



**PROPUESTA DE MEJORAS DEL
CONTROL PARA EL SISTEMA DEL
SUMINISTRO DE AGUA CRUDA DE
LA PLANTA TERMoeLECTRICA EL
PALITO**

Autor: Eduardo Rodriguez

Urb. Yuma II, calle n° 3. Municipio San Diego
Teléfono (0241) 8714240 (master)-Fax: (0241) 8712394



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA DE MEJORAS DEL
CONTROL PARA EL SISTEMA DEL
SUMINISTRO DE AGUA CRUDA DE
LA PLANTA TERMoeLECTRICA EL
PALITO**

Empresa: INVERSIONES ROAR 4.16 C.A.

Autor: Eduardo Rodriguez
C.I. V-17.517.738
Tutor: Ing. Jose Hernández

San Diego, abril de 2018



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE ELECTRÓNICA

PROPUESTA DE MEJORAS DEL
CONTROL PARA EL SISTEMA DEL
SUMINISTRO DE AGUA CRUDA DE
LA PLANTA TERMoeLECTRICA EL
PALITO

CONSTANCIA DE ACEPTACIÓN

Ing. José Hernández V-13.514.550

Ing. Héctor Irigoyen V-6.977.816



Autor: Eduardo Rodriguez
C. I.: V-17.517.738

San Diego, abril de 2018



REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

**PROPUESTA DE MEJORAS DEL CONTROL PARA EL SISTEMA
DEL SUMINISTRO DE AGUA CRUDA DE LA PLANTA
TERMoeLECTRICA EL PALITO**

Trabajo de grado presentado como requisito parcial para optar al título de

INGENIERO ELECTRÓNICO

Autor:

Eduardo J. Rodríguez G.

C.I: 17.517.738

Tutor: Ing. Jose Hernández

San Diego, abril de 2018

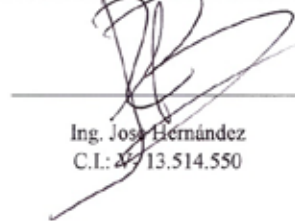


REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA

APROBACIÓN DEL TUTOR

Quien suscribe, Ingeniero Jose Hernández portador de la cédula de identidad V-13.514.550, en mi carácter de tutor del trabajo de grado presentado por el ciudadano Eduardo J. Rodríguez G., portador de la cédula de identidad V- 17.517.738, titulado **PROPUESTA DE MEJORAS DEL CONTROL PARA EL SISTEMA DEL SUMINISTRO DE AGUA CRUDA DE LA PLANTA TERMOELECTRICA EL PALITO**, presentado como requisito parcial para optar al título de Ingeniero Electrónico, considero que dicho trabajo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometido a la presentación pública y evaluación por parte del jurado examinador que se designe.

En San Diego, a los días 13 del mes abril del año dos mil dieciocho.



Ing. Jose Hernández
C.I.: 13.514.550

v

DEDICATORIA

Este trabajo se lo dedico a dios gracias a él, por la fuerza para afrontar todos los obstáculos y perseverancias para cumplir con este logro y en especial a mi mama que fue mi motivación principal en todas las cosas que me propuse, este trabajo de grado es dedicado a ti mama que siempre me guías los pasos y me cuidas desde arriba.

AGRADECIMIENTO

A mi familia, como son mi papa, Gaby, Pedro, Beatriz, Carlos, Lourdes y Melissa por su apoyo incondicional, el cual fue necesario para lograr la culminación de mi carrera universitaria.

A mi tutor, Ing. Jose Hernández, por aceptarme como pasante y por ayudarme a alcanzar cada uno de los objetivos planteados.

A los profesores de la Universidad Jose Antonio Páez, por brindarme sus conocimientos y así hacerme ser el profesional que soy.

A la escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad José Antonio Páez, por permitirme desarrollar este trabajo.

A mis compañeros de estudios y futuros colegas como lo son Antonio, Jose Ángel, Marisela, Andy, Roismer y todos los demás que me acompañaron en esta carrera.

INDICE

ÍNDICE DE CUADROS.....	xiii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiv
ÍNDICE DE GRAFICOS.....	xvi
RESUMEN	xvii
INTRODUCCIÓN.....	1
CAPITULO I LA EMPRESA	3
1.1. Reseña Histórica.....	3
1.2. Misión.....	3
1.3. Visión.....	4
1.4. Ubicación Actual.....	5
1.5. Valores	5
1.6. Descripción	6
1.7. Servicios	7
1.8. Estructura Organizacional.....	8
CAPÍTULO II EL PROBLEMA.....	10
2.1. Planteamiento del problema	10
2.2. Formulación del Problema.....	12
2. 3. Objetivos de la Investigación	12
2. 3. 1. Objetivo General	12
2. 3. 2. Objetivos Específicos	12
2. 4. Justificación del Problema	12
2. 5. Alcance	13
2. 6. Limitaciones.....	13
CAPÍTULO III MARCO TEORICO	14
3. 1. Antecedentes.....	14
3. 2. Bases Teóricas	15
3.2.1. Sistema de bombeo.....	16
3.2.1.1. Tipos de estaciones de bombeo	16

3.2.2. Ciclos de bombeo.....	16
3.2.2.1. Presiones de operación del sistema.....	16
3.2.2.1.1. Presión mínima.....	16
3.2.2.1.2. Presión diferencial máxima.....	17
3.2.2.2. Dimensionamiento de las bombas y motores.....	17
3.2.2.3. Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad fija.....	17
3.2.2.4. Sistemas de bombeo contra red cerrada a velocidad variable.....	17
3.2.2.5. Sistema de bombeo tankless.....	18
3.2.2.6. Dimensionamiento.....	18
3.2.2.6.1. Determinación del caudal máximo.....	18
3.2.2.6.2. Dimensionamiento de la tubería.....	19
3.2.2.6.3. Dimensionamiento en la válvula de sobrepresión.....	19
3.2.2.6.4. Determinación de las presiones de operación de las bombas.....	20
3.2.3. Encendido automatizado.....	21
CAPÍTULO IV MARCO METODOLOGICO.....	22
4.1. Tipo de Investigación.....	22
4.2. Diseño de la Investigación.....	23
4.3. Nivel de la Investigación.....	24
4.4. Fases Metodológicas.....	24
Fase I: Análisis del proceso y su sistema de control actual empleado en el sistema de suministro de agua cruda de la planta termoeléctrica El Palito.....	24
Fase II: Determinación de la instrumentación necesaria para la mejora de control de la planta termoeléctrica El Palito.....	24
Fase III: Diseñar el control automatizado para el sistema de suministro de agua cruda con las mejoras requeridas de la planta termoeléctrica El Palito.....	25
Fase IV: Proponer la implementación del sistema de control automatizado previamente diseñado para el sistema de suministro de agua cruda con las mejoras requeridas de la planta termoeléctrica El Palito.....	25
CAPÍTULO V RESULTADOS.....	26
5.1. Fase I: Análisis del proceso y su sistema de control actual empleado en el sistema de suministro de agua cruda de la planta termoeléctrica El Palito.....	26

5.1.1 Control del PLC	30
5.1.2. Observaciones de campo	31
5.1.3. Recibo de agua en los tanques T-60x1 y T-60x2.....	32
5.1.4. Apertura y cierre de las válvulas de entrada de agua.....	32
5.1.5. Encendido de las bombas boosters a través del PLC:	32
5.1.6. Bombeo de agua hacia planta desde los tanques T-60x1 y T-60x2.	35
5.1.6.1. Apertura y cierre de las válvulas de salida de agua hacia planta (84LV-121 y 84LV-122).	35
5.1.6.2. Encendido de las bombas de transferencia a través del PLC.	35
5.2. Fase II: Determinación de la instrumentación necesaria para la mejora de control sistema de suministro de agua cruda en la planta termoeléctrica El Palito.	37
5.2.1. Medidor de flujo.....	38
5.2.1.1. Especificaciones	38
5.2.2. Interruptores de presión.....	39
5.2.2.1. Especificaciones	40
5.2.3. Actuadores eléctricos.	42
5.2.4. Transmisores de nivel.....	43
5.2.4.1. Especificaciones	43
5.2.5. Transmisor de presión.	44
5.2.5.1. Especificaciones	44
5.2.6. Interruptores de nivel.....	45
5.2.7. Indicadores de presión.....	46
5.2.8. PLC y sus módulos.....	47
5.2.8.1. CPU	47
5.2.8.2. Módulos de entradas digitales.....	49
5.2.8.3. Módulo de salida digital.	49
5.2.8.4. Módulo de salida analógica.	50
5.2.8.5. Módulo de entrada analógica.....	50
5.2.8.6. Módulo de comunicaciones ETHERNET	51

5.2.8.7. Fuente de alimentación.....	52
5.2.8.8. Rack.....	52
5.2.9. Fuente de alimentación de los instrumentos.....	53
5.3. Fase III: Diseñar el control automatizado para el sistema de suministro de agua cruda con las mejoras requeridas de la planta termoeléctrica El Palito.....	53
Compare Report Summary.....	54
Controller Tags	55
Datatypes	61
Modules.....	62
Programs.....	64
MainProgram Tags.....	65
5.4. Fase IV: Proponer la implementación del sistema de control automatizado previamente diseñado para el sistema de suministro de agua cruda con las mejoras requeridas de la planta termoeléctrica El Palito.....	76
5.4.1. Lazos de control	76
5.4.2 Diagramas PI&D del sistema	77
5.4.2.1 PI&D bombas de boosters.....	78
5.4.2.2 PI&D tanques de almacenamiento.....	79
5.4.2.3 PI&D bombas de transferencia.....	80
5.4.2.4 PI&D completo del sistema de agua cruda de la planta termoeléctrica El Palito.....	81
5.4.2.5. Leyenda del PI&D.....	82
5.4.3. Plano eléctrico de alimentación trifásica de las bombas.....	83
5.4.4. Planos eléctricos y conexiones de los instrumentos en el tablero de control..	83
5.4.5. Presupuesto de factibilidad económica.....	91
CONCLUSION.....	93
RECOMENDACIONES.....	94
REFERENCIAS.....	95
Impresas.....	95
Electrónicas	95

ÍNDICE DE CUADROS

CUADRO	CONTENIDO	PP.
1	cronograma de actividades.....	27
2	comparación de mejoras en el programa del PLC.....	54
3	cuadro de lazos de control del suministro de agua cruda ..	77
4	cuadro de presupuesto para la mejora del control del suministro de agua cruda en la planta termoeléctrica El Palito.....	92

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA	CONTENIDO	PP.
1	tabla de determinación máxima de caudal.....	17
2	tabla de dimensionamiento de las tuberías.....	18
3	tabla de dimensionamiento de válvula de sobrepresión.....	19
4	tabla de dimensionamiento de válvula de sobrepresión.....	20
5	grafica de presión diferencial entre las bombas.....	20
6	medidor de flujo diferencial ROSEMOUNT.....	39
7	tabla de ajuste SP SOR	40
8	interruptor de presión SOR.....	41
9	interruptor de presión UE.....	41
10	actuador eléctrico tipo multivuelta AUMA.....	42
11	transmisor de nivel ROSEMOUNT.....	44
12	transmisión de presión SMAR	45
13	interruptores de nivel FINETEK.....	46
14	indicadores de presión ASHCROFT.....	47
15	CPU ControlLogix 5555.....	49
16	módulo de entradas digitales 16 ptos.....	49
17	módulo de salida digital	50
18	módulo de salida analógica.....	50
19	módulo de entrada analógica.....	51
20	módulo de comunicaciones ETHERNET.....	51
21	fuentes de alimentación 24VDC 1756-PA50.....	52

22	rack 7 Slots modelo 1756-A7K.....	52
23	fuelle de alimentaci3n 40A.....	53
24	PI&D bombas booster.....	78
25	PI&D tanques T60x1 y T60x2.....	79
26	PI&D bombas de transferencia.....	80
27	PI&D del sistema.....	81
28	leyenda del PI&D completo.....	82
29	arranque en estrella – triangulo.....	83
30	sala de bombas.....	83
31	conexi3n en el tablero de potencia.....	84
32	conexi3n en el tablero de control.....	85
33	conexi3n en el tablero de control.....	86
34	distribuci3n de los componentes en el PLC.....	87
35	distribuci3n de las conexiones en las borneras del PLC.....	88
36	distribuci3n de las conexiones en las borneras del PLC.....	89
37	conexi3n del PLC.....	90

ÍNDICE DE GRAFICOS

GRAFICOS	CONTENIDO	PP.
1	organigrama de INVERSIONES ROAR 4.16 C.A.....	8
2	grafica de presión diferencial entre las bombas.....	19



**REPÚBLICA BOLIVARIANA DE VENEZUELA
UNIVERSIDAD JOSÉ ANTONIO PÁEZ
CARRERA INGENIERÍA
FACULTAD DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA**

**PROPUESTA DE MEJORAS DEL CONTROL PARA EL SISTEMA
DE SUMINISTRO DE AGUA CRUDA DE LA PLANTA
TERMoeLECTRICA EL PALITO**

Autores: Eduardo Rodriguez

Tutor: Ing. Jose Hernández

Fecha: Octubre, 2017

RESUMEN

Este trabajo es un proyecto factible con diseño de campo no experimental y transversal tipo descriptivo que tiene como objetivo general de realizar mejoras del control para el sistema de suministro de agua cruda de la planta termoeléctrica El Palito. Este sistema de control utilizará como técnicas principales la automatización por medio de la programación de PLC Allen Bradley y la implementación de dispositivos de adquisición y transmisión de datos. En este proyecto se desarrollará un sistema de control automatizado amigable, donde el personal involucrado con este proceso tendrá acceso a una interfaz HMI a través de un panel táctil, donde se mostrarán los datos de interés del proceso. Este proyecto pretende desarrollar un sistema de control eficiente y que garantice grandes beneficios para la empresa y el personal dentro de ella.

Descriptor: Automatización, Control, Sensores, PLC, HMI, Allen Bradley.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo realizado en la planta termoeléctrica El Palito, se realiza una mejora del control al sistema de agua cruda, donde se estudia el proceso de bombeo a la planta. Con la aparición de los sistemas automatizados y el avance continuo de la tecnología, las empresas se han visto en la necesidad de implementar actualizaciones tecnológicas para mejorar sus equipos y maquinarias para brindar un mejor desempeño y seguridad.

En los actuales momentos, la tendencia en el campo de la automatización y el control de procesos están orientados a la mejora de las operaciones ejecutadas por diversas empresas. Específicamente, las empresas productoras de Energía que se caracterizan por una producción con procesos continuos, necesitando monitorio y control permanente en la mayoría de sus operaciones, de tal manera de obtener beneficios optimizando dicha producción y evitando la ocurrencia de incidentes y accidentes dentro de las instalaciones que puedan causar daños materiales y humanos. En estos sistemas se transfieren tareas de producción, se realizan habitualmente por operadores humanos en conjunto de elemento tecnológicos.

Para lograr desarrollar este conjunto de elementos se realiza la implementación de las mejoras del control del sistema de agua cruda en la termoeléctrica El Palito, se desarrollarán los capítulos que se mencionan a continuación:

El Capítulo I. La empresa. Consta de una descripción de la empresa que presta el servicio, su reseña histórica, su misión y visión, sus valores y los servicios que ofrece.

El Capítulo II. El problema. Se detallará el origen del problema, los objetivos que se alcanzaran con la implementación, la justificación del mismo y el alcance y las limitaciones que presenta el proyecto.

El Capítulo III. El marco teórico. Se encuentran los antecedentes que se toman para poder llevar a cabo la investigación, las bases teóricas necesarias para comprender el proceso y la definición de los términos básicos necesarios para la familiarización del tema.

El Capítulo IV. El marco metodológico. Se especificará el tipo, diseño y nivel de la investigación. Es aquí donde se describirá la población y muestra y se plantearán las fases de la investigación.

El Capítulo V. Los recursos. Se muestran de forma concisa los recursos que serán necesarios para alcanzar los objetivos de este proyecto de investigación. Los recursos serán especificados según su índole: humanos, institucionales, materiales y tiempo.

CAPÍTULO I

LA EMPRESA

1.1. Reseña Histórica

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., se funda en octubre del año 2009 como una empresa de servicios en el sector industrial, con la premisa de ofrecer una solución al servicio que el cliente solicite. Es una empresa con capital cien por ciento venezolano, adaptada a las necesidades del diverso mercado industrial, garantizando una excelente calidad en sus servicios, diversidad de productos y proyectos, entre otras, cumpliendo siempre con las normativas establecidas por su gerencia y respetando los estándares de calidad.

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., está compuesta por un equipo humano altamente capacitado y comprometido con los más altos estándares de ética y profesionalismo, para ofrecerle al cliente siempre más que un servicio, el respaldo de una organización que brinda y aporta soluciones, en una relación donde el objetivo es la satisfacción del cliente.

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., ha pasado de ser una empresa emergente, a una empresa responsable y con una cartera de clientes importantes en Venezuela, brindándole servicios de calidad a grandes empresas, ya sean públicas y privados.

1.2.Misión

La misión de la empresa INVERSIONES ROAR 4.16 C.A. esta expresada de la siguiente manera:

Entregar un servicio integral a nuestros clientes, mejorando continuamente y expandiendo nuestras prestaciones, basado en la identificación de sus necesidades específicas.

Privilegiar la capacitación con acento en el desarrollo profesional, tecnológico de nuestros trabajadores, estimulando la pro actividad, el desarrollo de nuevas ideas y el sentido de pertenencia.

Consolidar una positiva relación con nuestros grupos de interés, basada en la confianza, lealtad, respeto y transparencia, comprometidos con una alta calidad de servicio y responsabilidad social empresarial.

Asimismo, buscamos apoyar e incentivar los nuevos talentos para brindarles la oportunidad de desarrollar todo su potencial y capacidad dentro de esta área.

Ofrecer al cliente un producto de calidad que cumpla con sus exigencias y necesidades, formando un sistema de calidad orientado a crear procesos eficaces.

1.3. Visión

La visión de INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., es ser una empresa líder en entrega de servicios industriales y a brindar y aportar soluciones en el mismo, reconocida a nivel nacional para ofrecer un servicio de máxima calidad, realizar una gestión ética y responsable, mantener un firme compromiso con el desarrollo sostenible y generar valor para todos nuestros grupos de interés, para así consolidar a INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., como una empresa sustentable en el tiempo, manteniendo su excelencia y reconocimiento a nivel nacional, con un fuerte compromiso en la innovación, entrega de servicios asociados para brindar aportes y soluciones en el sector industrial.

1.4.Ubicación Actual

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., se encuentra ubicada actualmente en la Urbanización los Bucares, Local 84-19, en Valencia, Estado Carabobo.

1.5.Valores

En INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., los marcos de referencia fundamentales son guías que dan una orientación a la conducta y a la vida de cada persona y grupo social., los valores que representan además conforman pilares fundamentales en la empresa como:

- **Orientación a resultados y eficiencia:** “Somos consistentes en el cumplimiento de nuestros objetivos, al menor costo posible”.
- **Innovación:** “Actuamos oportunamente ante los cambios del entorno, siempre guiados por nuestra visión, misión y valores”.
- **Trabajo en equipo:** “Fomentamos la integración de equipos con el propósito de alcanzar metas comunes”.
- **Oportunidades de empleo sin distinción:** “Proveemos oportunidades de empleo en igualdad de condiciones”.
- **Integridad y Civismo:** “Exhibimos una actitud consistente ética, honesta responsable, equitativa y proactiva hacia nuestro trabajo y hacia la sociedad en la cual nos desenvolvemos”.
- **Relaciones de mutuo beneficio con las partes interesadas:** “Buscamos el beneficio común en nuestras relaciones con las partes interesadas del negocio”.
- **Respeto:** “Inculcamos a todas las personas y sus ideas cuentan como también respetan la contribución individual de cada empleado”.
- **Disciplina:** “Creamos deberes para fortalecer el crecimiento personal de cada trabajador y el compromiso en el lugar de trabajo”.

- **Generosidad:** “Imparten la pasión por aprender y compartir ideas, orientados a obtener resultados en lo que emprendemos”.
- **Honestidad:** “Fomentan la honestidad en la manera de actuar y de pensar, cumpliendo lo que prometen en el tiempo adecuado”.

1.6.Descripción

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., es una empresa de ingeniería y servicios eléctricos, especializada en los elementos tecnológicos, que presta apoyo en el área industrial y comercial en Venezuela.

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., proporciona un portfolio completo e integrado de servicios de diseño, integración, instalación y mantenimiento, desde el estudio de requisitos y el desarrollo de la solución hasta la instalación y el posterior soporte de las nuevas infraestructuras.

