



UNIVERSIDAD
PRIVADA
DEL NORTE

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL: INGENIERÍA INDUSTRIAL

“DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ELECTRONEUMÁTICO
PARA TRASIEGO DE HIDROCARBURO LIQUIDO PI-6 PARA
CALDERA, EN LA PLANTA TERMINAL DE LA REGIÓN LA
LIBERTAD”

Tesis para optar el título profesional de:

Ingeniero Industrial

Autor:

Alvarado Paredes, Huberth

Asesor:

Mg. Ing. Manuel Vaca Oliver

Trujillo – Perú

2018

APROBACIÓN DE LA TESIS

El asesor y los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller Huberth Alvarado Paredes, denominada:

**"DISEÑO DE UN SISTEMA DE CONTROL ELECTRONEUMÁTICO PARA
TRASIEGO DE HIDROCARBURO LIQUIDO PI-6 PARA CALDERA, EN LA
PLANTA TERMINAL DE LA REGIÓN LA LIBERTAD"**

Mg. Ing. Manuel Vaca Oliver
ASESOR

Ing. Ryan León León
JURADO
PRESIDENTE

Ing. Walter Estela Tamay
JURADO

Ing. Luis Gutiérrez Magán
JURADO

DEDICATORIA

A Dios.
A mis padres y hermanos.
A mi esposa e hijos.

AGRADECIMIENTO

Quiero agradecer a todas las personas que de una u otra forma, me impulsaron a cumplir con este reto de mi formación ingeniería.

A mi alma mater, a los catedráticos que me sirvieron de guía e inspiración.

A quienes me acompañaron por esta ruta de estudios, que ahora logra una meta.

En especial al Sr. *Elmer Mori Domínguez*, quien me impulsó a lograr con lo que me propuse.

A mi hermano *Nicolás* que desde el cielo que eres y serás mi Inspiración. Muchas gracias a todos.

ÍNDICE DE CONTENIDOS

APROBACIÓN DE LA TESIS	i
DEDICATORIA	ii
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE DE TABLAS	vi
ÍNDICE DE FIGURAS.....	vii
ÍNDICE DE ECUACIONES	ix
RESUMEN.....	x
ABSTRACT.....	xi
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN	12
1.1. Realidad problemática	12
1.2. Formulación del problema	15
1.3. Justificación	15
1.3.1. Práctica	15
1.3.2. Científica	15
1.3.3. Social	15
1.3.4. Económica	15
1.3.5. Metodológica.....	15
1.4. Limitaciones.....	16
1.5. Objetivos.....	16
1.5.1. Objetivo General	16
1.5.2. Objetivos específicos.....	16
CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1. Antecedentes.....	17
2.2. Bases teóricas	19
CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA.....	46
3.1. Formulación de Hipótesis	46
3.2. Operacionalización de variables	46
3.3. Diseño de investigación	47
3.4. Unidad de estudio.....	47
3.5. Población.....	47
3.6. Muestra (muestreo o selección).....	47
3.7. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos	48

3.8. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos.....	48
CAPÍTULO 4. PRODUCTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL	50
4.1. Cálculos para la instalación de aire comprimido.	51
4.2. Consideraciones para la elección de un compresor	51
4.3. Diseño y dimensión	52
4.4. Calculo de dimensiones de tuberías	53
4.4.1. Calculo de pérdidas en tuberías secundarias	54
4.4.2. Cálculo de pérdidas en tuberías de servicio.	55
4.4.3. Caída de presión	55
4.5. Cálculo velocidad.....	57
4.5.1. Velocidad en tubería principal y secundaria.	57
4.5.2. Velocidad en tubería de servicio.....	57
4.6. Instalaciones neumáticas.....	58
4.6.1. Topología del control electroneumático en el tanque de almacenamiento	60
4.6.2. Normalización para accesorios neumáticos antideflagrantes para el control del hidrocarburo líquido PI-6.....	61
4.7. Identificación y selección de bridas.....	62
4.7.1. Selección de una Brida.....	63
CAPÍTULO 5. RESULTADOS.....	64
5.1. Sistema de control de trasiego.....	64
5.2. Diagrama de flujo del sistema de control de trasiego y topología.....	64
5.3. Diseño de componentes mecánicos.	67
5.4. Diseño de componentes eléctricos y electroneumáticos.	68
5.5. Dimensiones requeridas por los componentes de la instalación.	69
5.6. Análisis VAN y TIR.	71
CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN	72
CONCLUSIONES	73
RECOMENDACIONES	74
REFERENCIAS	75
ANEXOS.....	77
GLOSARIO:.....	80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N° 1.	Resumen de principales productos recepcionados en terminal de la Región La Libertad.....	23
Tabla N° 2.	Clasificación de los petróleos según su gravedad API	27
Tabla N° 3.	Principales características físico-químicas del petróleo residual PI-6 .	28
Tabla N° 4.	Aplicaciones de sistemas neumáticos en industrias	33
Tabla N° 5.	Guía de selección de un sistema de control	43
Tabla N° 6.	Datos de fichas técnicas de accesorios para control de automatización	52
Tabla N° 7.	Longitud equivalente de elementos de conexión y accesorios	54
Tabla N° 8.	Accesorios empleados en tuberías secundarias.....	55
Tabla N° 9.	Accesorios empleados en tuberías de servicio.....	55
Tabla N° 10.	Tamaños de tubos recomendados para la transmisión de aire comprimido a una presión de 80 a 125 psi manométrica	58
Tabla N° 11.	Especificaciones y selección del compresor adecuado	58
Tabla N° 12.	Selección de bridas según su presión nominal.....	63
Tabla N° 13.	Presupuesto general de la propuesta.....	69
Tabla N° 14.	Análisis financiero de la propuesta.....	71

