueta				nombre	servicio		rango de operación					
								Unidad	set	encontrado	actualizado	fecha de actualización	observación
1	1	PDS	173	A	Switch de presión diferencial	Caída de presión filtros aceite lubricación. Alarma alta presión diferencial	DO	kg/cm2	↑1	1,3	1	03/09/2001	
2	1	TS	113	A	Switch de temperatura	alarma alta de temperatura tanque aceite de la bomba de alimentación	DO	°C	↑80				
3	1	TI	748	A	Indicador de temperatura	Presión aceite lubricación alimentación 1 consenso encendido BEP-1	DO	kg/cm2	↑0,9	0,97	0,9↑	08/08/1997	
4	1	PS	174	B	Switch de Presión	Presión aceite lubricación alimentación 1 arranque de bomba a utilizar por baja presión de aceite de lubricación	DO	kg/cm2	↓0,8	0,68	0,8	13/08/1997	
5	1	PS	174	C	Switch de Presión	presión aceite lubricación bomba de alimento 1 presión nominal	DO	kg/cm2	↓1,2	0,4	1,2	13/08/1997	
6	1	PDI	749	B	Indicador de presión diferencial	indica la presión por la que pasa el aceite de lubricación por los filtros	AO						
7	1	TI	656	A	Indicador de temperatura	Tem. Aceite de entrada al enfriador	AO	°C					
8	1	LSL											
9	1	TI	659	A	Indicador de temperatura	indica la presión por la que pasa el aceite de lubricación por los filtros		kg/cm2					
10	1	PS	174	A	Switch de Presión	Presión aceite de lubricación (consenso para el encendido)	AO	kg/cm2	↑0,9	0,97	0,9	13/08/1997	
11	1	TI	748	C	Indicador de temperatura	Tem. Aceite salida central de lubricación	AO	°C					

12	1	PI	783	C	Indicador de presión	presión aceite cojinete de empuje BBA LP1	AO	kg/cm2					
13	1	PS	102	A	Switch de Presión	presión de bajo caudal BAA 1	AO	PSI	↓6,91	7,3	6,91		
14	1	PI	783	A	Indicador de presión	visualizador mecánico							
15	1	MJ-FG	112	B	Indicador de flujo	visualizador mecánico							
16	1	PI	655	A	Indicador de presión	Temperatura del retenedor bomba LP1 A							
17	1	PI	654	A	Indicador de presión	visualizador mecánico							
18	1	PI	657	A	Indicador de presión	mecánico							
19	1	TI	748	E	Indicador de temperatura	Temp. Aceite cojinete BAA LP1	AO	°C					
20	1	PI	658	A	Indicador de presión	mecánico							
21	1	MJ-TI	790	B	Indicador de temperatura sección caldera	Temperatura del retenedor bomba LP1 B							
22	1	PI	783	D	Indicador de presión		AO	kg/cm2					
23	1	PI	783	E	Indicador de presión	Presión aceite soporte motor anterior	AO	kg/cm2					
24	1	MJ-FG	113	B	Indicador de flujo	visualizador mecánico							
25	1	FG	114	C	Indicador de flujo	mecánico							
26	1	TI	748	G	Indicador de temperatura	Temp. Aceite cojinete empuje bostear LP2	AO	°C					
27	1	FG	114	D	Indicador de flujo	mecánico							
28	1	FG	114	E	Indicador de flujo	mecánico							
29	1	PI	783	F	Indicador de presión	Presión aceite soporte motor posterior	AO	kg/cm2					
30	1	PI	783	G	Indicador de presión	aceite cojinete empuje BOOSTEAR LP2	AO	kg/cm2					
31	1	PDT	102	A	Transmisor de presión diferencial	visualizador mecánico							
33	1	PDI	749	A	Indicador de presión diferencial	visualizador mecánico							

34	1	PS	174	G	Switch de Presión	presión aceite lubricación BAA 1 Disparo B.F.P. 1	DO	kg/cm2	↓0,65	0,68	0,65	13/08/1997	
35	1	MJ-FG	174	G	Indicador de flujo	visualizador mecánico							
36	1	PI	783	H	Indicador de presión	Cojinete BOOSTEAR LP2	AO	kg/cm2					
37	1	MJ-TI	791	B	Indicador de temperatura	Temperatura del retenedor bomba LP2 A							
38	1	TI	749	H	Indicador de temperatura	Temp. Aceite cojinete booster LP2	AO	°C					
39	1	MJ-FG	110	B	Indicador de flujo	visualizador mecánico							
40	1	FG	114	F	Indicador de flujo	mecánico							
41	1	TI	748	F	Indicador de temperatura	Temp aceite cojinete emp BAA LP1	AO	°C					
42	1	FG	114	B	Indicador de flujo	mecánico							
43	1	PDI	745	A	Indicador de presión diferencial								
44	1	MJ-TI	790	A	Indicador de Temperatura	Presión de salida del bostear lp2	AO	kg/cm2					
45	1	MJ-TI	749	A	Indicador de Temperatura	presión de succión bostear LP2	AO	kg/cm2					
46	1	MJ-TI	791	A	Indicador de Temperatura	Presión succión bomba LP1	AO	kg/cm2					
47	1	MJ-FG	112	A	Indicador de flujo	Presión de salida Bomba LP2	AO	kg/cm2					
49	1	PS	158		Switch de Presión	baja presión de descarga bomba bostear lp2 (BAA 1)	DO	kg/cm2	↓17	↓17	↓17	13/08/1993	
50	1	MJ-FG	114	A	Indicador de flujo	Temperatura del retenedor bomba LP1 B							
51	1	MJ-FG	110	A	Indicador de flujo	Temperatura a la salida de la bomba boster LP2	AO	°C					
52	1	MJ-FG	111	A	Indicador de flujo	Temperatura a la salida de la bomba boster LP1	AO	°C					
53	1	LG	113	A	Indicador de flujo	caudal bomba de agua de alimentación LP1	AO						

54	1	PDT	102	B	Transmisor de presión diferencial	caudal bomba de agua de alimentación LP2	AO						
55	1	FG	114	A	Switch de Presión	alarma baa1	DO	psi		6,91	6,91		

Anexo 4



RevNo	Revision note	Date	Signature	Checked

Diseño	Local	BOMBA DE AGUA N°1	Artículo No./Reference
Revisión	Revisado:	Dibujo GARCÍA ARCENTALES JOHN JAIRO	Fecha 25/05/2017
Escala 1:13 Edición 2/2			SHELESIANA Sheet 2/2