Sus servicios incluyen instalaciones eléctricas, redes de datos cableadas o inalámbricas, servicios de construcción civil, electricidad, metalúrgica, elaboración de proyectos, mantenimiento de equipos y estructuras físicas en todas sus fases y en especial, todos los elementos de confort, seguridad y automatización que pueden ofrecer las soluciones de última generación. Todo ello sin olvidar la importancia de que cualquier instalación sea lo más eficiente posible desde el punto de vista energético

Su elemento diferencial, además de la calidad de sus trabajos, es la ejecución de todas las instalaciones, ya sean eléctricas, automatizaciones, mantenimiento, entre otros, con un fin único responsable global, en todos sus trabajos realizan un análisis detallado de los requisitos de sus clientes para proporcionar la solución que más se adapte a sus necesidades.

Tiene en el mercado venezolano desde 2009, sirviendo al sector industrial sin importar su dimensión (pequeña, mediana y gran industria), ofreciendo equipos y

servicios de calidad y alta tecnología, brindando siempre la mejor atención a sus clientes y garantizando la resolución de situaciones de emergencia en el menor tiempo posible.

Su equipo, conformado por vendedores, ingenieros, mecánicos, entre otros, están atentos y en constante entrenamiento para poder mantener a la empresa al día con las últimas tecnologías a nivel industrial.

1.7.Servicios

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., ofrece una gran variedad de servicios que se adaptan a distintos tipos de necesidades. Independientemente del servicio escogido puede estar seguro que obtendrá la solución para el sector industrial y cuenta con los siguientes servicios especializados:

- Reparación de averías eléctricas en empresas.
- Servicio de electrificación en media tensión y baja tensión.
- Proyectos eléctricos en empresas.
- Productos eléctricos para empresas.
- Contratos de servicios de mantenimiento preventivo, predictivo y correctivo.
- Garantía extendida.
- Desarrollo de propuestas de automatización de plantas industriales.
- Desarrollo de sistemas con controladores lógicos programables (PLC).
- Controles eléctricos automatizados.
- Garantía con servicio de mantenimiento.
- Diseño, ingeniería y configuración de proyectos.
- Implementación y puesta en condiciones de funcionamiento de soluciones de energía.
- Capacitación técnica.

INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., dispone de una amplia red de asistencia técnica para cubrir las necesidades de gestión de soluciones para nuestros clientes.

1.8.Estructura Organizacional

La estructura de la empresa INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., está compuesta por un presidente y un gerente general, que ejercen la dirección de la empresa, y se encargan de dictar lineamientos para mejorar los departamentos de los gerentes encargado en el área administrativa, de servicios y de proyectos. Posee una estructura organizativa vertical, lineal y funcional, donde se muestra como están relacionados los departamentos, incrementando la coordinación de sus esfuerzos para el logro de los objetivos en las diversas actividades que se ejecutan en ella. Uno de los aspectos de la empresa INVERSIONES ROAR 4.16 C.A., es el establecimiento de departamentos, que designen las áreas o cargos que se encuentran operativas en la organización; de esta manera, se define la responsabilidad respecto del desempeño de cada una de las actividades específicas.

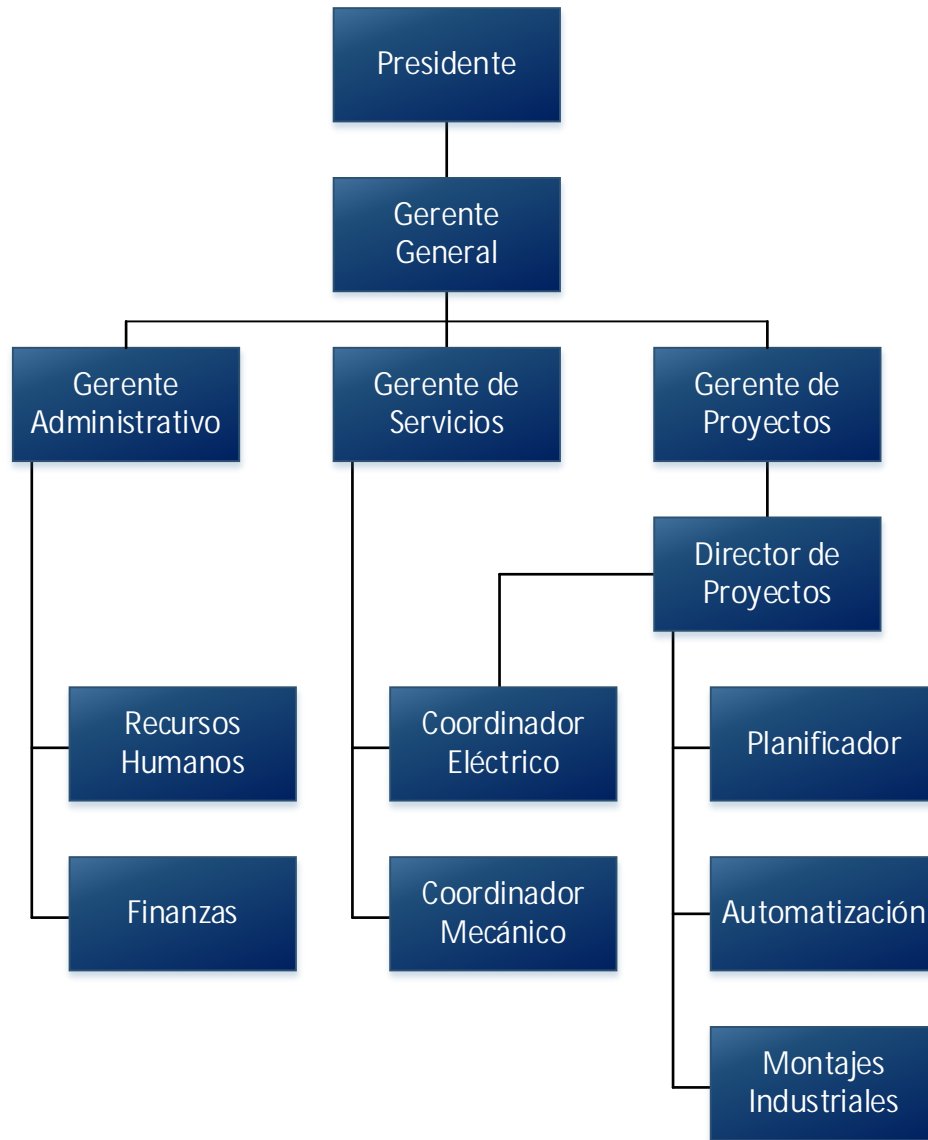


Figura 1. Organigrama estructural de la empresa INVERSIONES ROAR 4.16 C.A.

CAPÍTULO II

EL PROBLEMA

2.1. Planteamiento del problema

La demanda energética en Venezuela demuestra que se encuentra como el país con mayor consumo de energía eléctrica per cápita en Latinoamérica, según cifras de la Comisión de Integración Energética Regional (Cier). Las autoridades nacionales han confirmado el alto consumo de electricidad y lo han atribuido a la amplia oferta, a la capacidad instalada y a las bajas tarifas del servicio.

Así lo evidencia la cifra de consumo nacional que para el 2014 que se ubicó en 18000 megavatios (MW) y la alta capacidad de generación instalada, en la que Venezuela ocupa el primer lugar entre los países de la región.

Cifras del Banco Mundial, del Instituto Nacional de Estadística (INE), de la Organización Latinoamericana de Energía y la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (Cepal), revelan que Venezuela cuenta con una generación neta de 4.179 kilovatios por hora por habitante (Kwh/hab), seguida de Chile (3.393 Kwh/hab), Argentina (2.860 Kwh/hab), Uruguay (2.750 Kwh/hab), Brasil (2.317 Kwh/hab), México (1.999 Kwh/hab), Panamá (1.873 Kwh/ hab) y Costa Rica (1.854 Kwh/hab).

El actual sistema eléctrico nacional no tiene actualmente la capacidad para satisfacer la demanda. En otras palabras, el sistema colapso. Existe deficiencia en la generación, en la transmisión y en la distribución, y todo motivado por una gerencia ineficiente que en los últimos 10 años no ejecuto los proyectos programados y necesarios para satisfacer la demanda, la cual creció en dicho periodo en un 3.3 % interanual.

Se construye la planta termoeléctrica que en la Refinería El Palito, en la costa del estado Carabobo, teniendo una capacidad de generación de 773 megavatios que serán incorporados al Sistema Interconectado Nacional. La planta termoeléctrica cuenta con 4 máquinas de ciclo simple que generan la cantidad antes mencionada de energía en la planta termoeléctrica El Palito.

Uno de los grandes inconvenientes en esta planta es el suministro de agua cruda para el enfriamiento de los generadores y consumo de uso en las instalaciones, para garantizar que el suministro de agua, se instalaron unos tanques para almacenar agua que se encuentra aproximadamente a 800mts de la estación donde llega a al sistema de bombeo de agua principal para el complejo termoeléctrico El Palito.

Cabe destacar que actualmente el sistema de bombeo de agua a la planta se hace de forma manual con el accionamiento de un conjunto de válvulas para controlar la presión y el paso del mismo, el operando de esta área se encarga de arranques, paradas, medición y control de la presión y nivel del sistema, ya que esta tarea debe ser ejecutada por un operador humano lo cual trae como consecuencia posibles errores que generan retrasos por las distancias recorridas para accionar el sistema además que presentan condiciones no aptas para trabajar y peligra la integridad física del operador.

Por estos motivos, se encuentran con la problemática de que carecer de un sistema de control automatizado en el área de atomización de suministro de agua cruda, es por ello que consultaron a la empresa “ROAR 4.16 C.A.”, para desarrollar una mejora en su sistema ya instalado.

Por lo tanto, durante la pasantía se desarrollarán mejoras en el sistema de control del proceso con el objetivo de lograr una automatización completa en el área de suministro de agua cruda en la planta termoeléctrica El Palito, ubicada en el municipio Puerto Cabello, estado Carabobo, mediante la implementación de distintos dispositivos de automatización, instrumentación y accionamientos eléctricos.

2.2. Formulación del Problema

De lo planteado anteriormente, surge entonces la interrogante:

¿De qué manera se pueden evitar las fallas en el sistema de control de suministro de agua cruda de la planta termoeléctrica El Palito para obtener una mayor seguridad en el proceso del sistema generador?

2.3. Objetivos de la Investigación

2.3.1. Objetivo General

Propuesta de mejoras del sistema de control para el proceso de suministro de agua cruda de la planta termoeléctrica El Palito.

2.3.2. Objetivos Específicos

- Analizar el proceso y su sistema de control actual empleado en el sistema de suministro de agua cruda de la planta termoeléctrica El Palito.
- Determinación de la instrumentación necesaria para la mejora de control de la planta termoeléctrica El Palito.
- Diseño del control automatizado para el sistema de suministro de agua cruda con las mejoras requeridas de la planta termoeléctrica El Palito.
- Propuesta de implementación del sistema de control automatizado previamente diseñado para el sistema de suministro de agua cruda con las mejoras requeridas de la planta termoeléctrica El Palito.

2.4. Justificación del Problema

Este trabajo de pasantías nace por la necesidad principal presentada es el desbordamiento de los tanques por fallas de los instrumentos y alta presión en la descarga, esto trae como consecuencia que la restitución del suministro del agua cruda genere fallas en la producción de la planta termoeléctrica, por otra parte, los sistemas

actuales para el control manual de las válvulas generan condiciones de trabajo extenuantes y peligrosas para el personal operador.

2. 5. Alcance

El proyecto de pasantía abarca el desarrollo de un sistema automatizado que permita el control y supervisión del proceso de suministro de agua cruda necesaria para el enfriamiento de los generadores y consumo de las instalaciones de la planta termoeléctrica El Palito. Este desarrollo comprende dos módulos:

- Módulo de control: el cual permite visualizar y controlar el proceso mediante un PLC para garantizar bombeo continuo para el suministro de agua cruda, necesarios para la el enfriamiento de los generadores y el consumo de la planta.
- Módulo de supervisión: En este se percibe toda la información arrojada por el sistema como datos relevantes del manejo de variables a través de una pantalla HMI.

La culminación del proyecto tendrá lugar con la finalización y entrega del diseño de la propuesta a la planta termoeléctrica El Palito.

2. 6. Limitaciones

En esta investigación, como en cualquier otra, se presentan ciertas limitantes que aparecen al momento de implementar un proyecto de automatización, entre ellas se encuentra la falta de acceso a los materiales y equipos más avanzados que se observan en el campo de la automatización. También, debido a la falta de instrumentos y componentes electrónicos a nivel nacional, se hace difícil la adquisición, sobre todo de los importados.

CAPÍTULO III

MARCO TEÓRICO

3. 1. Antecedentes

En todo proceso investigativo se hace una recolección de material bibliográfico en relación con el problema planteado, este permite ser fuente de apoyo para el desarrollo de dicho estudio. A continuación, se muestran algunos trabajos que tienen relación con el tema de estudio de este proyecto con este proyecto, los cuales servirán como base para la elaboración del informe.

Hernández, S. (2010), en su trabajo de grado “**Estudio e implementación de sistema de control de una planta de tratamiento de agua, para uso en calderas de alta presión, en generación de energía eléctrica**” de la Universidad de San Carlos de Guatemala realizo su investigación orientada al completo desarrollo de la automatización de la planta de tratamiento de agua usando un Controlador Lógico Programable (PLC) Control logix marca *Allen Bradley* de *Rockwell Automation*. Este estudio constituye a un aporte debido a En base a este proyecto se planteará la metodología de diseño de investigación a utilizar y el desarrollo del programa del PLC Control logix marca Allen Bradley de Rockwell Automation.

Caro, M. (2011), en su trabajo de grado “**Automatización y control de la planta de tratamiento de agua Rio Cauca**” de la Universidad Simón Bolívar realizo su investigación orientada al diseño e instalación del hardware asociado al sistema de control de la planta de tratamiento de agua Rio Cauca, desarrollando el estudio del sistema para controlar el proceso con el PLC *Allen Bradley* y *Rockwell Automation* en

conjunto con el software *Intergrated Architecture Builder*. Este estudio contribuye en dicho aporte para relacionar el estudio de las variables y del desarrollo del programa utilizado en el PLC Control logix marca Allen Bradley de Rockwell Automation.

Castillo, C. (2011), en su trabajo de grado “**Diseño de experiencias prácticas de automatización Industrial con una red de PLCs, HMIs Y SISTEMA SCADA**” de la Universidad José Antonio Páez realizó su investigación orientada a la enseñanza de los sistemas de automatización industrial, utilizando PLCs Siemens como herramienta principal en el desarrollo de prácticas de laboratorio conectados a través de la interfaz MPI de Siemens e incluyendo en el sistemas dos paneles HMI y un sistema supervisorio basado en el software *Intouch Wonderware Inc*; con el fin de permitir el enriquecimiento de la preparación de los estudiantes de la escuela de Ingeniería Electrónica de la Universidad José Antonio Páez.

Este estudio constituye a un aporte debido a la similitud en lo que se refiere al diseño de una Interfaz Hombre-Máquina (HMI) ya que el autor debió hacer la programación y diseño por pasos lo cual facilita la comprensión de la misma que se desarrolló con el software Intouch, ya que en el mismo se describe características del diseño de dicha integración y los resultados que se obtuvieron. Este trabajo de investigación proporcionó información que fue de utilidad para llevar a cabo la integración del HMI para realizar sus características y tendencias del desarrollo en el programa.

3. 2. Bases Teóricas

Para la realización de este trabajo es indispensable conocer todas las etapas que conforman el proceso de bombeo de agua cruda, las consideraciones para la incorporación de equipos y el manejo de variables necesarias para poder desarrollar un sistema eficiente.

3.2.1. Sistema de bombeo

Es un sistema de elevación mecánica del agua desde la fuente de abastecimiento al sistema de almacenamiento. En el caso de un sistema de almacenamiento, se trata de una planta de bombeo constituida por bombas centrífugas de eje horizontal cuando se eleva agua de la fuente principal. Se emplean los equipos de bombeo para captar el agua y conducirla por tuberías a presión.

3.2.1.1. Tipos de estaciones de bombeo

Se acostumbra clasificar las estaciones de bombeo para agua cruda en primarias y secundarias, las estaciones primarias toman el agua de alguna fuente de abastecimiento y la elevan a otro almacenamiento, al tratamiento, a la red directamente o a una combinación de ellas. Y las estaciones secundarias mejoran las condiciones de una primaria incrementando presión, pero con la alimentación de una estación primaria.

3.2.2. Ciclos de bombeo

Se denomina ciclos de bombeo al número de arranques de una bomba en una hora. Cuando se dimensiona un tanque se debe considerar la frecuencia del número de arranques del motor en la bomba. Una vez calculado el Caudal máximo probable de agua correspondiente a una de distribución, así como los diámetros y presión mínimas requeridos por la red y tomada la decisión de instalar un sistema de distribución adecuado, se deben tomar en cuenta un grupo de factores los cuales se explicarán en las secciones siguientes.

3.2.2.1. Presiones de operación del sistema

3.2.2.1.1. Presión mínima

La presión mínima de operación (P_{min}) del tanque en el sistema de agua cruda deberá ser tal que garantice en todo momento, la presión requerida en la planta.

3.2.2.1.2. Presión diferencial máxima

El artículo número 205 de la gaceta oficial 4044 Extraordinario, recomienda que la presión diferencial, no sea inferior a 14 metros de columna de agua (20 PSI) , sin embargo no fija un límite máximo que se pueda utilizar, por lo que hay que tener en cuenta que el aumentar el diferencial de presión, aumenta la relación de eficiencia del cilindro considerablemente y por lo tanto reduce en tamaño final del mismo; pero aumentar demasiado el diferencial puede ocasionar inconvenientes, pequeños , tales como un mayor espesor de la lámina del tanque, elevado así su costo y obligando a la utilización de bombas de mayor potencia para vencer la presión máxima.

3.2.2.2. Dimensionamiento de las bombas y motores

La primera consideración al seleccionar el tamaño de las bombas, es el hecho de que deben ser capaces por si solas de abastecer la demanda máxima dentro de los rangos de presiones y caudales, existiendo siempre una bomba adicional para alternancia con las otras y para cubrir entre todas, por lo menos el 140% de la demanda máxima probable.

3.2.2.3. Sistema de bombeo contra red cerrada a velocidad fija

Son aquellos sistemas en donde dos o más bombas trabajan en paralelo a una velocidad invariable para cubrir demandas de consumo instantáneo de la red servida. Un nombre más apropiado para estos sistemas sería el de sistemas de bombeo continuo a velocidad fija.

3.2.2.4. Sistemas de bombeo contra red cerrada a velocidad variable

Son aquellos sistemas en los cuales la unidad de bombeo varía su velocidad de funcionamiento en razón al caudal de demanda de la red, mediante el cambio de velocidad en impulsor de la bomba que se logra de diferentes formas.

El motor es el denominado tipo escobillas y en él se usa un sensor de presión y/o caudal con un transductor que hace que el voltaje varíe en los secundarios y por ende varíe la velocidad de funcionamiento.

3.2.2.5. Sistema de bombeo tankless

Este sistema es del funcionamiento aditivo de las unidades de bombeo se acciona por señales recibidas de sensores de presión colocados en la red servida que encienden y apagan las bombas.

3.2.2.6. Dimensionamiento

3.2.2.6.1. Determinación del caudal máximo

En la determinación del caudal máximo probable de bombeo se puede usar cualquiera de los métodos usuales, más para sistemas de presión continua se recomienda el uso de las unidades de gasto indicadas en las normas para el dimensionamiento de tuberías, pero aplicando la siguiente fórmula, empírica que produce resultados acortes a otros métodos.

USO DEL EDIFICIO	PORCENTAJE DEL Q_b ESTIMADO PARA $Q_{p\text{foto}}$	
EDIFICACIONES RESIDENCIA- LES, A CUEDUCTOS DE URBA- NIZACIONES O DE CONJUN- TOS RESIDENCIALES	0,15	
HOTELES, CLUBES	0,30	
HOSPITALES	0,35	
EDIFICACIONES DE OFICINA S	0,10	
ESCUELAS	0,15	
CENTROS COMERCIALES	0,15	
FABRICAS, según turno y	1 Turno	0,20
agua para ser-	2 Turnos	0,25
vicios sanita- rios	3 Turnos	0,35

Figura 2. Tabla de determinación máxima de caudal.

Fuente. Dalma Ledezma (2015).

3.2.2.6.2. Dimensionamiento de la tubería

Las tuberías serán seleccionadas con diámetros tales que la velocidad del caudal máximo probable en ellas se encuentre comprendida entre 1 y 3 m/seg

Caudales				Diámetros	
Lts/Seg				Nominal	Interno
				Ptg	cms
hasta		0,85		3/4"	2,09
de	0,86	a	1,50	1"	2,66
de	1,51	a	2,30	1 1/2"	3,53
de	2,31	a	3,40	1 1/2"	4,09
de	3,41	a	6,00	2"	5,25
de	6,01	a	9,50	2 1/2"	6,27
de	9,51	a	13,50	3"	7,79
de	13,51	a	24,00	4"	10,2

Figura 3. Tabla de dimensionamiento de las tuberías.

Fuente. Dalma Ledezma (2015).