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura N° 1.	Multas firmes impuestas por OEFA 2011 – junio 2015, según sector.....	12
Figura N° 2.	Diagrama Ishikawa de la realidad problemática en la empresa consorciada de la Región La Libertad - Terminal.....	14
Figura N° 3.	Esquema general del terminal de almacenamiento de hidrocarburos.....	20
Figura N° 4.	Manifold de descarga en un terminal de almacenamiento de hidrocarburos.....	22
Figura N° 5.	Diagrama de flujo recepción buque tanque.....	22
Figura N° 6.	Trasiego por gravedad.....	25
Figura N° 7.	Trasiego por bomba.....	25
Figura N° 8.	Diagrama de flujo de despacho de camiones cisterna PI-6 de plantas de almacenamiento de hidrocarburos.	25
Figura N° 9.	Normas, colores, simbolos y logotipos para tanques de hidrocarburos liquido PI-6.....	29
Figura N°	10. Principales elementos de una instalacion neumatica y sus componentes	32
Figura N° 11.	Elementos para introducir señales.....	35
Figura N° 12.	Estructura de los pulsadores.....	36
Figura N° 13.	Estructura del conmutador.....	36
Figura N° 14.	Tipos de pulsadores.....	37
Figura N° 15.	Contactos NA y NC.....	38
Figura N° 16.	Detectores de límite mecánico (finales de carrera)	38
Figura N° 17.	Mando de un cilindro de doble efecto	39
Figura N° 18.	Ley de Boyle-Mariotte	40
Figura N° 19.	Ley de Charles – Gay Lussac.....	40
Figura N° 20.	Diagrama de bloque de un sistema de control de automatico	41
Figura N° 21.	Control lazo abierto.....	42
Figura N° 22.	Control lazo abierto.....	42
Figura N° 23.	Modelo de esquema de trabajo para control de temperatura (PT-100, controlador digital, válvula de control).....	44

Figura N° 24.	Topología actual de tanque de almacenamiento de hidrocarburo líquido PI-6	50
Figura N° 25.	Esquema representativo del proceso a diseñar para el trasiego	51
Figura N° 26.	Red de tendido de tuberías abierta	59
Figura N° 27.	Red de tendido de tuberías cerrada	60
Figura N° 28.	Diagrama espacio-fase para el control electroneumático diseñado ..	60
Figura N° 29.	Diseño de accesorio para control de automatización de tanque de abastecimiento de hidrocarburo líquido PI-6 a caldera.....	60
Figura N° 30.	Patentes de certificación para productos antideflagrantes	61
Figura N° 31.	Diagrama de flujo sistema de trasiego automático de hidrocarburo líquido PI-6 para caldera	65
Figura N° 32.	Diagrama de bloques del lazo de control automático de precalentado de búnker	66
Figura N° 33.	Diagrama de bloques del lazo cerrado de control automático de llenado de tanque precalentador.....	66
Figura N° 34.	Diagrama de bloques del lazo abierto de control automático de arranque estrella-triángulo bomba impulsión búnker 35HP	66
Figura N° 35.	Dimensiones de tanque de almacenamiento de hidrocarburo líquido PI-6.....	67
Figura N° 36.	Esquema de montaje de instalación electroneumática.....	67
Figura N° 37.	Esquema electroneumático propuesto	68
Figura N° 38.	Programación Logo!.....	68
Figura N° 39.	Esquemas de arranque λ - Δ para bomba de PI-6 35 HP con Logo! ..	68