3.2.2.6.3. Dimensionamiento en la válvula de sobrepresión

Cuando las unidades de bombeo piloto o de servicio seleccionadas tienen una presión de cierre superior a las mínimas preestablecidas o se requiere una presión estable, se hace necesario retornar al tanque el caudal excedente con el fin de mantener la presión en la red dentro de los límites permisibles. Esto se logra por medio de una válvula de alivio y una tubería de retorno al tanque.

CAUDAL A RECIRCULAR lts/seg	DIÁMETRO DE LA TUBERÍA DE RECIRCULACIÓN	DIÁMETRO DE LA VÁLVULA DE ALIVIO
Hasta 1,00	1"	½"
1,01 - 1,25	1¼"	¾"
1,26 - 2,25	1 ½"	1"
2,26 - 5,00	2"	1¼"
5,01 - 10,0	2½"	1 ½"

Figura 4. Tabla de dimensionamiento de válvula de sobrepresión.

Fuente. Dalma Ledezma (2015).

3.2.2.6.4. Determinación de las presiones de operación de las bombas

La curva funcionamiento del sistema debe garantizar que los puntos de transferencia de las unidades de bombeo (pt1 y pt2) que den por debajo de la presión de apagado (presión techo) de la misma, dicho punto debe calcularse utilizando la siguiente fórmula

:

$$Q_2 = Q_1 \cdot (P_2 / P_1)^{1/2}$$

En donde :

- Q₂ = Es el caudal desconocido a ser entregado por la bomba en turno de servicio N° 2.
- Q₁ = Es el caudal entregado por la bomba en turno de servicio N° 1 en la intersección de su curva con el límite mínimo de presión del sistema.
- P₁ = Límite mínimo de presión del sistema (presión piso).
- P₂ = Límite máximo de presión del sistema (presión techo).

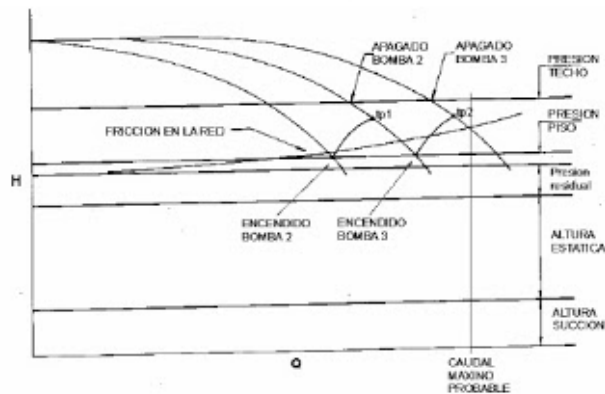


Figura 5. Gráfica de presión diferencial entre las bombas.

Fuente. Dalma Ledezma (2015).

3.2.3. Encendido automatizado

El agua que suministra desde la fuente de abastecimiento, es retenida en un tanque de almacenamiento; de donde, a través de un sistema de bombas, será impulsada a la planta y que contiene volúmenes variables de agua y aire. Cuando el agua entra al recipiente aumenta el nivel de agua, al comprimirse el aire la presión, cuando se llega a un nivel de agua y presión determinadas, se produce la señal de parada de la bomba y el tanque queda en la capacidad de abastecer la red, cuando los niveles de presión bajan a los mínimos preestablecidos, se acciona el mando de encendido de la bomba nuevamente.

3.3. Definición de términos básicos

- **Electroválvula:** Una electroválvula es una válvula electromecánica, diseñada para controlar el flujo de un fluido a través de un conducto como puede ser una tubería. La válvula está controlada por una corriente eléctrica a través de una bobina solenoide. automatizar procesos electromecánicos, tales como el control de la maquinaria de la fábrica en líneas de montaje o atracciones mecánicas
- **Transmisores:** son instrumentos electrónicos que captan la variable del proceso mediante el sensor primario y la transmite a una distancia en forma de señal ya sea neumática o eléctrica.
- **Protocolo EtherNet/IP:** Es un protocolo que aprovecha los medios físicos del ethernet, TCP e IP, capaz de enlazar dispositivos de ambiente industrial con la red central de la empresa.
- **ControlNet:** Es un protocolo de red abierto de alta velocidad que se utiliza para transferir información de tiempo crítico. Proporciona los servicios de control y transmisión de mensajes en tiempo real para la comunicación entre dispositivos similares.
- **Agua cruda:** Es aquellas que no ha sido sometida a proceso de tratamiento.

CAPÍTULO IV

MARCO METODOLÓGICO

En este capítulo se describen los métodos, técnicas y procedimientos que fueron empleados para el logro de los objetivos propuestos en el estudio que se desarrolla. Según Finol y Camacho (2008, p.60) el marco metodológico está referido al “como se realizará la investigación, muestra el tipo y diseño de la investigación, población, muestra, técnicas e instrumentos para la recolección de datos, validez y confiabilidad y las técnicas para el análisis de los datos”.

4.1. Tipo de Investigación

Este informe cumple con la estructura de proyecto factible, que, según la definición del manual de tesis de grado y especialización y maestría y tesis doctorales de la Universidad Pedagógica Libertador, (2003), plantea: “Consiste en la investigación, elaboración y desarrollo de un modelo operativo viable para solucionar problemas, requerimientos necesidades de organizaciones o grupos sociales que pueden referirse a la formulación de políticas, programas, tecnologías, métodos, o procesos. El proyecto debe tener el apoyo de una investigación de tipo documental, y de campo, o un diseño que incluya ambas modalidades “(p. 16).

Del mismo modo, Arias, (2006, p. 134), señala: “Que se trata de una propuesta de acción para resolver un problema practico o satisfacer una necesidad. Es indispensable que dicha propuesta se acompañe de una investigación, que demuestre su factibilidad o posibilidad de realización”.

De lo antes planteado, para llevar a cabo el proyecto factible, lo primero que debe realizarse es un diagnóstico de la situación planteada; en segundo lugar, es plantear fundamentar con basamentos teóricos la propuesta a elaborar y establecer, tanto los procedimientos metodológicos, así como las actividades y los recursos necesarios, para llevar a delante la ejecución. Aunado a esto, se realizará el estudio de factibilidad del proyecto y, por último, la ejecución de la propuesta con su respectiva evaluación.

Este proyecto se apoya en necesidades detectadas en el campo para luego realizar una ratificación mediante la investigación documental y bibliográfica que permitirá finalizar con una propuesta, por tanto, consiste en la investigación, elaboración, desarrollo e implementación de una propuesta de un sistema de control de agua cruda.

4.2. Diseño de la Investigación

El diseño de la investigación que se realizará es de tipo no experimental. Según el autor Palella y Martins (2010), define: El diseño no experimental es el que se realiza sin manipular en forma deliberada ninguna variable. El investigador no sustituye intencionalmente las variables independientes. Se observan los hechos tal y como se presentan en su contexto real y en un tiempo determinado o no, para luego analizarlos. Por lo tanto, en este diseño no se construye una situación específica si no que se observa las que existen. (pag.87)

Por otra parte, según el autor Arias (2006), define: La investigación de campo es aquella que consiste en la recolección de todos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variable alguna, es decir, el investigador obtiene la información, pero no altera las condiciones existentes. De allí su característica de investigación no experimental.

Claro está, en una investigación de campo también se emplea datos secundarios, sobre todo los provenientes de fuentes bibliográficas, a partir de los cuales se elabora

el marco teórico. No obstante, son los datos primarios obtenidos a través del diseño de campo, lo esenciales para el logro de los objetivos y la solución del problema planteado.

4.3. Nivel de la Investigación

Así mismo, de acuerdo a su nivel, este trabajo de grado es descriptivo, según Arias (2006) la investigación de tipo descriptiva “Consiste en la caracterización de un hecho, fenómeno, individuo o grupo, con el fin de establecer su estructura o comportamiento” (p.24). Basado en lo anterior, este estudio se considera descriptivo ya que en este trabajo se detallan los requerimientos y elementos del proceso, para caracterizar el sistema de control de suministro de agua cruda, para la búsqueda de la solución de la problemática planteada.

4.4. Fases Metodológicas

Las fases metodológicas constituyen un seguimiento detallado y minucioso de los objetivos específicos planteados anteriormente, que servirán de guía en el cumplimiento del objetivo general, el cual es la meta principal de esta investigación.

Fase I: Análisis del proceso y su sistema de control actual empleado en el sistema de suministro de agua cruda de la planta termoeléctrica El Palito.

En esta fase se analiza cuidadosamente el sistema de control actual para obtener las variables usadas en el suministro de agua cruda a la termoeléctrica El Palito y poder detectar las fallas que presente el sistema. Así como también se estudia el funcionamiento de cada uno de los equipos del área para obtener información sobre sus características de trabajo.

Fase II: Determinación de la instrumentación necesaria para la mejora de control de la planta termoeléctrica El Palito.

Ya conociendo las fallas se realiza a determinar los instrumentos necesarios para poder realizar la mejora del sistema, se determinan los requerimientos necesarios para el hardware del PLC y HMI, se realizan los planos PI&D de la instrumentación nueva y se estudian los programas necesarios para el desarrollo del proyecto.

Fase III: Diseñar el control automatizado para el sistema de suministro de agua cruda con las mejoras requeridas de la planta termoeléctrica El Palito.

Se procede al diseño de las mejoras del programa para realizar el control automatizado del sistema con las mejoras realizadas y el programa del HMI.

Fase IV: Proponer la implementación del sistema de control automatizado previamente diseñado para el sistema de suministro de agua cruda con las mejoras requeridas de la planta termoeléctrica El Palito.

En esta última fase se hace la propuesta a la empresa del sistema modificado y de las mejoras realizadas para brindar una mejor seguridad del proceso y un control adecuado.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

En este capítulo se presentan los resultados obtenidos a través de las técnicas de recolección y análisis de información, para la automatización del proceso de mejoras del control para el sistema del suministro de agua cruda de la planta termoeléctrica El Palito.

A continuación, se evidencia el desarrollo de las fases en que se compone el proyecto.

5.1. Fase I: Análisis del proceso y su sistema de control actual empleado en el sistema de suministro de agua cruda de la planta termoeléctrica El Palito.

Para conocer la situación en la que se encontraba el sistema de suministros de agua cruda de la planta termoeléctrica El Palito, fue necesario realizar una inspección donde se evaluó el estado de la misma.

Lo primero fue conocer cómo funciona el sistema, El agua es transferida de unos tanques de almacenamiento que se encuentran elevadas en una superficie rocosa a las cercanías de la planta, son necesarias unas bombas boosters que son las que aumenta la presión y se encargan de llenar los tanques T-60x1 y T-60x2, estos tanques son los encargados de mantener en funcionamiento el sistema de refrigeración de los compresores de la planta termoeléctrica El Palito. Debido al arreglo de las válvulas permiten por medio de un arreglo mutante hacer la carga del sistema dependiendo de la bomba usada sea la A o B, Esto tiene el fin de lograr la alternabilidad de las bombas para el tiempo de trabajo o periodo de mantenimiento, Si llegara el caso de hacerle

mantenimiento no se interrumpe el proceso ya que siempre estará una funcionando por este arreglo para así suministrarle el agua cruda al proceso, ellas poseen unos dispositivos que permiten saber cuándo la bomba necesita su mantenimiento preventivo, estos dispositivos son Térmicos y unos Sensores de presión.

Para la descarga de los tanques T-60x1 y T-60x2 posee otro arreglo mutante que permite la alternabilidad de las bombas de transferencia para suministrarle el agua cruda al proceso en la planta termoeléctrica El Palito.

Para la detectar la falla se necesitan establecer las acciones necesarias para mejorar el sistema de suministro de agua industrial de la planta termoeléctrica El Palito. Los detalles encontrados en el funcionamiento del sistema de suministro agua, concierne a la lógica de control del PLC. Se deben establecer soluciones a cada detalle encontrado en el funcionamiento del sistema de suministro de agua, concierne a la lógica de control del PLC. Para discutir y evaluar soluciones alternativas a la instalación de interruptores de baja presión en la entrada de las bombas del sistema de suministro de agua. Se definen las acciones necesarias para establecer los puntos de trabajo del sistema.

Estos detalles encontrados en el funcionamiento del sistema gobernado por el PLC y sus instrumentos son los siguientes:

- 1.- Alta presión en la descarga de la bomba ocasiona disparo, el disparo ocasiona que la presión en la descarga caiga y restablece el interruptor, lo que ocasiona el cierre del permisivo y el encendido de la bomba nuevamente, repitiéndose el ciclo.

Solución:

Incluir en la lógica del PLC y del HMI una rutina de reconocimiento de alarmas, cuando la bomba se apaga por uno de sus permisivos, esta no volverá a arrancar hasta que el operador llegue al sitio, verifique la causa de la parada, realice las acciones correctivas necesarias, pulse el reconocimiento en la pantalla del HMI y posteriormente se de arranque a través de un botón ubicado en la pantalla del HMI. El PLC mostrará a través de la pantalla del HMI la (s) condición (s) de alarma que causó la parada de la bomba, aunque en campo se hayan restablecido, y a través del reconocimiento se refrescaran todos los permisivos.

2.- Alta presión en la salida de las bombas de transferencia (PT-100) ocasiona la apertura de la válvula 84PV-100. Cuando esta válvula comienza a abrir, hay recirculación en la bomba y la presión en el transmisor 84PIT-100 comienza a bajar, lo que ocasiona el cierre de la válvula. Este bloqueo ocasiona nuevamente la presión alta en PT-100 y se repite el ciclo.

Solución:

Se alargará el tiempo de apertura de la válvula de recirculación. Este tiempo será definido por HCL, haciendo pruebas de funcionamiento para verificar el tiempo de apertura y de cierre de la válvula de recirculación (84PV-100).

3.- “Nivel de tanque en altura bombeable” es un permisivo de arranque de ambas bombas (tanto las boosters como las de transferencia) para que funcionen con un nivel de tanque entre un nivel bajo y un nivel alto. Conviene que las P-101 y P-102 arranquen si hay bajo nivel y que las bombas P-201 y P-202 puedan arrancar con alto nivel.

Solución:

Ajustar la lógica del PLC para que las bombas P-101 y P-102 se paren a la señal de alto nivel en el tanque y para que las bombas P-201 y P-202 paren a la señal de bajo nivel de los tanques, esta señal proveniente de los transmisores de nivel.

4.- Actualmente la manera de encender las bombas en automático es a través del selector ubicado en el gabinete del C.C.M. El cliente ha solicitado que después de pasar el selector a auto, se enciendan las bombas desde el HMI con un botón.

Solución:

Se ha decidido atender esta petición, la cual estará relacionada con la solución que le estaremos dando al punto uno (1) descrito anteriormente. De tal manera que el PLC quedará con un permisivo de arranque pulsado en la pantalla del HMI y un mecanismo de reconocimiento de alarmas.

5.- Solución a la instalación de interruptores de baja presión. Se ha tenido previsto que el disparo de las bombas por baja presión de succión sea a una presión negativa y que se restablezca a presión positiva. Para ello, se ha estado buscando interruptores de rango -15psig / 15psig.

Solución:

Utilizar un interruptor de presión negativa (ej.: -15psi / 0psi), combinado con la rutina de reconocimiento de alarmas planteada en el punto 1. Ejemplo: cuando haya disparo por baja presión de succión, el sistema no permitirá el encendido de la bomba

nuevamente (aunque se haya restablecido el interruptor de baja presión) hasta que el operador llegue al sitio, verifique la causa de la parada, realice el reconocimiento en la pantalla del HMI y posteriormente de arranque a través de un botón ubicado en la pantalla del HMI. Se buscará un interruptor de vacío en el mercado.

5.1.1 Control del PLC

Los motores eléctricos de las bombas boosters y las bombas de transferencia cuentan con un sistema de enclavamiento conformado por un control lógico programable (PLC), una interfaz hombre – máquina (HMI), equipos e instrumentos que administran el arranque y la parada de las bombas de acuerdo con la magnitud de las variables medidas en el momento. Así mismo, el PLC da apertura y cierre a las válvulas motorizadas existentes.

El sistema cuenta con los siguientes instrumentos:

84PSL-111	Baja presión de succión en P-101
84PSH-111	Alta presión de descarga en P-101
84PSL-112	Baja presión de succión en P-102
84PSH-112	Alta presión de descarga en P-102
84PSL-211	Baja presión de succión en P-201
84PSH-211	Alta presión de descarga en P-201
84PSL-212	Baja presión de succión en P-202
84PSH-212	Alta presión de descarga en P-202
84LSL-111	Bajo nivel en tanque T60x1
84LSH-111	Alto nivel en tanque T60x1

84LSL-112	Bajo nivel en tanque T60x2
84LSH-112	Alto nivel en tanque T60x2
84LT-111	Nivel de T60x1
84LT-112	Nivel de T60x2
84FT-100	Caudal de entrada a tanques
84PIT-100	Presión de salida hacia planta
84LV-111	entrada de agua a T60x1
84LV-112	entrada de agua a T60x2
84LV-121	salida de agua T60x1
84LV-122	salida de agua T60x2
84PV-100	descarga P-201 / 202

5.1.2. Observaciones de campo

Verificación del actuador de la válvula 84-PV-121 (actuadores AUMA SA 10.1).

1.- Se verificó que este actuador no actúa ni cerrando ni abriendo, y en su pantalla se visualiza el mensaje “Internal fault” (falla interna).

Solución:

Durante la verificación de campo se comprobó esta falla, la causa principal es la mala conexión del equipo y la falta de mantenimiento al mismo.

2.- Las señales de indicación de posición de los actuadores están invertidas. La señal de otro actuador esta fija en abierta.

Solución:

Durante la verificación en campo se comprobó esto. Una de las causas puede ser detalles en la conexión de los cables en las válvulas, o fusibles quemados en la bornera del PLC.

5.1.3. Recibo de agua en los tanques T-60x1 y T-60x2.

Nota: No se describe a detalle las actividades operacionales asociadas. Se pretende describir el funcionamiento del PLC y su modo de operación.

5.1.4. Apertura y cierre de las válvulas de entrada de agua

Al colocar en posición automático el selector de la válvula motorizada de entrada de agua al tanque que se llenará (84LV-111 para T60x1 y 84LV-112 para T60x2), esta abrirá siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- El nivel del tanque está por debajo del interruptor de alto nivel (84LSH-111 para el tanque T60x1 y 84LSH-112 para T60x2).
- El tanque no se encuentra en estado “fuera de servicio”, acción que se realiza en la pantalla del HMI.

5.1.5. Encendido de las bombas boosters a través del PLC:

Después de haber confirmado y chequeado todas las condiciones, y que ya se cuenta con el suministro de agua, se puede dar inicio al bombeo de agua hacia los tanques.

La pantalla HMI muestra el estado de los permisivos de arranque de las bombas boosters, el estado de los interruptores de presión en la succión, presión en la descarga,

interruptor de alto nivel de los tanques, nivel del tanque por el transmisor de nivel y posición de las válvulas motorizadas.

Cuando se coloca el selector de la bomba (ubicado en el gabinete del C.C.M.) en automático, El PLC verifica que las siguientes condiciones se cumplan para dar arranque a la bomba:

- Hay permiso de arranque por el interruptor de baja presión de succión de la bomba.
- Hay permiso de arranque por el interruptor de alto nivel del tanque T60x1, 84LSH-111; o si el tanque se encuentra en estado “Fuera de servicio” en la pantalla HMI del PLC. Bajo esta condición, el PLC inhabilita el permisivo de arranque por alto nivel del tanque por el 84LSH-111.
- Hay permiso de arranque por el interruptor de alto nivel del tanque T60x2, 84LSH-112; o si el tanque se encuentra en estado “Fuera de servicio” en la pantalla HMI del PLC. Bajo esta condición, el PLC inhabilita el permisivo de arranque por alto nivel del tanque por el 84LSH-112.
- El transmisor de nivel del tanque T60x1 (84LT-111) indica un nivel menor que 13.5m, o si el tanque se encuentra en estado “Fuera de servicio” en la pantalla HMI del PLC. Bajo esta condición, el PLC inhabilita el permisivo de arranque por alto nivel del tanque indicado por 84LT-111.
- El transmisor de nivel del tanque T60x2 (84LT-112) indica un nivel menor que 13.5m, o si el tanque se encuentra en estado “Fuera de servicio” en la pantalla HMI del PLC. Bajo esta condición, el PLC inhabilita el permisivo de arranque por alto nivel del tanque indicado por 84LT-112.

- Al menos una de las dos válvulas de entrada de agua a los tanques (84LV-111 y 84LV-112) está en posición abierta (válvula de color verde en la pantalla del HMI).

Cuando todos los permisivos mencionados están cerrados, se pulsará en la pantalla del HMI el botón de encendido, con este contacto y con todos los permisivos antes mencionados cerrados, la bomba encenderá, cuando la bomba enciende, la presión en la descarga tiende a aumentar. Si esta presión es tal que genera la apertura del contacto del interruptor de alta presión de la bomba, el PLC apagará la bomba por alta presión de descarga. Además, si alguno de los permisivos de arranque mencionados anteriormente se abre, también se apagará la bomba.

El PLC cuenta con una rutina de reconocimiento de alarmas: Cuando la bomba se apaga por uno de sus permisivos, esta no volverá a arrancar hasta que el operador llegue al sitio, verifique la causa de la parada, realice las acciones correctivas necesarias, pulse el reconocimiento en la pantalla del HMI y posteriormente pulse el botón de encendido ubicado en la pantalla del HMI. En este momento la bomba encenderá nuevamente.

El PLC mostrará a través de la pantalla del HMI la (s) condición (s) de alarma que causó la parada de la bomba, aunque en campo se hayan restablecido, y a través del reconocimiento se refrescaran todos los permisivos y cuando se requiera finalizar el llenado de los tanques se apagará la bomba en servicio pulsando el botón de stop en el HMI. La bomba no volverá a encender hasta que se pulse el botón de encendido nuevamente.

La interfaz hombre – usuario (HMI) muestra el esquema del sistema de recibo de agua y bombeo hacia planta, en donde los permisos de arranque (interruptores) están en color verde cuando están cerrados y en color rojo cuando están abiertos, De este modo, si se tiene algún permiso en color rojo es indicativo de que la bomba no encenderá en automático por esta condición.

5.1.6. Bombeo de agua hacia planta desde los tanques T-60x1 y T-60x2.

5.1.6.1. Apertura y cierre de las válvulas de salida de agua hacia planta (84LV-121 y 84LV-122).

Cuando se coloca en posición automático el selector de la válvula motorizada de salida de agua del tanque con el que se enviará agua a planta, esta abrirá siempre y cuando se cumplan las siguientes condiciones:

- El nivel del tanque este por encima del interruptor de bajo nivel (84LSL-111 para el tanque T60x1 y 84LSL-112 para T60x2).
- El tanque no se encuentra en estado “fuera de servicio”, acción que se realiza en la pantalla del HMI.

5.1.6.2. Encendido de las bombas de transferencia a través del PLC.

Una vez verificado que tanto el tanque como la bomba están alineadas hacia planta, se puede dar inicio al trabajo de las bombas a través del PLC.

La pantalla HMI muestra el estado de los permisos de arranque de las bombas de transferencia: estado de los interruptores de presión en la succión, presión en la descarga, interruptor de bajo nivel de los tanques, nivel del tanque por el transmisor de nivel y posición de las válvulas motorizadas.

Cuando se coloca en posición automático el selector de la bomba (ubicado en el gabinete del C.C.M.), El PLC verifica que las siguientes condiciones se cumplan para dar arranque a la bomba:

- Hay permiso de arranque por el interruptor de baja presión de succión de la bomba.
- Hay permiso de arranque por el interruptor de bajo nivel del tanque T60x1, 84LSL-111; o si el tanque se encuentra en estado “Fuera de servicio” en la pantalla HMI del PLC. Bajo esta condición, el PLC inhabilita el permisivo de arranque por alto nivel del tanque por el 84LSL-111.
- Hay permiso de arranque por el interruptor de bajo nivel del tanque T60x2, 84LSL-112; o si el tanque se encuentra en estado “Fuera de servicio” en la pantalla HMI del PLC. Bajo esta condición, el PLC inhabilita el permisivo de arranque por alto nivel del tanque por el 84LSL-112.
- El transmisor de nivel del tanque T60x1 (84LT-111) indica un nivel mayor que 1.2m, o si el tanque se encuentra en estado “Fuera de servicio” en la pantalla HMI del PLC. Bajo esta condición, el PLC inhabilita el permisivo de arranque por bajo nivel del tanque indicado por 84LT-111.
- El transmisor de nivel del tanque T60x2 (84LT-112) indica un nivel mayor que 1.2m, o si el tanque se encuentra en estado “Fuera de servicio” en la pantalla HMI del PLC. Bajo esta condición, el PLC inhabilita el permisivo de arranque por bajo nivel del tanque indicado por 84LT-112.
- Al menos una de las dos válvulas de salida de agua de los tanques (84LV-121 y 84LV-122) está en posición abierta (válvula de color verde en la pantalla del HMI).

Quando la bomba enciende, la presión en la descarga tiende a aumentar. Si esta presión es tal que genera la apertura del contacto del interruptor de alta presión de la bomba, el PLC apagará la bomba por alta presión de descarga. Además, si alguno de

los permisivos de arranque mencionados anteriormente se abre, también se apagará la bomba.

Al igual que para las bombas de llenado de los tanques, El PLC cuenta con una rutina de reconocimiento de alarmas: Cuando la bomba se apaga por uno de sus permisivos, esta no volverá a arrancar hasta que el operador llegue al sitio, verifique la causa de la parada, realice las acciones correctivas necesarias, pulse el reconocimiento en la pantalla del HMI y posteriormente pulse el botón de encendido ubicado en la pantalla del HMI. En este momento la bomba encenderá nuevamente.

Así mismo, El PLC mostrará a través de la pantalla del HMI la (s) condición (s) de alarma que causó la parada de la bomba, aunque en campo se hayan restablecido, y a través del reconocimiento se refrescarán todos los permisivos. Cuando se requiera finalizar el bombeo de agua hacia planta desde los tanques a través de la bomba de transferencia, se apagará la bomba en servicio pulsando el botón de stop en el HMI. La bomba no volverá a encender hasta que se pulse el botón de encendido nuevamente.

Se deja en la lógica del PLC para uso futuro una rutina en el cual la válvula 84PV-100 abre momentáneamente cuando el transmisor 84PIT-100 llega al valor consigna.

5.2. Fase II: Determinación de la instrumentación necesaria para la mejora de control sistema de suministro de agua cruda en la planta termoeléctrica El Palito.

A través del estudio del proceso y la detección de fallas se procede a realizar el estudio de la instrumentación necesaria para realizar la mejora del sistema, a continuación, se identificarán los equipos necesarios para que se implementen las mejoras del sistema:

5.2.1. Medidor de flujo.

Mediante el estudio realizado se necesita un medidor de flujo, con sensor ANNUBAR de material 316 ss, tamaño 8", rating 150# para caudal nominal 169 m³/h, presión nominal 10 psi. Transmisor de 4 - 20 mA, con protocolo HART, alimentación 24 VD explosión proof - clase I, div. 2, grupo c&d, montaje remoto.

Se recomienda un transmisor de presión diferencial marca ROSEMOUNT modelo 3051 cd2a22a1as5b4m5, rango -250 - 0 - 250 inh₂o s.p. 0-250 in h₂o, tag 84-ft-100, con placa de orificio INSTRUMATIK sf-021-1-c-08,00-3-06-c-1-0, bridas de orificio INSTRUMATIK sf-040-1-wn-rf-3-1-040-2-08,00.

5.2.1.1. Especificaciones

Tipo de medida	Presión diferencial, manométrica, absoluta, de nivel y de caudal
Salida	HART 4-20 mA (revisiones 5 y 7)
Precisión de referencia	+ 0,04 % del spam
Rendimiento total	+ 0,12 % del spam
Estabilidad a largo plazo	+ 0,125 % del límite superior del rango durante 5 años
Rango descendente	150:1



Figura 6. Medidor de flujo diferencial ROSEMOUNT.

Fuente. Emerson (2015).

5.2.2. Interruptores de presión.

Mediante el estudio realizado se necesitan Seis (6) interruptores de presión, tipo diafragma de material 316 ss con conexión a proceso 1/2" npt, explosión proof, un contacto spdt, rating 5A. 24 VDC, clase I, div. 2, grupo c&d, conexión eléctrica 1/2" npt.

- 2 rango de ajuste 0-1000 psig, set 50 psig
- 2 rango de ajuste 0-1000 psig, set 150 psig
- 2 rango de ajuste 0 - 30 psig, set 5 psig

Se recomiendan cuatro (4) interruptores de presión para los setpoints de 50 y 150 psig, SOR modelo 5ag-ef45-m2-c1a-rryy; rango 45-550psi. s.p. 48psi alimentación 24 VD explosión proof - clase I, div. 2, grupo c&d, montaje remoto.

5.2.2.1. Especificaciones

Tipo de medida	Presión
Salida	HART 4-20 mA
Precisión de referencia	+ 0,02 % del spam
Rendimiento total	+ 0,16 % del spam
	+ 0,125 % del límite superior del rango durante 5
Estabilidad a largo plazo	años
Rango descendente	1000:1

Model Number	Adjustable Range psi	Typical Dead Band psi	Overrange psi	Proof psi
6AG - EF2 - N4 - F1A	7 to 30	1.6	1500	2500
6AG - EF3 - N4 - F1A	12 to 100	2.7		
6AG - EF5 - N4 - F1A	20 to 180	4.2		
6AG - EF45 - N4 - F1A	25 to 275	5.7		
5AG - EF3 - N4 - F1A	25 to 240	6.6		
5AG - EF5 - N4 - F1A	35 to 375	9.3		
5AG - EF45 - N4 - F1A	45 to 550	11.7	2500	6000
9AG - EF4 - N4 - F1A	100 to 500	15.9		
9AG - EF5 - N4 - F1A	200 to 1000	27.6		
9AG - EF45 - N4 - F1A	200 to 1750	45		
1AG - EF45 - N4 - F1A	500 to 4000	294	5000	6000

Figura 7. Tabla de ajuste SP SOR.

Fuente. SOR (2014).



Figura 8. Interruptor de presión SOR.

Fuente. SOR (2014).

Se recomiendan dos (2) interruptores de presión para el setpoint de 5 psig, UE modelo j120.152; rango 1-50psi, s.p. 5psi. El interruptor de presión eléctrico unido j120-137, el interruptor de presión de la serie UE 120 para divisiones 1 y 2 usan rango de punto de ajuste ajustable salida de 15 a 80 pulgadas wc una spdt, ajuste interno, nema 4x caja recubierta de epoxi, banda muerta 2 a 6-in wc, presión de prueba 5 psi, presión sobre rango 80-in w.



Figura 9. Interruptor de presión UE.

Fuente. UE (2016).

5.2.3. Actuadores eléctricos.

Mediante el estudio realizado se necesitan Tres (3) válvulas on/off de tipo compuerta y rating 150# de material del cuerpo carbón Steel, material del trim 13% cr, diámetro 6" con un actuador motorizado, para montaje en válvula de compuerta, la alimentación del motor 480 VAC señal de control 24 VDC, explosión proof. dos (2) interruptores de posición, rating de los contactos 5A. 24 VDC.

Se recomiendan tres (3) actuadores eléctricos tipo multivuelta. marca AUMA, modelo saexc10.1-f10 alimentados con 460 voltios trifásico, 60 HZ con una velocidad de salida de 54 RPM y un torque de salida actuador de 120 NM, su empuje de salida actuador será de 70 KN, Señal de posicionamiento de 4 – 20mA.



Figura 10. Actuador eléctrico tipo multivuelta AUMA.

Fuente. AUMA (2017).

5.2.4. Transmisores de nivel.

Mediante el estudio realizado se necesitan Dos (2) transmisores de nivel con salida 4-20mA y protocolo HART, alimentación de 24 VDC (loop powered) con rango de 0 - 1000" h2o, set 0 - 600" h2o, conexión eléctrica 1/2" npt. marca ROSEMOUNT, modelo 3051 o similar, bridado 3" #150 material 316 ss.

Se recomiendan dos (2) transmisores de nivel marca ROSEMOUNT de modelo 305113aa0ad21aam5e5f1 con rango de presión de -1000 – 1000inh2o y salida del transmisor de 4-20 mA, el tamaño de la brida de montaje: nps-3, ANSI b16.5 clase 300, posee carcasa de aluminio, explosión proof, s.p. 0-13,550 mmh2o.

5.2.4.1. Especificaciones

Tipo de medida	Nivel
Salida	HART 4-20 mA
Precisión de referencia	+ 0,01 % del spam
Rendimiento total	+ 0,16 % del spam + 0,125 % del límite superior del rango durante 5
Estabilidad a largo plazo	años
Rango descendente	100:1



Figura 11. Transmisor de nivel ROSEMOUNT.

Fuente. Emerson (2015).

5.2.5. Transmisor de presión.

Mediante el estudio realizado se necesita un transmisor de presión de salida 4-20ma con protocolo HART, con indicación local, alimentación 24 VDC (loop powered) de elemento tipo diafragma, material 316 ss, y conexión a proceso 1/2" npt, explosión proof, con rango de 0 - 1000 psig, set 0 - 200 psig.

Se recomienda un transmisor de presión marca SMAR, modelo ld301 con sensor modelo m5 de rango 0-3600 psig de material 360lssl explosión proof, s.p. 0-200psig.

5.2.5.1. Especificaciones

Tipo de medida	Presión
Salida	HART 4-20 mA
Precisión de referencia	+ 0,04 % del spam
Rendimiento total	+ 0,2 % del spam
Estabilidad a largo plazo	+ 0,1 % del límite superior del rango durante 5 años
Rango descendente	120:1



Figura 12. Transmisión de presión SMAR

Fuente. Smar (2016).

5.2.6. Interruptores de nivel.

Mediante el estudio realizado se necesitan Cuatro (4) interruptor de nivel de tipo flotador su material del cuerpo es de acero al carbono y conexión a proceso 1" bridado rating #150, nema 7, explosión proof, dos (2) contactos dpdt, rating 5A. 24 VDC, clase I, div. 2, grupo c&d, conexión eléctrica 1/2" npt.

Se recomiendan cuatro (4) interruptores de nivel marca FINETEK modelo fd7 de eo 1 s1 1 0200 cl. conexión bridada nps 1 1/2" 150#. Fuente de alimentación universal de 20-250 VCA / VDC, Salida de estado sólido o de relé, Unidades compactas o estándar, No requiere calibración, explosión proof.

La línea de productos de interruptor de nivel de líquido de la horquilla de la serie SC funciona según el principio de detectar el cambio en la frecuencia de vibración de las horquillas como resultado de la presencia o ausencia de un fluido en las horquillas. De ahí el nombre de la tecnología, diapasón. La vibración del diapasón es creada por un cristal piezoeléctrico excitado por una señal eléctrica de la electrónica. Un segundo cristal piezoeléctrico produce una señal eléctrica como resultado de la vibración transmitida a través de las horquillas por el primer cristal. La electrónica monitorea

continuamente la señal del segundo cristal para detectar presencia y ausencia de fluido y activar la salida del interruptor de nivel de líquido de la horquilla de sintonización.

Figura 13. Interruptores de nivel FINETEK.



Fuente. Finetek (2016).

5.2.7. Indicadores de presión.

Mediante el estudio realizado se necesitan Ocho (8) indicadores de presión de dial 4 ½" y visor de vidrio de seguridad de elemento, tipo bourdon y material 316ss con conexión a proceso 1/2" npt.

- 4 rango 0-40 psig
- 2 rango 0-100 psig
- 2 rango 0-200 psig

Se recomiendan los indicadores de presión de proceso Ashcroft 45-1082 de dial analógico, precisión con dial analógico-ASME B40.100 / B40.1 Grados 0.25% F.S. (Grado 3A), su unidad de medida en Hg, kg / cm², kPa, psi, su elemento de detección es el tubo de Bourdon, el tamaño de la caja del medidor es de 4.5 "(114 mm), posee un gauge Case Material 316ss de material de la pieza en húmedo Latón, Bronce, Monel, permite un rango máximo de medición 10000 psi y un rango mínimo 30 psi, conexión al proceso es NPT.

Su función especial (indicador de presión) de frente sólido (indicadores analógicos) para reventón de retorno, temperatura compensada, resistente a la intemperie.



Figura 14. Indicadores de presión ASHCROFT.

Fuente. Ashcroft (2017).

5.2.8. PLC y sus módulos.

Para recomendar un PLC adecuado para cada ocasión es un aspecto fundamental para que el proyecto llegue a viable. Se tiene que conseguir dimensionar correctamente la aplicación para que no tenga faltas en prestaciones, ni que se tengan funcionalidades que encarezcan y no son necesarias para el proyecto. Se recomienda un controlador programable (PLC), marca ALLEN - BRADLEY, modelo ControlLogix, 1 CPU ControlLogix 5555, 2 módulos de entrada digital (16ptos), 1 módulo de entrada analógica, 1 módulo de salida digital (16ptos), 1 módulo de salida analógica (4ptos) módulo de comunicaciones ethernet, 1 HMI. fuente de poder 24VDC y un rack de 7 slots.

5.2.8.1. CPU

Se recomienda un CPU ControlLogix 5555 debido a sus tareas del controlador son de 32 tareas a 1000 programas, tareas desencadenantes de eventos de E / S locales no tienen límite.

Opciones de comunicación • EtherNet, IP™, ControlNet™, DeviceNet™, Data Highway Plus™, E / S remotas, SynchLink™, proceso de terceros y redes de dispositivos.

Lenguajes de programación, lógica de escalera de relés (RLL), texto estructurado, diagrama de bloques de funciones, gráfico de funciones secuenciales (SFC), unas características resaltantes de este CPU son:

- Memoria de usuario 3 MB
- E / S digital, máx. 128,000
- E / S analógica, máx. 4000
- E / S total, máximo 128,000
- almacenamiento en memoria 2 GB
- Tarjeta Secure Digital (1784-SD2), naves preinstaladas en el controlador
- Módulo de almacenamiento de energía integrado en el controlador, no extraíble
- Consumo de corriente a 1.2V DC 5.0 mA
- Consumo actual @ 5.1V DC 1.20 A
- Disipación de potencia 6.2 W
- Disipación térmica 21.2 BTU / hora

Chasis 1756-A4, 1756-A4K, 1756-A7, 1756-A7K, 1756-A10, 1756-A10K, 1756-A13, 1756-A13K, 1756-A17, 1756-A17 K Serie B, Serie C Fuente de alimentación, estándar 1756-PA50, 1756-PA72, 1756-PA72K, 1756-PA75, 1756-PA75K, 1756-PB50, 1756-PB72, 1756-PB72K, 1756-PB75, 1756-PB75K, 1756-PH75, 1756-PC75.

Fuente de alimentación, redundante 1756-PA75R, 1756-PA75RK, 1756-PB75R, 1756-PB75RK, 1756-PSCA2, 1756-PSCA2K.



Figura 15. CPU ControlLogix 5555.

Fuente. Allen Bradley (2016).

5.2.8.2. Módulos de entradas digitales.

Se recomiendan dos (2) módulos de entradas digitales de 16 pto.



Figura 16. Módulo de entradas digitales 16 pto.

Fuente. Allen Bradley (2016).

5.2.8.3. Módulo de salida digital.

Un módulo de salida digital de 16 pto.



Figura 17. Módulo de salida digital.

Fuente. Allen Bradley (2016).

Se toma salida de relé porque no se necesita velocidad de swicheo y por la variedad de fuente de control AC 110v y DC 24v.

5.2.8.4. Módulo de salida analógica.

Se recomienda un módulo de salida analógica de 4 pts.



Figura 18. Módulo de salida analógica.

Fuente. Allen Bradley (2016).

5.2.8.5. Módulo de entrada analógica.

Se recomienda un módulo de entrada analógica de 4 pts.



Figura 19. Módulo de entrada analógica.

Fuente. Allen Bradley (2016).

5.2.8.6. Módulo de comunicaciones ETHERNET

Se recomienda un módulo de comunicaciones ethernet



Figura 20. Módulo de comunicaciones ETHERNET.

Fuente. Allen Bradley (2016).

5.2.8.7. Fuente de alimentación.

Se recomienda una fuente de poder 24VDC, modelo 1756-PA50, debido a que otorga la potencia necesaria para el correcto funcionamiento de los módulos.



Figura 21. Fuente de alimentación 24VDC 1756-PA50.

Fuente. Allen Bradley (2016).

5.2.8.8. Rack.

Se recomienda un rack de 7 slots modelo 1756-A7K, posee una corriente de la placa posterior, chasis, ranura máxima a 1.2 V CC 1.5 A, corriente de la placa posterior, chasis, ranura máxima a 3,3 V CC 4 A, corriente de la placa posterior, chasis, ranura máxima a 5.1V DC 15 A - 6 A, corriente de la placa posterior, chasis, ranura máxima a 24 V CC 2.8 A y disipación de potencia, máx. de 4.5 W.

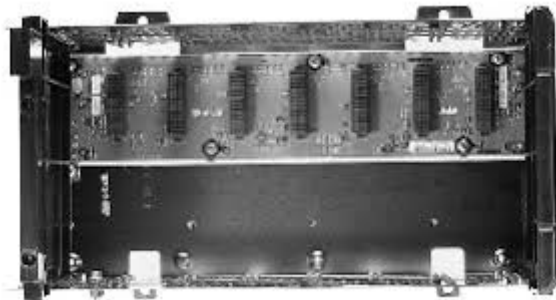


Figura 22. Rack 7 Slots modelo 1756-A7K.

Fuente. Allen Bradley (2016).

5.2.9. Fuente de alimentación de los instrumentos.

Mediante el estudio realizado se necesita una fuente de alimentación de 120VAC a 24 VDC para montaje en gabinete, capacidad 40A para poder alimentar todos los equipos antes mencionados para la mejora del sistema.