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación N° 1	39
Ecuación N° 2	40
Ecuación N° 3	41
Ecuación N° 4	53
Ecuación N° 5	56
Ecuación N° 6	56
Ecuación N° 7	56
Ecuación N° 8	57

RESUMEN

El presente estudio, denominado "Diseño de un sistema de control electroneumático para trasiego de hidrocarburo líquido PI-6 para caldera, en la planta terminal de la Región La Libertad", plantea una mejora sustancial en lo correspondiente al proceso operativo del trasiego de combustible para alimentar la caldera de la planta del terminal de la Región La Libertad. Dicho proceso se realiza de forma totalmente manual, no existiendo ningún tipo de control en cada una de sus fases ni para cada uno de los parámetros involucrados, a saber: caudales, nivel de líquido, temperatura, entre otros.

La propuesta incluye la determinación en campo de los requerimientos de control para cada variable, así como los esfuerzos mecánicos asociados a las señales de control que permitirán realizar de manera automática las actividades que, hasta la fecha, se realizan de manera manual.

Un factor primordial para la propuesta, es que todos los componentes que fungirán como actuadores, deberán tener grado y clasificación de ignífugos, ello debido a las características inflamables del fluido a controlar. Por ello, es que se ha diseñado toda la propuesta partiendo de la premisa que dichos actuadores deberán ser neumáticos, que aunque son sistemas ruidosos, para desarrollar los esfuerzos no necesitan mayor energía que la que transmite el aire comprimido.

Los indicadores financieros VAN y TIR calculados, permiten afirmar que la propuesta es totalmente factible y necesaria, dadas las precarias condiciones en las cuales se vienen realizando estas actividades.

Palabras clave: control, electroneumático, hidrocarburo, actuadores, automatización.

ABSTRACT

This study, called "Design of an electropneumatic control system for transfer of liquid hydrocarbon PI-6 for boiler, in La Libertad region terminal plant", proposes a substantial improvement in the operational process of the fuel transfer to feed the boiler of the plant in the La Libertad region terminal. This process is carried out in a completely manual way, there being no control in each of its phases or for each of the parameters involved, namely: flow, liquid level, temperature, among others.

The proposal includes the field control requirements determination for each variable, as well as the mechanical efforts associated with the control signals that will allow performing automatically the activities that up to now, are performed manually.

A prime factor for the proposal, is that all the components that will act as actuators, must have grade and classification of fireproof, due to the flammable characteristics of the fluid to be controlled. Therefore, it is that the entire proposal has been designed based on the premise that these actuators should be pneumatic, that although they are noisy systems, to develop the efforts do not need more energy than that transmitted by the compressed air.

The calculated financial indicators VAN and TIR, allow to affirm that the proposal is totally feasible and necessary, given the precarious conditions in which these activities are being carried out.

Keywords: control, electropneumatic, hydrocarbon, actuators, automation.

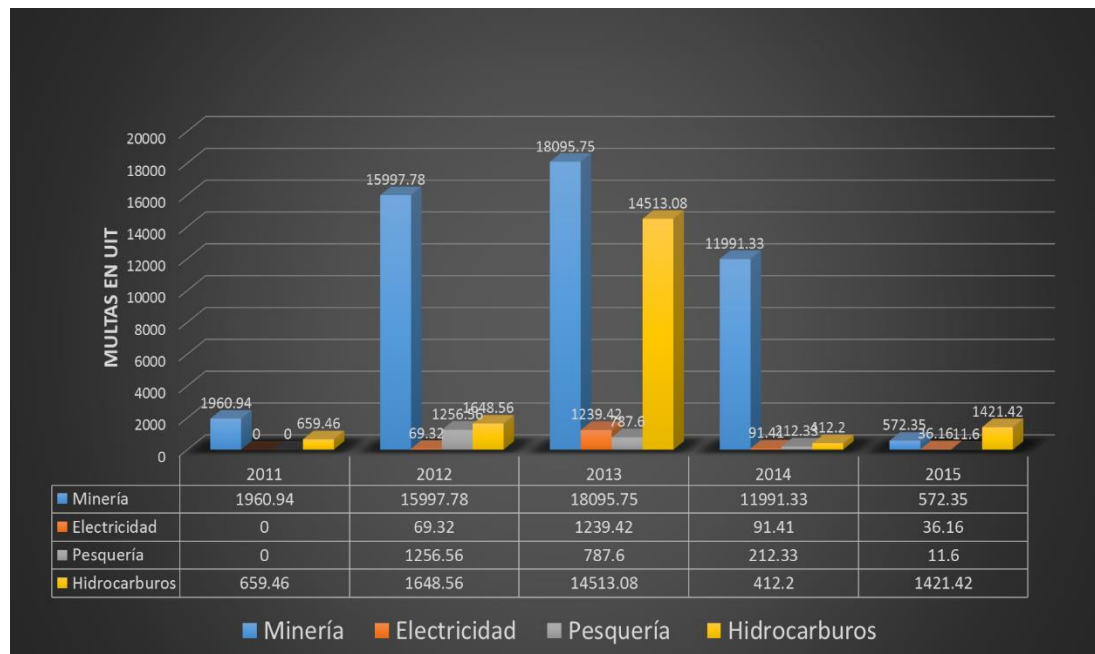
CAPÍTULO 1. INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