Se recomienda una fuente de alimentación ALLEN BRADLEY de 120VAC a 24 VDC para montaje en gabinete, capacidad 40A.



Figura 23. Fuente de alimentación 40A.

Fuente. Allen Bradley (2016).

5.3. Fase III: Diseñar el control automatizado para el sistema de suministro de agua cruda con las mejoras requeridas de la planta termoeléctrica El Palito.

Ya conociendo los equipos que se agregaran al sistema de control se procede a realizar el programa para las mejoras necesarias, seguidamente se realizara una comparación entre el programa que ya se tenía en funcionamiento y el nuevo programa realizado.

Compare Report Summary

Base project

Controller

61 Controller Tag Differences

0 Controller Property Differences

Program

0 Property Differences

0 Tag Differences

0 Ladder Differences

0 Function Block Differences

0 SFC Differences

0 Structured Text Differences

Task

0 Task Property Differences

Program

0 Property Differences

22 Tag Differences

206 Ladder Differences

0 Function Block Differences

0 SFC Differences

0 Structured Text Differences

5 Module Differences

2 Datatype Differences

0 Configuration Differences

0 Add-On Instruction Differences

0 Quick Watch Differences

Compare project

Controller

0 Controller Tag Difference

0 Controller Property Differences

Program

0 Property Differences

0 Tag Differences

0 Ladder Differences

0 Function Block Differences

0 SFC Differences

0 Structured Text Differences

Task

0 Task Property Differences

Program

0 Property Differences

22 Tag Differences

55 Ladder Differences

0 Function Block Differences

0 SFC Differences

0 Structured Text Differences

5 Module Differences

0 Datatype Difference

0 Configuration Differences

0 Add-On Instruction Differences

0 Quick Watch Differences

Cuadro 2. Comparación de mejoras en el programa del PLC.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

Controller Tags

Tag Name	Alias For	Type	Description	Data	AliasFor	Type	Description	Data
_84_FT_100			Local:5:I.CH0 DATA		Local:2:I.DAT			
_84_LSH_111	_84_PSH_2 12		Local:2:I.DAT A.11		A.7			
_84_LSH_112			Local:2:I.DAT A.13				Nivel alto T-60x1	
_84_LSL_111			Local:2:I.DAT A.10				Nivel alto T-60x2 Nivel bajo T-60x1	
_84_LSL_112			Local:2:I.DAT A.12				Nivel bajo T-60x2	
_84_LT111			Local:5:I.CH1 DATA					
_84_LT112			Local:5:I.CH2 DATA		Comando apertura valvula entrada T-60x1			
_84_LV_111			Local:4:O.DA TA.1		Comando apertura valvula 84LV-Entrada T-60x2 Comando apertura valvula salida T-60x1 Comando apertura valvula 84LV-122 Salida T-60x2 Alta presion descarga P-101			
_84_LV_112			Local:4:O.DA TA.2		Alta presion descarga P-102 Alta presion descarga P-20 P-202			
_84_LV_121			Local:4:O.DA TA.11		---	---	---	---
_84_LV_122			Local:4:O.DA TA.12		---	---	---	---
_84_PSH_111			Local:2:I.DAT A.1		---	---	---	---
_84_PSH_112			Local:2:I.DAT A.3		---	---	---	---
_84_PSH_211			Local:2:I.DAT A.5					

Tag Name	Alias For	Type	Description	Data	AliasFor	Type	Description	Data
_84_PSL_111	Local:2:I.DAT A.0		Baja presion de succión P-101		---	---	---	---
_84_PSL_112	Local:2:I.DAT A.2		Baja presion de succión P-102		---	---	---	---
_84_PSL_211	Local:2:I.DAT A.4		Baja presion de succión P-201		---	---	---	---
_84_PSL_212	Local:2:I.DAT A.6		Baja presion de succión P-202		---	---	---	---
_84_PT100	Local:5:I.CH3 DATA				---	---	---	---
_84_PV100	Local:4:O.Dat a.0		84PV-100 valvula de recirculación		---	---	---	---
_84_R_101_1	Local:4:O.DA TA.3		R-101-1 Comando de arranque bomba P-101		---	---	---	---
_84_R_101_2	Local:4:O.DA TA.4		R-101-2 Notificacion de alarma P-101 (no existe)		---	---	---	---
_84_R_102_1	Local:4:O.DA TA.5		R-102-1 Comando de arranque bomba P-102		---	---	---	---
_84_R_102_2	Local:4:O.DA TA.6		R-102-2 Notificacion de alarma P-102 (no existe)		---	---	---	---
_84_R_201_1	Local:4:O.DA TA.7		R-201-1 Comando de arranque bomba P-201		---	---	---	---
_84_R_201_2	Local:4:O.DA TA.8		R-201-2 Notificacion de alarma P-201 (no existe)		---	---	---	---
_84_R_202_1	Local:4:O.DA TA.9		R-202-1 Comando de arranque					

Tag Name	Alias For	Type	Description	Data	AliasFor	Type	Description	Data
					abierta			
_84_R_202_2	Local:4:O.DA TA.10		R-202-2 Notificacion de alarma P-202 (no existe)		---	---	---	---
_84_R101	Local:3:I.DAT A.6		R101 bomba P-101 encendida		---	---	---	---
_84_R101_3	Local:3:I.DAT A.7		R101-3 bomba P-101 en automatico		---	---	---	---
_84_R102	Local:3:I.DAT A.8		R102 bomba P-102 encendida		---	---	---	---
_84_R102_3	Local:3:I.DAT A.9		R102-3 bomba P-102 en automatico		---	---	---	---
_84_R201	Local:3:I.DAT A.10		R201 bomba P-201 encendida		---	---	---	---
_84_R201_3	Local:3:I.DAT A.11		R201-3 bomba P-201 en automatico		---	---	---	---
_84_R202	Local:3:I.DAT A.12		R202 bomba P-202 encendida		---	---	---	---
_84_R202_3	Local:3:I.DAT A.13		R202-3 bomba P-202 en automatico		---	---	---	---
_84_ZSC_100	Local:2:I.DAT A.8		Valvula de recirculación cerrada		---	---	---	---
_84_ZSC_111	Local:3:I.DAT A.2		Valvula de entrada T-101 cerrada		---	---	---	---
_84_ZSC_112	Local:3:I.DAT A.4		Valvula de entrada T-102 cerrada		---	---	---	---
_84_ZSC_121	Local:2:I.DAT A.14		Valvula de descarga T-101 cerrada		---	---	---	---
_84_ZSC_122	Local:3:I.DAT A.0		Valvula de descarga T-102 cerrada		---	---	---	---
_84_ZSO_100	Local:2:I.DAT A.9		Valvula de recirculación		---	---	---	---

Tag Name	Alias For	Type	Description	Data	AliasFor	Type	Description	Data
----------	-----------	------	-------------	------	----------	------	-------------	------

_84_ZSO_111	Local:3:I.DAT A.3		Valvula de entrada T-60x1 abierta		---	---	---	---
-------------	----------------------	--	---	--	-----	-----	-----	-----

_84_ZSO_112	Local:3:I.DAT A.5		Valvula de entrada T-60x2 abierta		---	---	---	---
-------------	----------------------	--	---	--	-----	-----	-----	-----

_84_ZSO_121	Local:2:I.DAT A.15		Valvula de descarga T-60x1 abierta		---	---	---	---
-------------	-----------------------	--	--	--	-----	-----	-----	-----

_84_ZSO_122	Local:3:I.Data. 1				---	---	---	---
-------------	----------------------	--	--	--	-----	-----	-----	-----

BIT_HMI		DINT		4	---	---	---	---
---------	--	------	--	---	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC		BIT_PRUEBA_ NC[16]			---	---	---	---
BIT_PRUEBA_ NC[0]		BOOL[32]			---	---	---	---

BIT_PRUEBA_ NC[1]		BOOL		2#0	---	---	---	---
----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[2]		BOOL		2#0	---	---	---	---
----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[3]		BOOL		2#0	---	---	---	---
----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[4]		BOOL		2#0	---	---	---	---
----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[5]		BOOL		2#0	---	---	---	---
----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[6]		BOOL		2#0	---	---	---	---
----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[7]		BOOL		2#0	---	---	---	---
----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[8]		BOOL		2#0	---	---	---	---
----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[9]		BOOL		2#0	---	---	---	---
----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[10]		BOOL		2#0	---	---	---	---
-----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[11]		BOOL		2#0	---	---	---	---
-----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[12]		BOOL		2#0	---	---	---	---
-----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[13]		BOOL		2#0	---	---	---	---
-----------------------	--	------	--	-----	-----	-----	-----	-----

BIT_PRUEBA_ NC[14]		BOOL		2#0	---	---	---	---
BIT_PRUEBA_ NC[15]		BOOL		2#0	---	---	---	---

Tag Name	Alias For	Type	Description	Data	Alias For	Type	Description	Data
NC[17] BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
NC[18] BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
BIT_PRUEBA_ NC[20]		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
NC[23] BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
BIT_PRUEBA_ NC[25]		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
NC[28] BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
NC[30] BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
NC[31] BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
BIT_PRUEBA_		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
BIT_PRUEBA_ 22		BOOL		2 # 0	---	---	---	---
Op_HMI STATUS_LV_1		DINT		0	---	---	---	---
STATUS_LV_1		SINT		2	---	---	---	---
111 STATUS_LV_1		SINT		4	---	---	---	---
STATUS_LV_1		SINT		4	---	---	---	---
121 STATUS_LV_1		SINT		4	---	---	---	---

Tag Name	Alias For	Type	Description	Data	AliasFor	Type	Description	Data
STATUS_SV_122		SINT		1	---	---	---	---
STATUS_V_110		SINT		2	---	---	---	---
TanK_Llenos		BOOL	T-60x1 T-60x2 Tanques Llenos	1	---	---	---	---

Datatypes

Type Name	Type	ExternalAccess	Description	Type	ExternalAccess	Description
Testigo_BDV.BDV_	BOOL	Read/Write		---	---	---
Testigo_BDV.ZSH_	BOOL	Read/Write		---	---	---
Testigo_BDV.ZSL_	BOOL	Read/Write		---	---	---
Testigo_SDV.SDV_	SINT	Read/Write		---	---	---
Testigo_SDV.ZSH_	SINT	Read/Write		---	---	---
Testigo_SDV.ZSL_	SINT	Read/Write		---	---	---

Programs

Program	Base Project	Compare Project
MainProgram		
Tags	22 Differences	22 Differences
Bambas_transf	4 Difference Rungs	4 Difference Rungs
Bombas_booster	4 Difference Rungs	4 Difference Rungs
MainRoutine	3 Difference Rungs	1 Difference Rungs
Niveles_presion_flujo	6 Difference Rungs	5 Difference Rungs
HMI_Panel	Base Project Only	---
OP_HMI	Base Project Only	---
Servicios_LV	Base Project Only	---
Servicios	---	Compare Project Only

MainProgram Tags

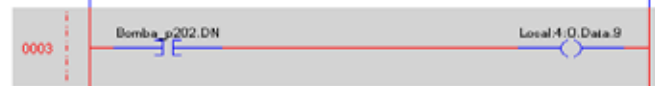
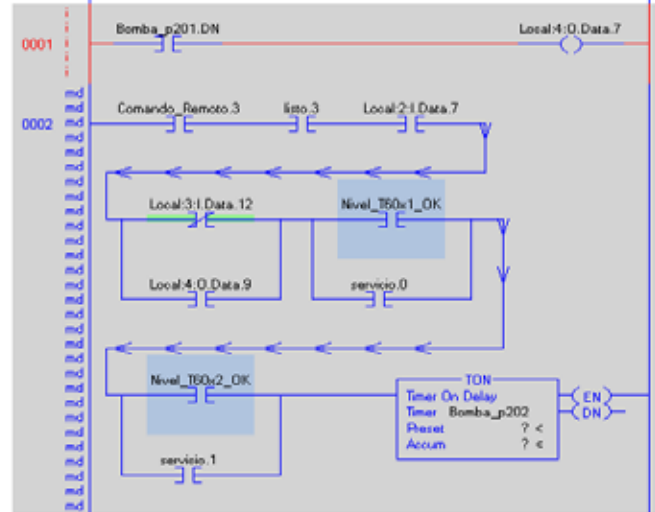
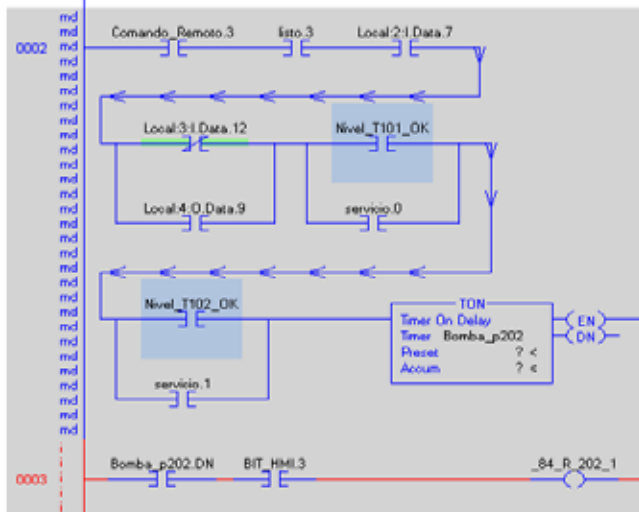
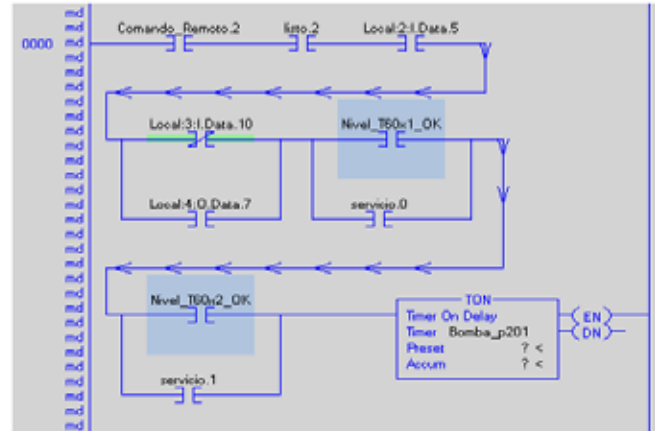
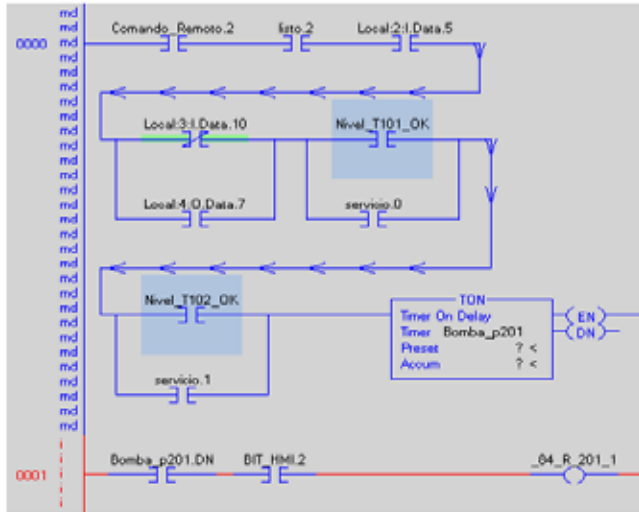
Tag Name	Alias For	Type	Description	Data	Alias For	Type	Description	Data
Bomba_p101		TIMER				TIMER		
Bomba_p101.DN		BOLE		1		BOLE		0
Bomba_p101.EN		BOLE		1		BOLE		0
Bomba_p102		TIMER				TIMER		
Bomba_p102.DN		BOLE		1		BOLE		0
Bomba_p102.EN		BOLE		1		BOLE		0
Bomba_p201		TIMER				TIMER		
Bomba_p201.DN		BOLE		1		BOLE		0
Bomba_p201.EN		BOLE		1		BOLE		0
flujo		REAL		267436752 0,0		REAL		0, 0
flujo_inst		REAL		896386261 0,0		REAL		0, 0
listo	Local:5:I.Ch1	DINT		7		DINT		0
Nivel_T101			Nivel tanque T60x1 84LT-111		---	---	---	---
Nivel_T101_OK		BOOL	Nivel del tanque T-60x1 en altura bombeable	1	---	---	---	---
Nivel_T102			Nivel tanque T60x2		---	---	---	---
Nivel_T60x1	---	---	---	---	Local:5:I.Ch1 Data		Nivel tanque T60x1 84LT-111	
Nivel_T60x1_OK	---	---	---	---		BOOL	Nivel del tanque T-60x1 en altura bombeable	0
Nivel_T60x2	---	---	---	---	Local:5:I.Ch2		Nivel tanque	

Nivel_T60x2_O					N		del	
Data					i		tanque T-60x2	
	T60x2 84LT-112				v			
	---	---	---	---	e			
K					l	BOOL		0
							en altura	
							bombeable	

Tag Name	Alias For	Type	Description	Data	Alias For	Type	Description	Data
P201_ON		TIMER	Tiempo de operacion de la bomba P-201			TIMER	Tiempo de operacion de la bomba P-201	
P201_ON.EN		BOOL		1		BOOL		0
P201_ON.TT		BOOL		1		BOOL		0
rebote_0		TIMER				TIMER		
rebote_0.DN		BOOL		1		BOOL		0
rebote_0.EN		BOOL		1		BOOL		0
rebote_1		TIMER				TIMER		
rebote_1.DN		BOOL		1		BOOL		0
rebote_1.EN		BOOL		1		BOOL		0
rebote_1.PRE		DINT		1000		DINT		10000
servicio		DINT		0		DINT		2
unidad		REAL		665489600		REAL		0,0

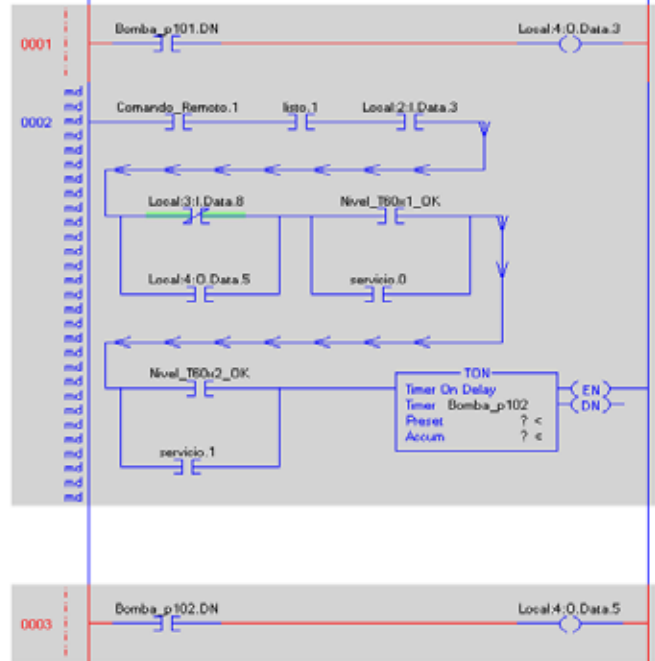
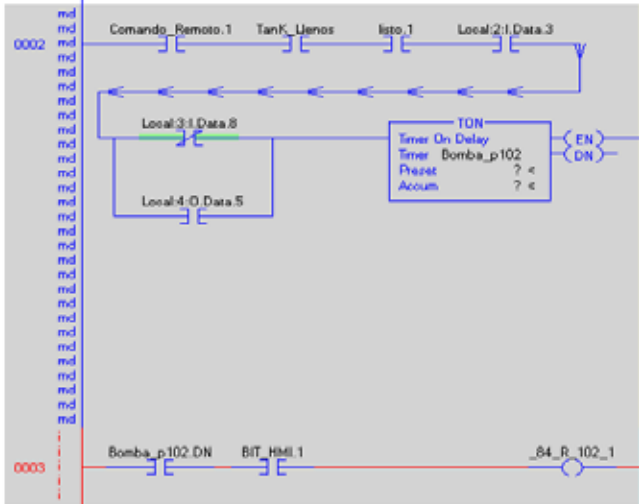
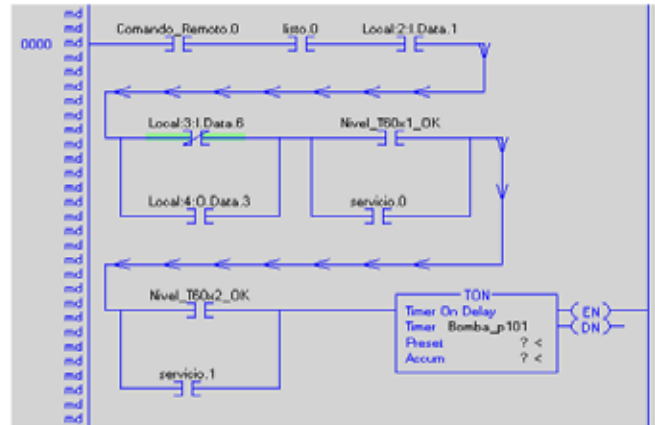
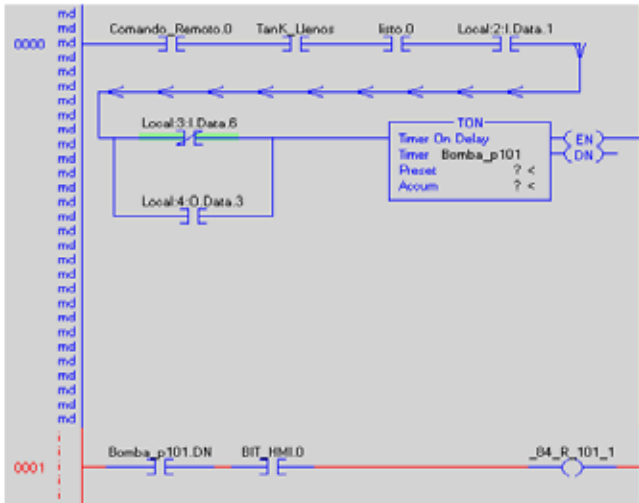
Program: MainProgram

Routine: Bambas_transf



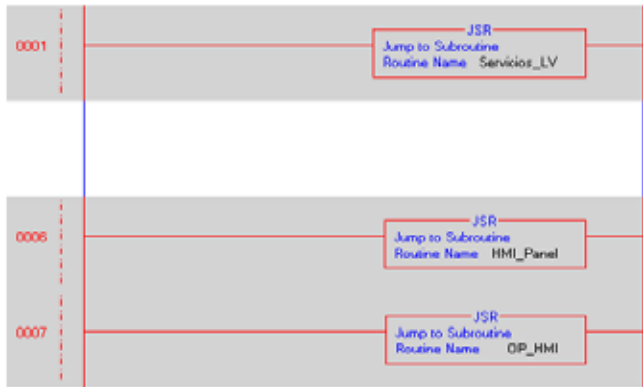
Program: MainProgram

Routine: Bombas_booster



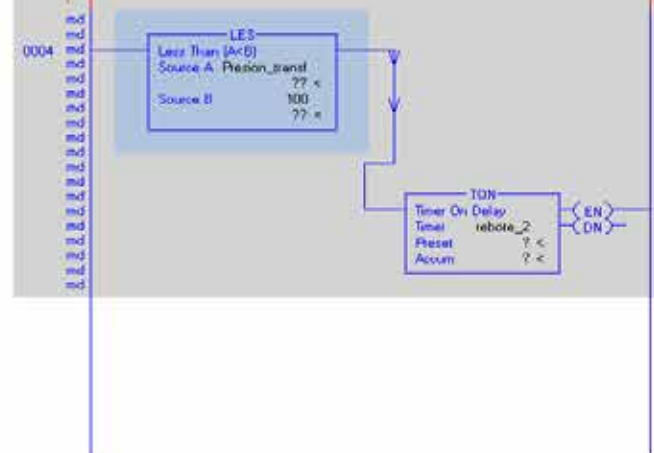
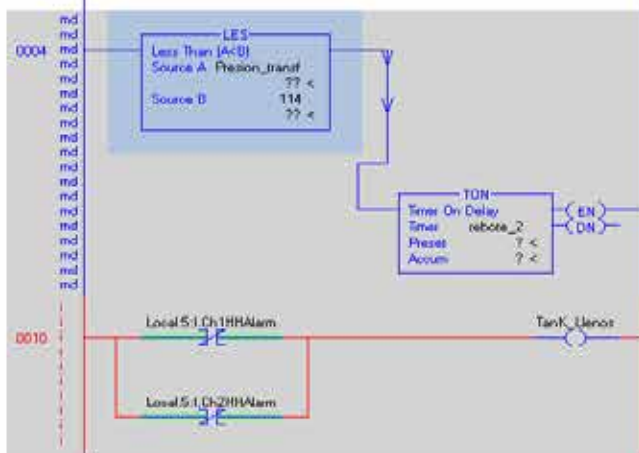
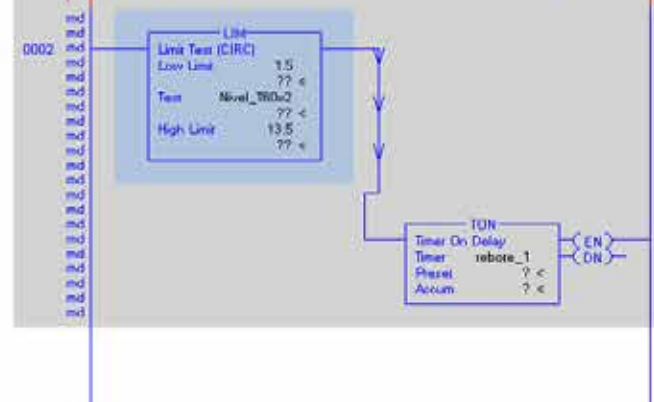
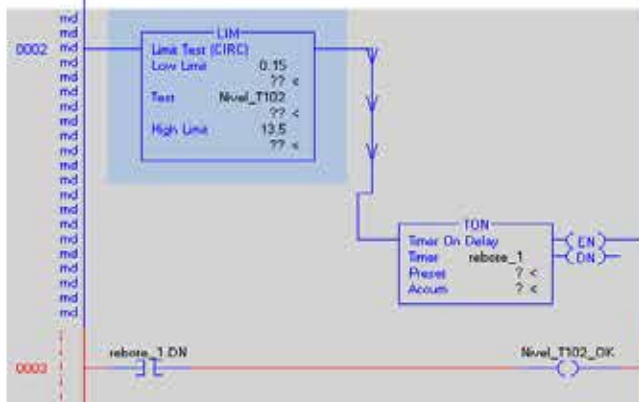
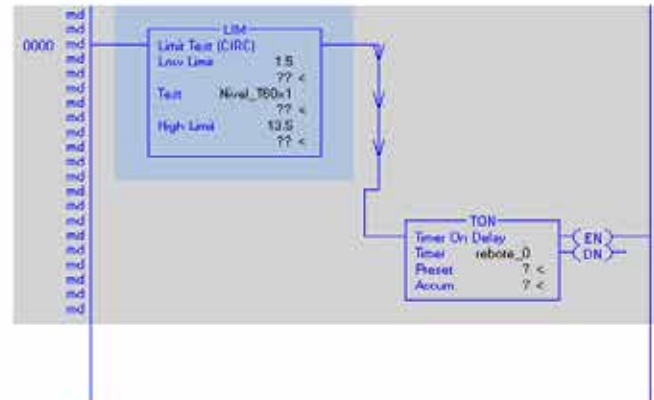
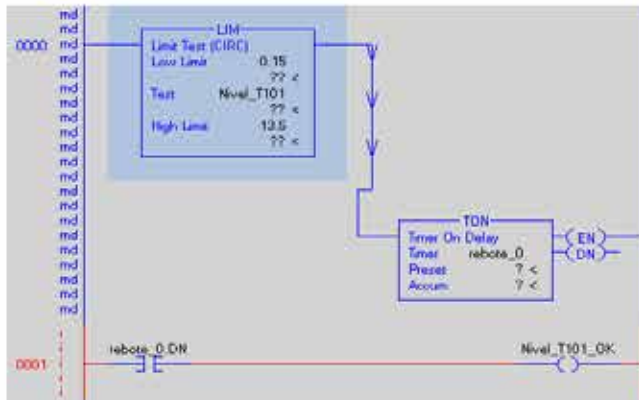
Program: MainProgram

Routine: MainRoutine



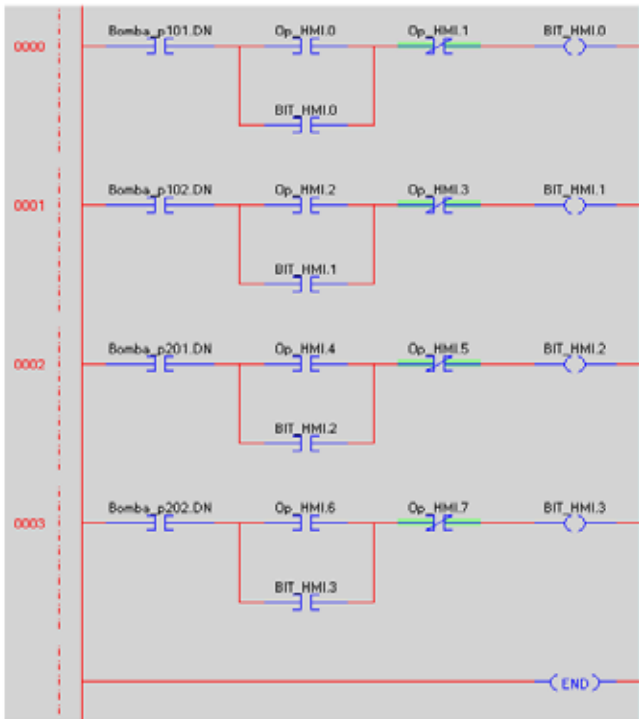
Program: MainProgram

Routine: Niveles_presion_flujo



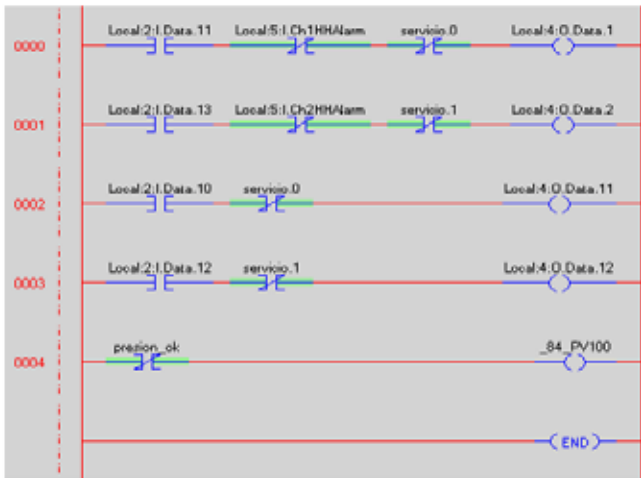
Program: MainProgram

Routine: OP_HMI

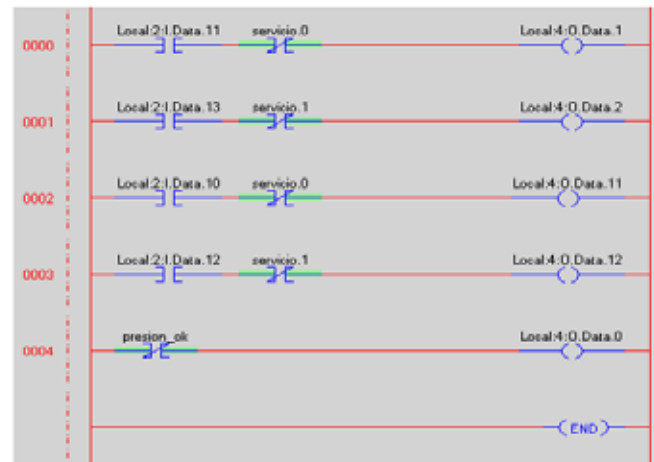


Program: MainProgram

Routine: Servicios_LV



Program: MainProgram
Routine: Servicios



5.4. Fase IV: Proponer la implementación del sistema de control automatizado previamente diseñado para el sistema de suministro de agua cruda con las mejoras requeridas de la planta termoeléctrica El Palito.

Realizado ya detalladamente la instrumentación y el programa para la mejora del sistema, se dispone a realizar la estructura de los lazos de control para el nuevo sistema.

5.4.1. Lazos de control

LAZOS DE CONTROL SISTEMA DE SUMINISTRO DE AGUA CRUDA					
EQUIPO ASOCIADO	LAZO	AI	DI	DO	DESCRIPCION
Válvulas	84ZSC-111		1		Indicación de 84LV-111 cerrada
	84ZSO-111		1		Indicación de 84LV-111 abierta
	84ZSC-112		1		Indicación de 84LV-112 cerrada
	84ZSO-112		1		Indicación de 84LV-112 abierta
	84ZSC-121		1		Indicación de 84LV-121 cerrada
	84ZSO-121		1		Indicación de 84LV-121 abierta
	84ZSC-122		1		Indicación de 84LV-122 cerrada
	84ZSO-122		1		Indicación de 84LV-122 abierta
	84ZSC-100		1		Indicación de 84PV-100 cerrada
	84ZSO-100		1		Indicación de 84PV-100 abierta
	84LV111 OPEN			1	Apertura de 84LV-111
	84LV111 CLOSE			1	Cierre de 84LV-111
	84LV112 OPEN			1	Apertura de 84LV-112
	84LV112 CLOSE			1	Cierre de 84LV-112
	84LV121 OPEN			1	Apertura de 84LV-121
	84LV121 CLOSE			1	Cierre de 84LV-121
	84LV122 OPEN			1	Apertura de 84LV-122
	84LV122 CLOSE			1	Cierre de 84LV-122
	84PV100 OPEN			1	Apertura de 84PV-100
	84PV100 CLOSE			1	Cierre de 84PV-100
Instrumentos Transmisores	84LT-111	1			Nivel de T60x1
	84-LT-112	1			Nivel de T60x2
	84-FT-100	1			Caudal de entrada a tanques
	84PIT-100	1			Presión de salida
Interruptores	84PSL-111		1		Baja presión de succion de P-101
	84PSH-111		1		Alta presión de descarga de P-101
	84PSL-112		1		Baja presión de succion de P-102
	84PSH-112		1		Alta presión de descarga de P-102

	84PSL-211		1		Baja presión de succión de P-201
	84PSH-211		1		Alta presión de descarga de P-201
	84PSL-212		1		Baja presión de succión de P-202
	84PSH-212		1		Alta presión de descarga de P-202
	84LSL-111		1		Bajo nivel de T60x1
	84LSH-111		1		Alto nivel de T60x1
	84LSL-112		1		Bajo nivel de T60x2
	84LSH-112		1		Alto nivel de T60x2
Bombas	R101		1		Estado Encendida P-101
	R102		1		Estado Encendida P-102
	R201		1		Estado Encendida P-201
	R202		1		Estado Encendida P-202
	R101-1			1	Arranque/Paro P-101
	R102-1			1	Arranque/Paro P-102
	R201-1			1	Arranque/Paro P-201
	R202-1			1	Arranque/Paro P-202
	R101-3		1		Estado automático P-101
	R102-3		1		Estado automático P-102
	R201-3		1		Estado automático P-201
	R202-3		1		Estado automático P-202
Totales		4	30	14	48

Cuadro 3. Cuadro de lazos de control del suministro de agua cruda

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

Podemos observar cómo están distribuidos los distintos puertos de los módulos antes mencionados y la variable que están controlando, como también conocemos su lazo de control para una fácil ubicación al momento de un mantenimiento o falla en el sistema.

5.4.2 Diagramas PI&D del sistema

Seguidamente se procede a realizar los planos PI&D del sistema de suministro de agua cruda en la planta termoeléctrica El Palito con las mejoras agregadas.

5.4.2.1 PI&D bombas de boosters

En la figura 24 muestra el arreglo de las bombas boosters P-101 y P-102 y los instrumentos necesarios para mantener el control y observación del funcionamiento del equipo, se demuestra el arreglo de las válvulas para la alternar las bombas boosters en caso de alguna falla o por mantenimiento previo del equipo.

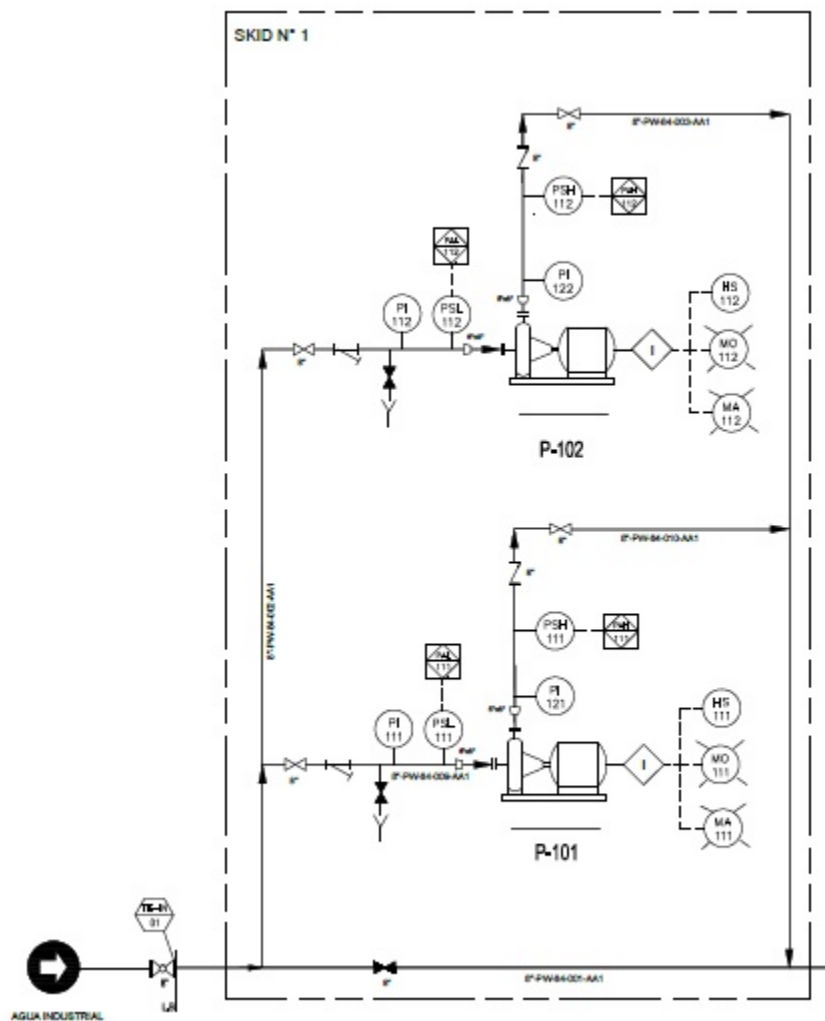


Figura 24. PI&D bombas boosters.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

5.4.2.2 PI&D tanques de almacenamiento.

En la figura 25 se muestra el arreglo para el llenado de tanque y el vaciado de los mismos con las válvulas y componentes de seguridad incluidos, el arreglo realizado puede alternar el uso de los tanques de almacenamiento para poder realizar mantenimientos o reparaciones de emergencia y la distribución del agua cruda del proceso siempre se mantenga constante.

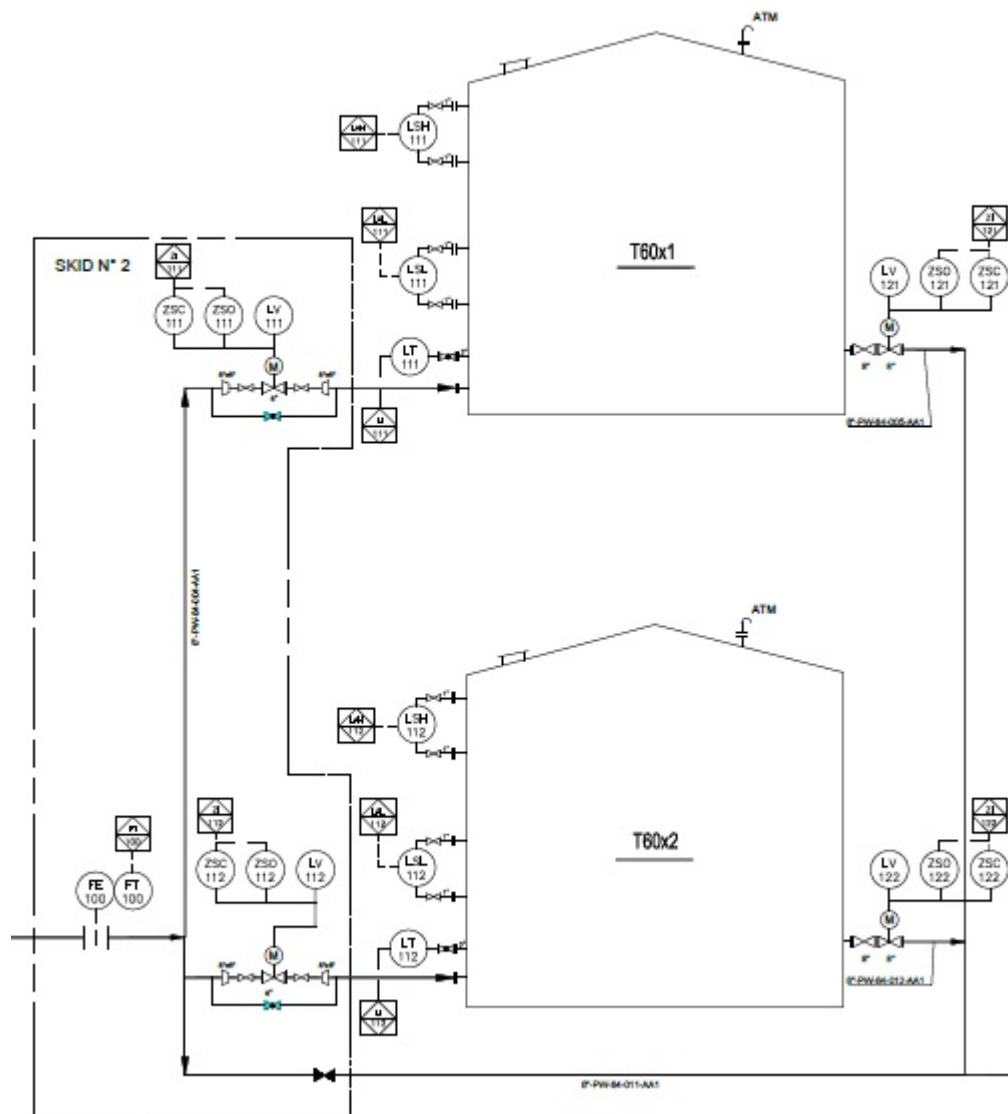


Figura 25. PI&D tanques T60x1 y T60x2.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

5.4.2.3 PI&D bombas de transferencia.

En la figura 26, se muestra el arreglo para la salida de la planta con las bombas de transferencia y la instrumentación necesaria para el control del mismo.