Las empresas dedicadas a la comercialización de mercancías peligrosas como hidrocarburos líquidos en nuestro litoral peruano, tienen una enorme responsabilidad en sus instalaciones. Ya que debido a su potencial de riesgo como el petróleo y sus derivados contaminan muy fácilmente nuestro entorno donde nos desarrollamos.

Uno de los problemas actuales que se percibe en nuestro país, es el alto grado de contaminación al medio ambiente y entorno que se genera en diversos sectores como minería, electricidad, pesquería e hidrocarburos; esto conlleva a multas impuestas por organismos fiscalizadores como OEFA, OSINERGMIN y otros. Según indicadores de OEFA se muestra las multas firmes impuesta en el periodo 2011- junio 2015 según sectores:

Figura N° 1. Multas firmes impuestas por OEFA 2011 – junio 2015, según sector



Fuente: Datos OEFA 2011- junio 2015

La planta terminal de la Región La Libertad es operada por Consorcio Terminal del Perú organización dedicada al servicio de recepción, almacenaje, despacho y embarque de hidrocarburos líquidos, avalado por sus casas matrices; está comprometida con un funcionamiento seguro y eficaz de sus instalaciones. Con el

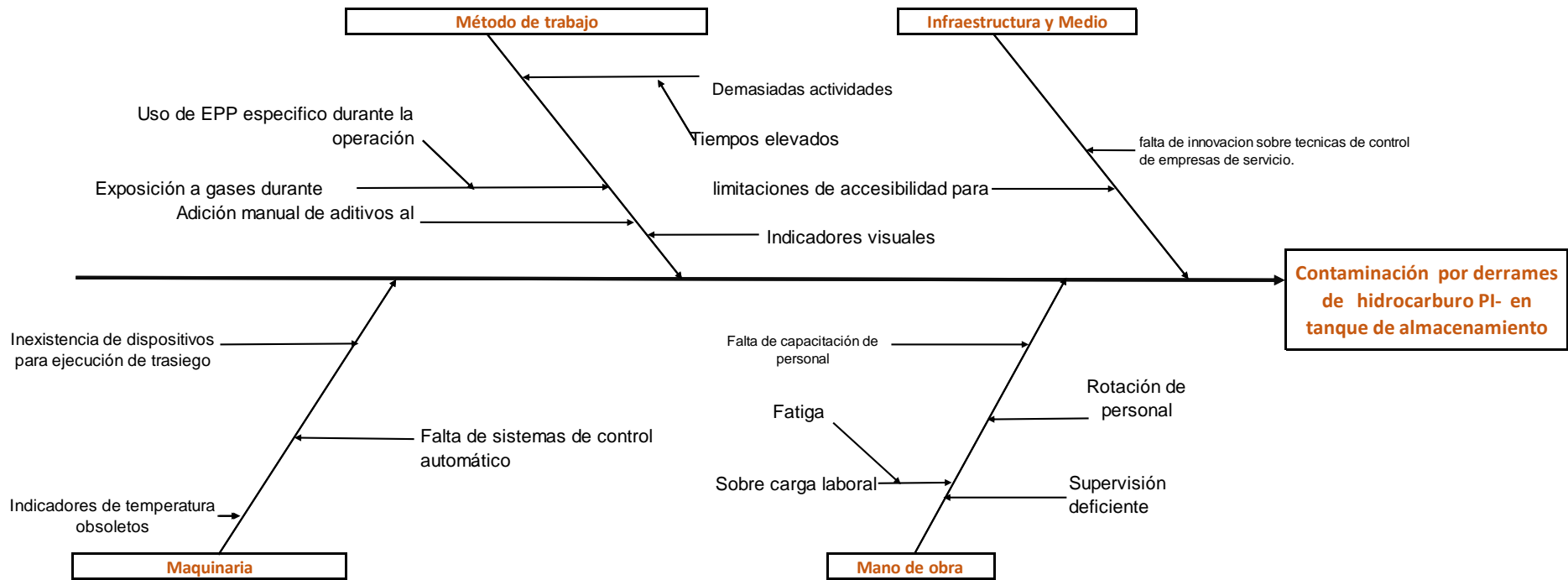
objetivo de operar con eficiencia todas las operaciones, asegurando la calidad en el servicio al cliente, prevenir los accidentes, lesiones, enfermedades laborales y la contaminación del medio ambiente.