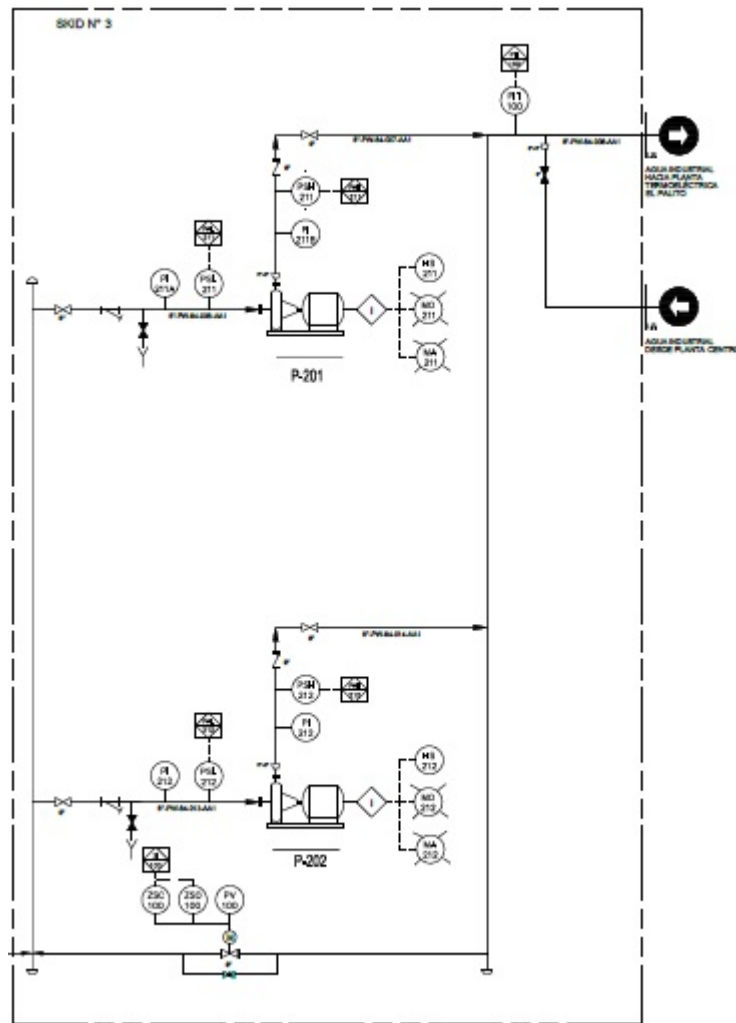


Figura 26. PI&D bombas de trasferencia.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

5.4.2.4 PI&D completo del sistema de agua cruda de la planta termoelectrica El Palito.

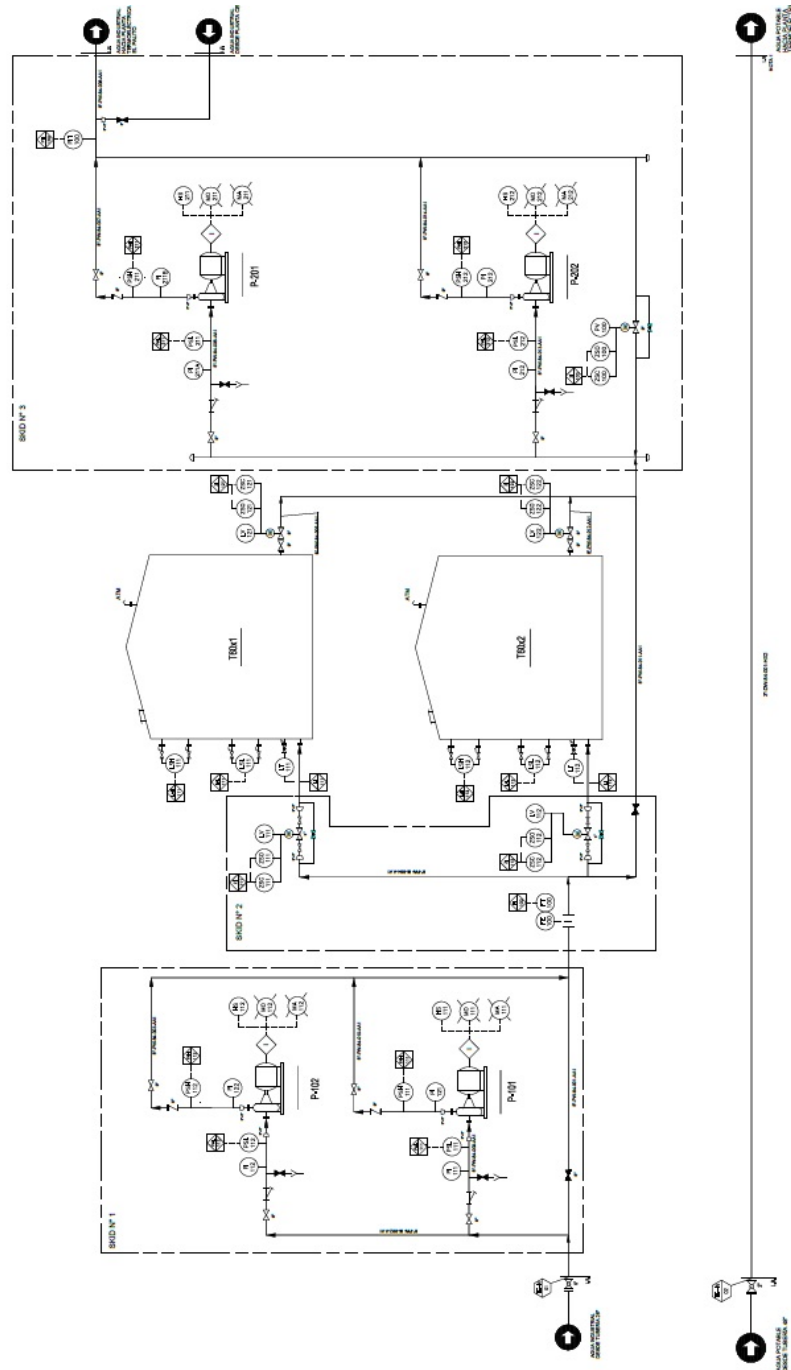


Figura 27. PI&D del sistema.




Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

5.4.2.5. Leyenda del PI&D





LEYENDA:

	FLECHA DE ALIMENTACIÓN
	SIMBOLO DE TIE-IN
	CONEXIÓN BRIDADA
ATM	VENTEO A LA ATMÓSFERA
LB	LIMITE DE BATERIA
	VÁLVULA MOTORIZADA (ON-OFF)
	PLACA DE ORIFICIO

TIPOS DE LINEA

	LINEA PRINCIPAL DE PROCESO NUEVA
	LINEA PRINCIPAL DE PROCESO EXISTENTE
	LINEA SECUNDARIA DE PROCESO

SIMBOLOGIA DE INSTRUMENTOS

	INSTRUMENTO MONTADO LOCALMENTE
	ENCLAVAMIENTO
	FUNCIÓN EN EL PLC
	SEÑAL LUMINOSA LOCAL DE STATUS

IDENTIFICACION DE LINEA:



IDENTIFICACION DEL SERVICIO:

PW: AGUA PARA PROCESOS
 DW: AGUA POTABLE

FILOSOFIA DE OPERACION DE LAS BOMBAS:

SKID 1: UNA (1) BOMBA FUNCIONANDO Y OTRA EN STAND BY, FUNCIONANDO DE FORMA ALTERNADA

SKID 3: UNA (1) BOMBA FUNCIONANDO Y OTRA EN STAND BY, FUNCIONANDO DE FORMA ALTERNADA CON BANDAS DE NIVEL

Figura 28. Leyenda del PI&D completo.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

5.4.3. Plano eléctrico de alimentación trifásica de las bombas.

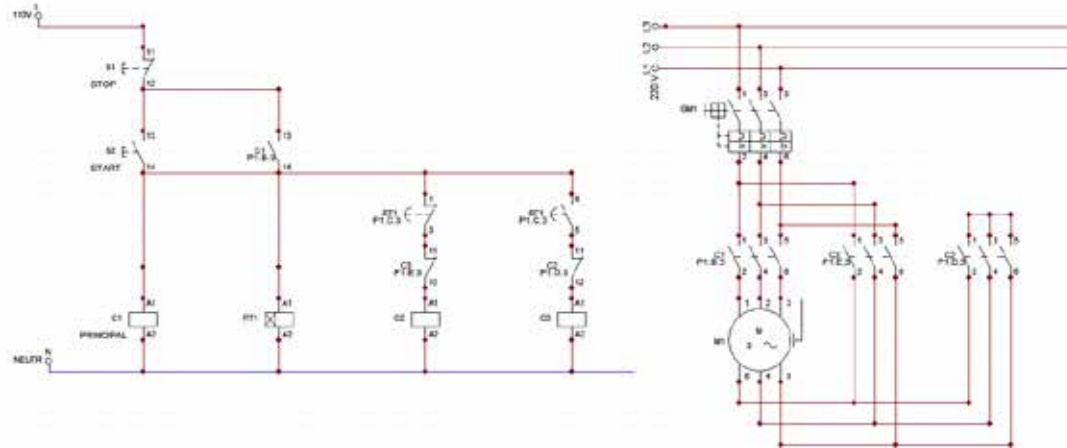


Figura 29. Arranque en estrella – triángulo.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

5.4.4. Planos eléctricos y conexiones de los instrumentos en el tablero de control.

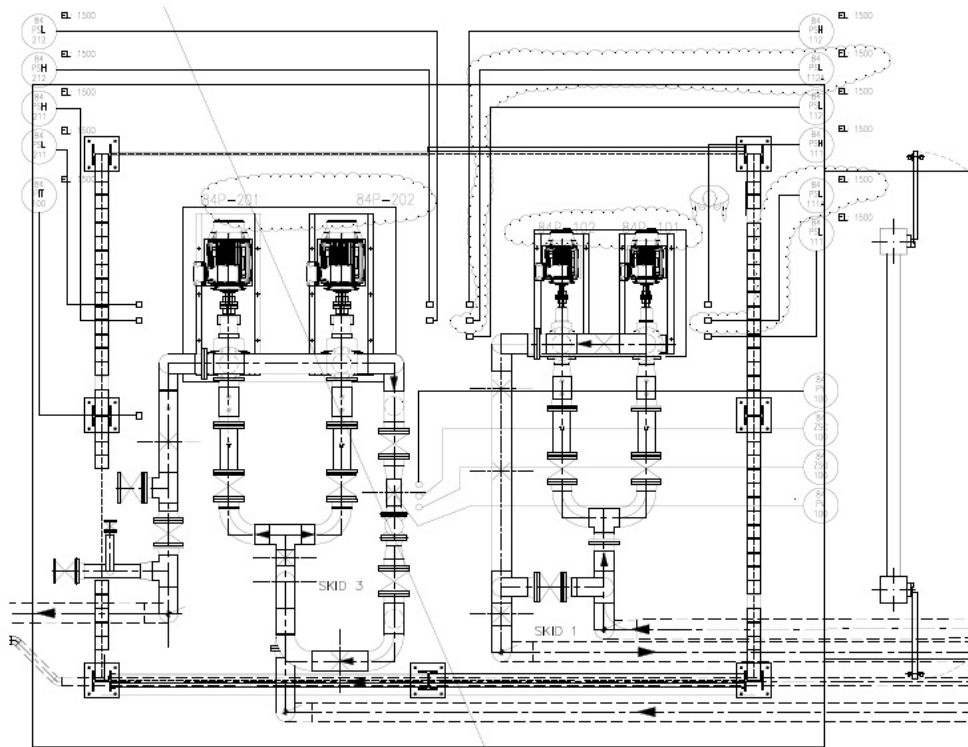


Figura 30. Sala de bombas.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

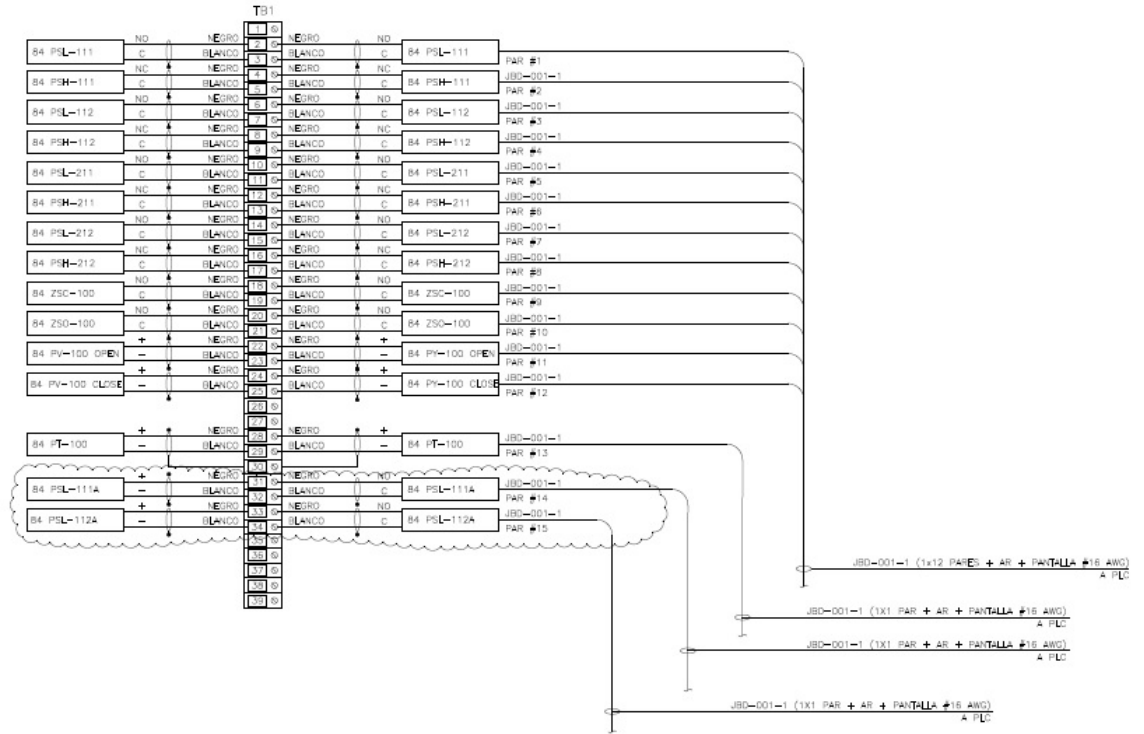


Figura 31. Conexión en el tablero de potencia.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

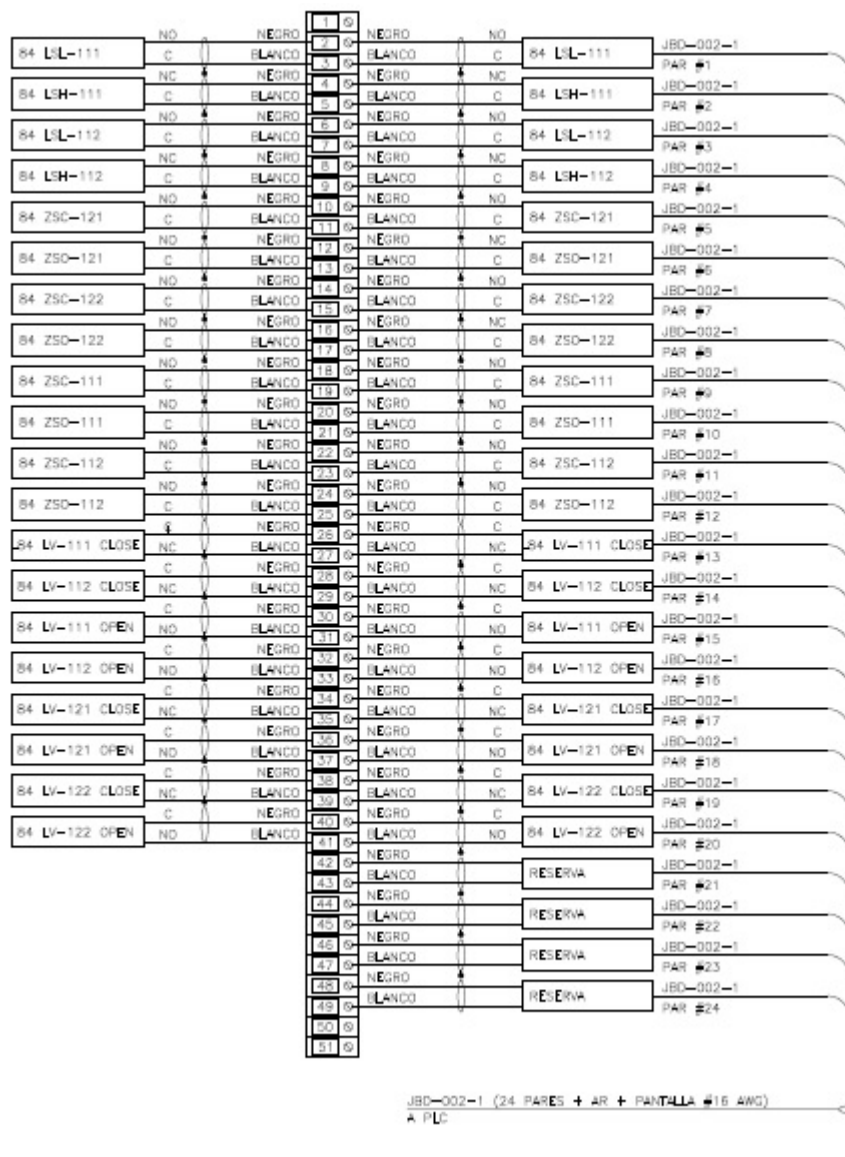


Figura 32. Conexión en el tablero de control.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

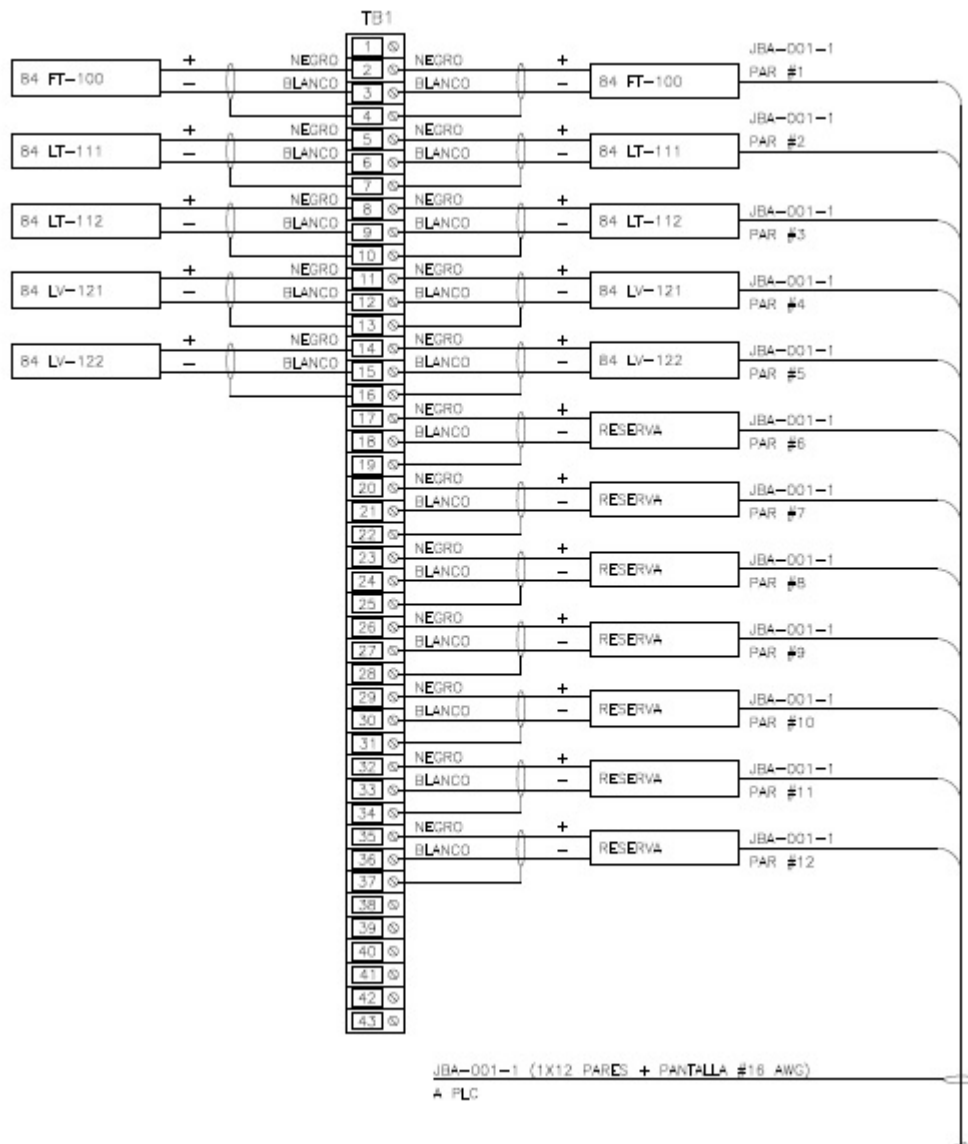


Figura 33. Conexión en el tablero de control.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