Uno de los componentes de los hidrocarburos como PI-6 tienen en su composición como el benceno, tolueno, etilbenceno y xileno tienen la característica química de la aromaticidad y peculiaridad de ser cancerígenos tanto como para humanos y animales. Debido a que el organismo no puede degradar y tampoco desechar, de modo que son absorbidas por algún tejido provocando la mutación de sus células, dando como resultado varios tipos de cáncer. (Bustamante,2007)

Los procesos de trasiego de hidrocarburo líquido PI-6 del tanque principal de almacenamiento ubicado a 120 metros de distancia, del tanque diario de abastecimiento a la caldera no cuentan con ningún sistema de control automatizado, para realizar actividades diarias de trasiego de hidrocarburo líquido PI-6. Siendo esta actividad con un potencial de riesgo tanto para el operario como para el ambiente.

Con este estudio queremos reemplazar las actividades cotidianas repetitivas de los procesos de trasiego de hidrocarburos PI-6 por un sistema de control automático, lectura digital de temperatura y regleta indicadora de volumen en el tanque diario de caldera, adjuntando un sistema de control de fallas complementarios a este estudio los, cuales deben diseñarse bajo los requisitos de seguridad exigidos para este tipo de instalaciones, las cuales aremos mención en los siguientes capítulos de este estudio.

Figura N° 2. Diagrama Ishikawa de la realidad problemática en la empresa consorciada de la Región La Libertad - Terminal



Fuente: Elaboración propia

1.2. Formulación del problema

¿De qué manera se puede evitar imprecisiones, olvidos u omisiones del personal encargado del proceso de alimentación con hidrocarburo líquido PI-6 a la caldera de la planta en el terminal de la Región La Libertad, a fin de evitar pérdidas económicas por multas impuestas por la autoridad competente y afectación al medio ambiente?

1.3. Justificación

1.3.1. Práctica

La investigación está justificada debido a la problemática existente en los terminales de realizan operaciones Recepción Almacenamiento, y Despacho (RAD) de hidrocarburos, lo cual es de vital importancia desarrollar de manera específica con fundamentos tecnológicos, implementando adecuadamente un sistema de automatización y control en estos procesos de manipulación de mercancías peligrosas. Con el objetivo de mantener el control en todas las etapas del proceso.

1.3.2. Científica

Aunque esta investigación no aportara conocimientos nuevos se espera, sirva como fuente de información para mejorar las aplicaciones de estos sistemas de automatización y control para implementar en otras áreas relacionadas.

1.3.3. Social

Las mejoras que logren obtener con este sistema de automatización y control tendrán un impacto directo libre de contaminación en el personal, entorno de trabajo y medio ambiente.

1.3.4. Económica

La automatización y control digital en este terminal portuario ahorrará costos por multas de organismos fiscalizadores.

1.3.5. Metodológica

Este sistema de automatización y control de temperatura digital aportaría al estudio y mejora para las operaciones RAD de los productos como son: gasolinas y petróleos, así mismo implantar este sistema en los demás terminales portuarios.

1.4. Limitaciones

Este estudio nos permite encontrar una respuesta a problemas actuales, una solución a problemática existente y así evitar efectos negativos al ambiente, así como el personal involucrado en estos procesos repetitivos, sin embargo, tenemos las siguientes limitaciones:

- ❖ Los sistemas de control de fallas complementarios a este estudio, deben diseñarse bajo los requisitos de seguridad exigidos para este tipo de instalaciones.
- ❖ Costo relativamente alto del proyecto.
- ❖ Personal especializado para el mantenimiento, instalación y operación.