DETALLES DE TARJETAS
SLOT 0 = PROCESADOR 1756-L55
SLOT 1 = RED ETHERNET 1756-ENBT
SLOT 2= ENTRADA DIGITAL 1756-IB16
SLOT 3= ENTRADA DIGITAL 1756-IB16
SLOT 4= SALIDA DIGITAL 1756-OB16I
SLOT 5= ENTRADA ANALOG. 1756-IF8
SLOT 6= SALIDA ANALOG. 1756-OF4
SLOT 7= RESERVA
SLOT 8= RESERVA
SLOT 9= RESERVA

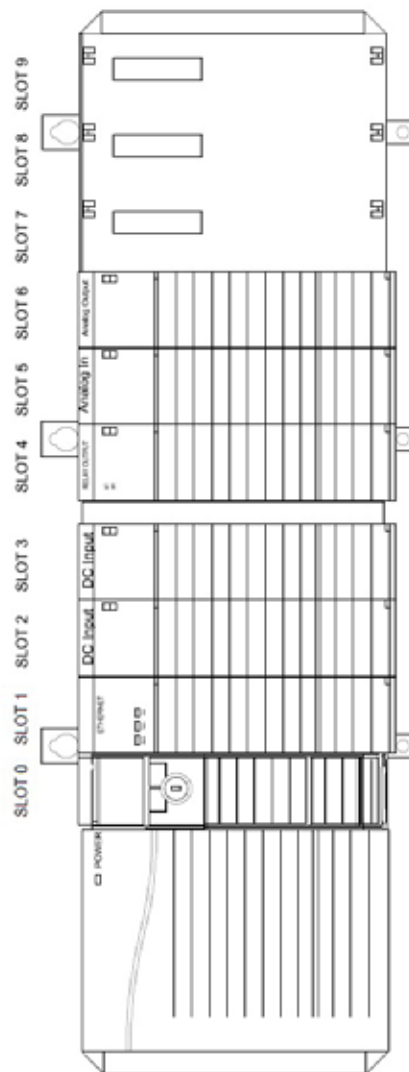


Figura 34. Distribución de los componentes en el PLC.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

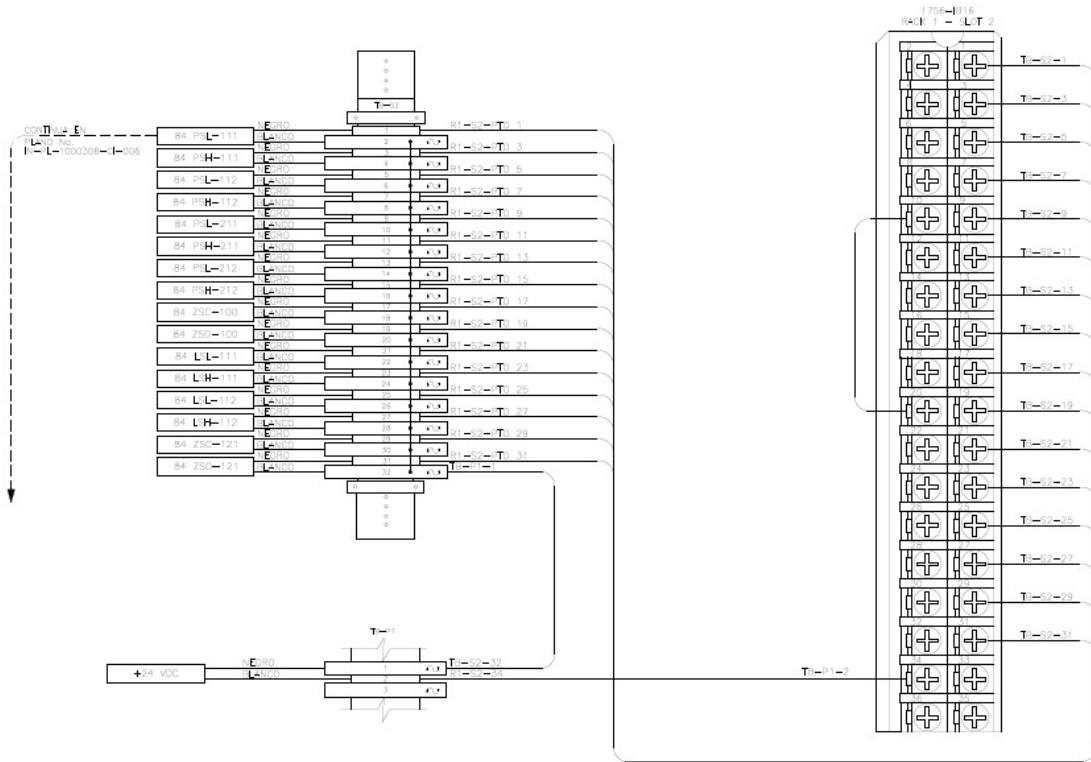


Figura 35. Distribución de las conexiones en las borneras del PLC.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

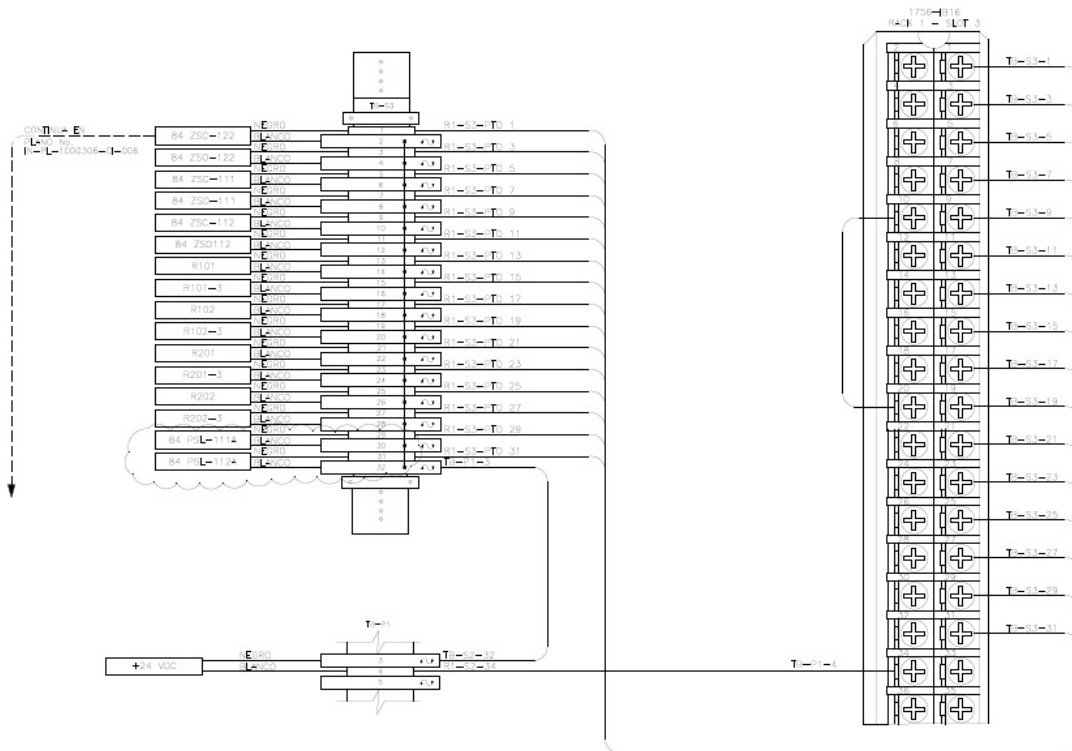


Figura 36. Distribución de las conexiones en las borneras del PLC.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

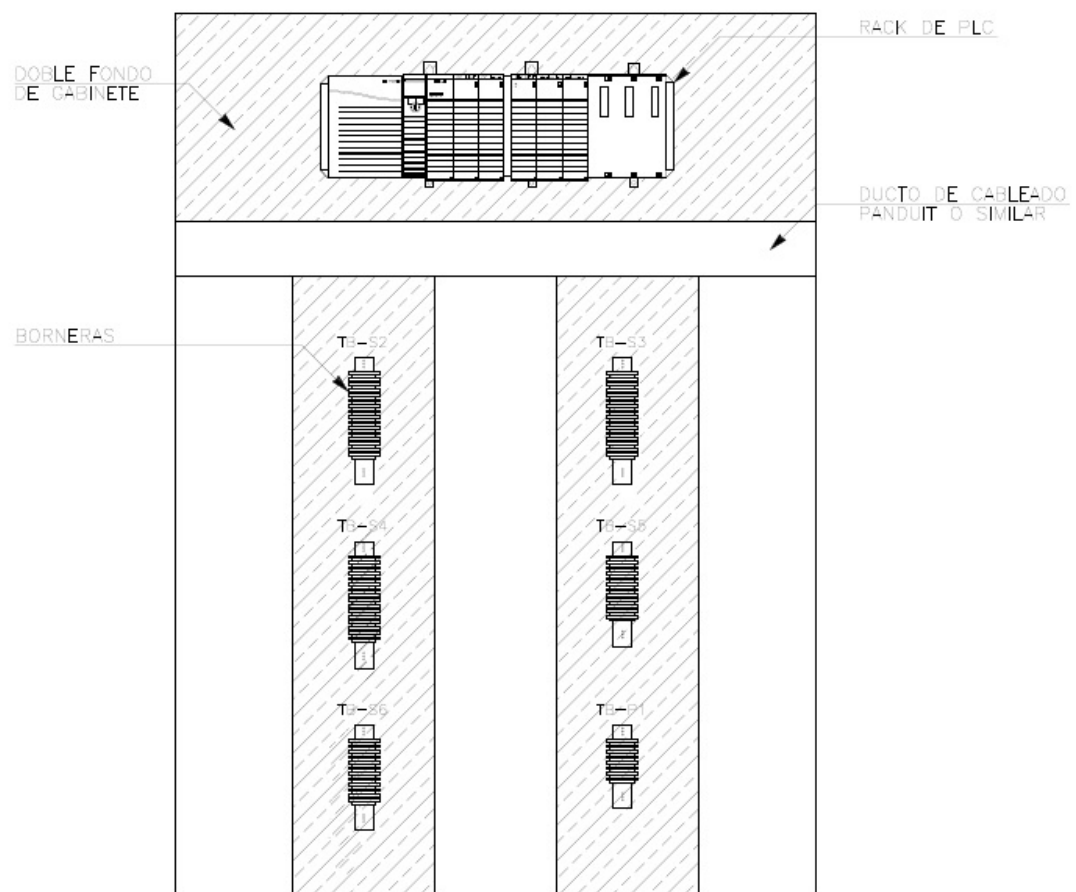


Figura 37. Conexión del PLC.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

5.4.5. Presupuesto de factibilidad económica.

Ítem	Descripción	Cant.	Precio Unitario Bs.	Precio Total en Bs.
1	Transmisor de presión diferencial marca ROSEMOUNT modelo 3051 cd2a22a1as5b4m5, rango -250 - 0 - 250 inh2o s.p. 0-250 in h2o, tag 84-ft-100, con placa de orificio INSTRUMATIK sf-021-1-c-08,00-3-06-c-1-0, bridas de orificio INSTRUMATIK sf-040-1-wn-rf-3-1-040-2-08,00	1	32.000.000	32.000.000
2	Interruptor de presión para los setpoints de 50 y 150 psig, SOR modelo 5ag-ef45-m2-c1a-rryy; rango 45-550psi. s.p. 48psi alimentación 24 VD explosión proof - clase I, div. 2, grupo c&d, montaje remoto	4	8.000.000	32.000.000
3	Interruptor de presión para el setpoint de 5 psig, UE modelo j120.152; rango 1-50psi, s.p. 5psi.	2	8.200.000	16.400.000
4	Actuador eléctrico tipo multivuelta, marca AUMA, modelo saexc10.1-f10 alimentado con 460 voltios trifásico, 60 HZ con una velocidad de salida de 54 RPM y un torque de salida actuador de120 NM, empuje de salida de 70 KN, Señal de posicionamiento de 4 – 20mA.	3	84.000.000	252.000.000
5	Transmisor de nivel marca ROSEMOUNT de modelo 305113aa0ad21aam5e5f1 con rango de presión de -1000 – 1000inh2o y salida del transmisor de 4-20 mA, el tamaño de la brida de montaje: nps-3, ANSI b16.5 clase 300, posee carcasa de aluminio, explosión proof, s.p. 0-13,550 mmh2o	2	4.000.000	8.000.000
6	Transmisor de presión marca SMAR, modelo ld301 con sensor modelo m5 de rango 0-3600 psig de material 360lssl explosión proof, s.p. 0-200psig	1	3.200.000	3.200.000
7	Interruptores de nivel marca FINETEK modelo fd7 d eo 1 s1 1 0200 cl. conexión bridada nps 1 1/2" 150#. Fuente de alimentación universal de 20-250 VCA / VDC, Salida de estado sólido o de relé, Unidades compactas o estándar, No requiere calibración, explosión proof.	4	2.000.000	8.000.000
8	Indicadores de presión de proceso Ashcroft 45-1082 de dial analógico, precisión con dial analógico-ASME B40.100 / B40.1 Grados 0.25% F.S. (Grado 3A), su unidad de medida en Hg, kg / cm2, kPa, psi, su elemento de detección es el tubo de Bourdon, el tamaño de la caja del medidor es de 4.5 "(114 mm), posee un gauge Case Material 316ss de material de la pieza en húmedo Latón, Bronce, Monel, permite un rango máximo de medición 10000 psi y un rango mínimo 30 psi, conexión al proceso es NPT.	8	5.000.000	40.000.000
9	Controlador programable (PLC), marca ALLEN - BRADLEY, modelo ControlLogix, 1 CPU ControlLogix 5555, 2 módulos de entrada digital (16pts), 1 módulo de	1	204.000.000	204.000.000

	entrada analógica, 1 módulo de salida digital (16ptos), 1 módulo de salida analógica (4ptos) módulo de comunicaciones ethernet, 1 HMI. fuente de poder 24VDC y un rack de 7 slots.			
10	Fuente de alimentación ALLEN BRADLEY de 120VAC a 24 VDC para montaje en gabinete, capacidad 40ª	1	24.000.000	24.000.000
11	Mano de obra especializada y materiales necesarios para la instalación y conexión de los instrumentos	1	300.000.000	300.000.000
Total, presupuesto inicial en Bs. para la puesta en marcha:				919.600.000

Cuadro 4. Cuadro de presupuesto para la mejora del control del suministro de agua cruda en la planta termoeléctrica El Palito.

Fuente. Eduardo Rodriguez (2018).

Para el mes de febrero del 2.018, se realizó el presupuesto con los instrumentos y mano de obra calificada necesaria para la realización de la mejora del sistema de suministro de agua cruda en la termoeléctrica El Palito y arrojó un monto aproximado de 919.6000.000 Bs, por lo crítico del proceso, siempre tiene que existir disposición en el sistema, debido a esto y a su ubicación es que se tomaron en cuenta las características principales para elegir los instrumentos de medición y transmisión de datos ambos con cualidades especiales anti explosiones y de material resistente para soportar el tipo de clima al que se expone el proceso, el PLC es elegido bajo la normativa de la empresa y su estandarización con la marca ALLEN BRADLY por su confiabilidad y robustez en el funcionamiento de la empresa.

CONCLUSION

Con el desarrollo del presente trabajo se realiza la propuesta de implementación de las mejoras del control del sistema de agua cruda en la termoeléctrica El Palito, que es el encargado de mantener en constante refrigeración las turbinas de la termoeléctrica y mantener la planta principal con un constante suministro de agua.

La automatización del sistema se realizó mediante la implementación de un controlador lógico programable (PLC), ubicado en un nuevo tablero de control y además un sistema de control.

A lo largo del desarrollo del trabajo se da información sobre el antiguo y las mejoras a realizar en el sistema de control, es notorio que el sistema que se propone para la implementación es más robusto y presenta una ventaja para el suministro del sistema que es controlado y gobernado el controlador lógico programable (PLC), el cual ha venido siendo a lo largo de los años el equipo de preferencia en la automatización industrial, gracias a su estabilidad de operación y a su adaptabilidad ante los cambios.

Se busca en esta propuesta de automatización incrementar la seguridad tanto para los operadores y personal técnico, así como para la operación, calidad y rendimiento del proceso, garantizando la operatividad del equipo y por ende un incremento en la producción.

RECOMENDACIONES

- Todos los instrumentos implementados tienen que ser explosion proof y material resistente anticorrosivo por eso se recomienda sean mayor a la certificación NEMA 4X, IP 66 o superior que cumplen con estas características.
- Dictaminar un adiestramiento a los operadores dándoles a conocer el nuevo sistema implantado y la determinación de las alarmas en el momento de una falla.
- Implementar un sistema SIL nivel 3 o superior de protección para el sistema de nivel de los tanques.
- Crear y activar planes de mantenimiento preventivo y correctivo a cada uno de los equipos involucrados en el suministro de agua cruda en la termoeléctrica El Palito, con la finalidad de alargar su vida útil y garantizar así un mejor y continuo funcionamiento de los mismos.
- Realizar el estudio e implementación necesaria para realizar la implementación del sistema de control automatizado para el suministro de presión constante en la planta.

REFERENCIAS

Impresas

Arias, F. (2012). **Automatización y control de la planta de tratamiento de agua Rio Cauca** Trabajo de grado de la Universidad Simón Bolívar, Caracas, Venezuela.

Arias, F. (2006). **El Proyecto de Investigación, introducción a la metodología científica (6ta edición)**. Caracas, Venezuela. Editorial Episteme.

Caro, M. (2011). **El Proyecto de Investigación, guía para su elaboración (3ª. Ed.)**. Caracas: Editorial Episteme.

Creus, Antonio. (2005). **Instrumentación industrial (8va edición)**. México DF, México. Editorial MARCOMBO

Hernández, María T. (2003). **Manual de trabajos de grado de especialización y maestrías de tesis doctorales (3ra edición)**. Caracas, Venezuela. Editorial FEDUPEL.

Palella, Santa y Martins, Feliberto (2010). **Metodología de la investigación cuantitativa (3ra edición)**. Caracas, Venezuela. Editorial FEDUPEL.

Electrónicas

Allen Bradley. (2017). **Sistemas de control ControlLogix**. Extraído el 12 de octubre de 2017 desde <http://ab.rockwellautomation.com/es/programmable-controllers/controllogix>

Arc Advisory Group. (2015). **Control avanzado de procesos y optimización on-line**. Extraído el 25 de septiembre de 2017 desde <http://www.arcweb.com/market-studies/pages/advanced-process-control-online-optimization.aspx>

Avn. (2012). **En septiembre entrara en funcionamiento la planta termoeléctrica El Palito**. Extraído el 02 de septiembre de 2017 desde <http://www.avn.info.ve/contenido/septiembre-entrar%C3%A1-funcionamiento-termoel%C3%A9ctrica-palito>

- Ballestero, M. (2014). **Sistema de monitoreo de variables en un biorreactor para la producción de enzimas humanas** Extraído el 03 de octubre de 2017 desde <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/12698/BallesterosBarraganMayraAlejandra2014.pdf?sequence=1>
- Hernández, S. (2010). **Estudio e implementación de sistema de control de una planta de tratamiento de agua, para uso en calderas de alta presión, en generación de energía eléctrica.** Trabajo de grado de la Universidad de San Carlos de Guatemala. Extraído el 12 de septiembre de 2017 desde http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0752_EA.pdf
- Wekker, J. (2015). **Sistema de bombeo característica y dimensionamiento.** Charla dictada en la UCAB. Extraído el 15 de septiembre de 2017 desde http://aducarte.weebly.com/uploads/5/1/2/7/5127290/sistema_hidroneumatico.pdf