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

Proponer el sistema de automatización basado en señales neumáticas para el llenado, y lectura de temperatura digital de hidrocarburo líquido PI-6 en tanque de alimentación a caldera en planta terminal De la Región La Libertad.

1.5.2. Objetivos específicos

- ❖ Determinar los requerimientos del proceso de mando y fuerza
- ❖ Diseñar los sistemas de mando y fuerza.
- ❖ Dimensionar los componentes de la instalación.
- ❖ Determinar la factibilidad económica de la propuesta.

CAPÍTULO 2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

A pesar de los continuos avances tecnológicos en las áreas automatización y control, se viene permitiendo a los profesionales involucrados, diseñar alternativas técnicas de mejora con soluciones factibles y económicamente viables en los diferentes procesos industriales donde se requiera de automatización y control. En la actualidad la automatización desempeña un papel cada vez más importante con lo que respecta a la seguridad, el rendimiento y la productividad de casi todos los procesos industriales.

Cabe resaltar la importancia de la automatización en las operaciones con hidrocarburos, ya que estos representan un alto potencial de riesgo por su composición química.

Estas mercancías peligrosas son especialmente trasvasadas de buque a tanques prediseñados para hidrocarburos líquidos, para luego realizar su respectivo control de inventario y finalmente despacho. El motivo por la cual me lleva a realizar este estudio es mi deseo de contribuir con mi experiencia en campo adquirida como profesional técnico en anteriores plantas agroindustriales, CAMPOSOL S.A. Sociedad Agrícola Virú S.A. (líneas de proceso de espárrago verde GENERAL MILLS) donde he sido participe de diferentes sistemas automáticos, ya que los procesos son netamente automatizados y continuos, pretendiendo así poder contribuir con esta tesis en el sector petroquímico, con mi estudio automatización de llenado y control de temperatura digital de hidrocarburos líquidos PI-6 en una empresa consorciada, terminal De la Región La Libertad. A continuación, voy hacer referencia de algunos trabajos de investigación realizados en otras plantas petroquímicas y plantas de automatización que guardan relación con este estudio a realizar.

En Tarragona, Tocado (2007) propuso la "Automatización de un proceso industrial de una empresa del sector químico", con el objetivo de automatizar una unidad productiva desde la definición de procesos, cálculo de instalaciones y valoración de los mismos, para sus instalaciones, trabajo en el cual se concluyó con el

establecimiento de un procedimiento integral y detallado para la consecución del objetivo.

Cepeda y Venegas (2005), en su proyecto de grado “Automatización y control de un sistema de calibración y medición de flujo de petróleo en la estación central del campo Shushufindi” en Ecuador, propusieron automatizar el proceso de medir el flujo de petróleo en dicha estación, llegando a concluir que es de primera importancia automatizar la estación, pues realizar mediciones manuales conducían a errores que reportaban ingentes pérdidas de carácter económico a la empresa. Concluyeron que el sistema automático propuesto representaría una reducción de veinte veces dichas pérdidas.

Acuña, Bolívar y Ramírez (2014), en su proyecto “Diseño mecánico del sistema de trasiego y selección de la tecnología de almacenamiento para una terminal de importación costera de gas natural licuado en Costa Rica”, plantearon como propósito diseñar mecánicamente y seleccionar la tecnología necesaria almacenar y trasegar GNL, estudiando las diversas tecnologías para dichos propósitos, llegando a presentar los requerimientos básicos del diseño mecánico, a saber: posicionamiento geográfico, piping, sistema de bombeo, instrumentación y válvulas, así como la selección tecnológica necesaria.

Díaz Gratelly (2009), en su estudio “Proyecto de instalación de una planta de gas licuado de petróleo en la ciudad de Tingo María”, cuyo objetivo principal fue la proposición de medidas para mitigar, controlar y realizar seguimiento de las etapas de proyecto, construcción, operación y abandono, así como de las afectaciones al medio ambiente, concluyó que con su propuesta la planta estará preparada ante posibles emergencias y no genera impactos negativos al medio ambiente.

Olazábal y Tejada (2014), en su tesis “Diseño de un sistema automático e instrumentación para la planta de almacenamiento y despacho de petróleo de la empresa Olympic Perú – Piura”, propusieron mejorar la eficiencia de los procesos indicados a través de la reducción de riesgos, tiempos y costos. En este estudio, concluyeron que la propuesta era económicamente rentable; que la aplicación del método ON/OFF eliminaba demoras y retrasos debido a falta de logística gracias a la automatización del proceso.

2.2. Bases teóricas

Hidrocarburos

Los hidrocarburos son sustancias químicas que se encuentran en la naturaleza que están formados por carbono e hidrogeno, estos átomos se disponen en una gran variedad de formas dando así origen a varios tipos de hidrocarburos siendo los principales el petróleo y el gas natural. Estas sustancias se producen en capas profundas de la tierra a lo largo de millones de años, proviene de la descomposición de plantas y animales de eras muy remotas que no se tiene una época exacta. Estos a su vez salen al exterior de forma espontánea o por perforación y explotación de sus yacimientos. Una vez procesados pueden dar origen a una gama de productos de uso cotidiano, especialmente para los procesos de generación de energía en los motores de combustión ya sea de gasolina o petróleo, calderas, aviones, maquinaria, asfalto, plásticos, cosméticos, etc.

Existen tres grupos mayoristas en los hidrocarburos del petróleo: alcanos (parafinas), alquenos (olefinas) por último los hidrocarburos aromáticos. Las parafinas son uno de los principales constituyentes del crudo y se encuentran en la mayoría de los productos refinados del petróleo tales como gasolina, querosene, diésel, aceites, combustibles hasta incluso los cosméticos.

Contaminación mediante derrames

Los derrames de hidrocarburo cualquiera que sea su clase ocasionan gran impacto en los ecosistemas y además, son un peligro potencial para la salud.

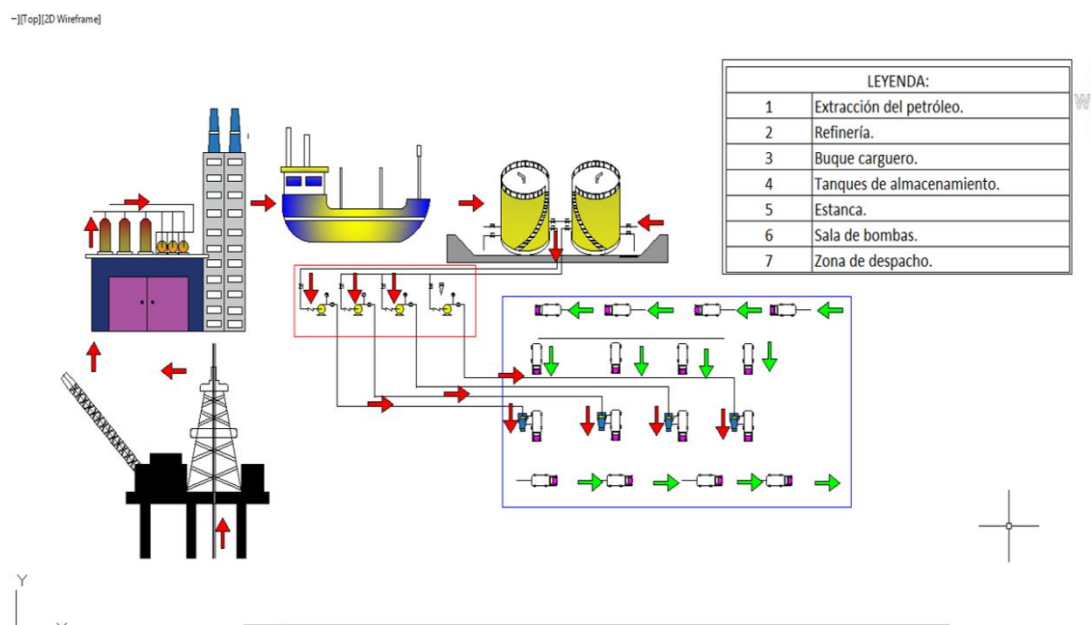
Existen tres formas de derrame, la primera corresponde al ocasionado durante el transporte terrestre, ferroviario camiones cisterna, marítimo, buque tanques de transporte para los diferentes terminales de la costa peruana. Le sigue el provocado por almacenamiento, líneas de conducción de pozos, tanque de almacenamiento, perforaciones. Y finalmente, aquella que es provocada de manera deliberada, constituyéndose en tomas clandestinas en oleoductos y que en la mayoría de los casos quedan fuera de control produciendo derrame.

Cumplimiento del marco legal normas peruanas para almacenamiento de hidrocarburos

- Reglamento de seguridad para las actividades hidrocarburos (ver anexo N° 01).
- Reglamento de seguridad de almacenamiento de hidrocarburos (ver anexo N° 02).
- Reglamento para la comercialización de combustibles líquidos y otros derivados de los hidrocarburos (ver anexo N° 03).
- Reglamento de seguridad e integridad de ductos (ver anexo N° 04).
- Reglamento para la protección ambiental en las actividades de hidrocarburos (ver anexo N° 05).
- Reglamento de seguridad para el transporte de hidrocarburos (ver anexo N° 06).

Esquema General

Figura N° 3. Esquema general del terminal de almacenamiento de hidrocarburos



Fuente: elaboración propia.

Proceso de recepción de combustible

Instalaciones:

Las instalaciones de terminal De la Región La Libertad, está distribuida en tres estancas, en la estanca 1 almacena 10 tanques en la estanca 2 almacena 2 tanques

y en la estanca 3 almacena 3 tanques, estos tanques instalados en superficies están destinados para el almacenamiento de combustibles provenientes de los buques tanque.

Los tanques de almacenamiento de gasolina poseen un sistema de presión-vacío, a fin de evitar la evaporación excesiva.

Los tanques están pintados de color blanco o negro según el producto que contengan, la razón es para mantener los productos blancos a una menor temperatura y así minimizar su evaporación, mientras que para los productos negros de bajo API, se requiere de una mayor temperatura fin de facilitar su fluidez.

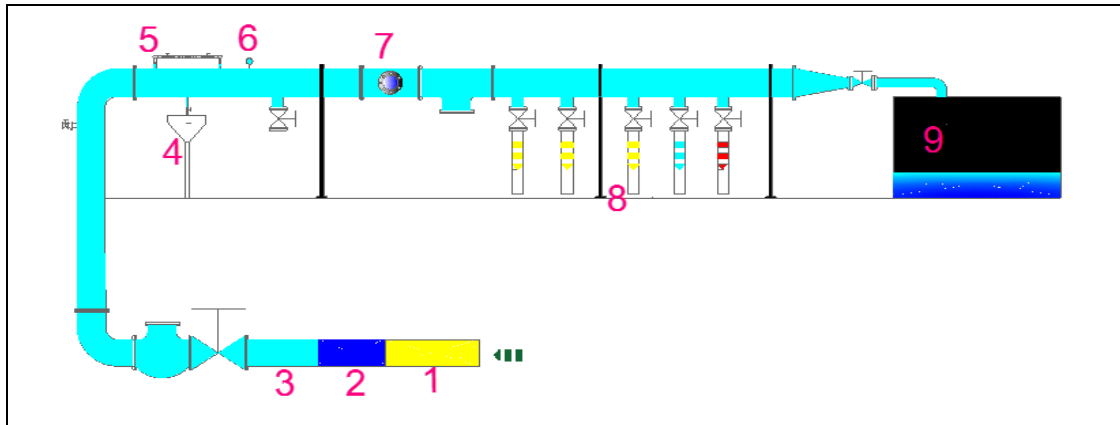
El terminal De la Región La Libertad cuenta con un total de 16 tanques, 13 para el almacenamiento de combustibles y un tanque de almacenamiento de agua contra incendio y 02 tanques de slop, posee una capacidad de almacenamiento de 227,012 BLS, incluyendo los tanques contra incendio y slop. (Bustamante 2007)

Recepción:

La recepción de estas mercaderías, mencionada anteriormente, se efectúa por vía marítima hacia los terminales por medio de 2 tuberías submarinas de diámetro 12". Líneas de productos blancos: gasolina, diésel. Líneas de productos blancos: PI-600. La operación de recepción se efectúa mediante un manifold de descarga tanto para productos blancos como productos negros, aquí tenemos acceso para poder direccionar los productos recepcionados, a los tanques preparados y además poder hacer el cambio, tanto de tanque como de producto blanco identificado con su color correspondiente. El terminal De la Región La Libertad cuenta con 16 tanques de almacenamiento.

Durante la recepción de estas mercancías a instalaciones portuarias especiales se tiene presente tanto la conservación de la calidad, así como también el control de calidad con análisis frecuentes tanto en campo como el laboratorio; conservación de la calidad: análisis API; control de calidad: preparación de tanques, medida de tanques de recepción, control de diferencia con cantidad consignada y cantidad entregada por línea submarina buque a tanque de almacenamiento final.

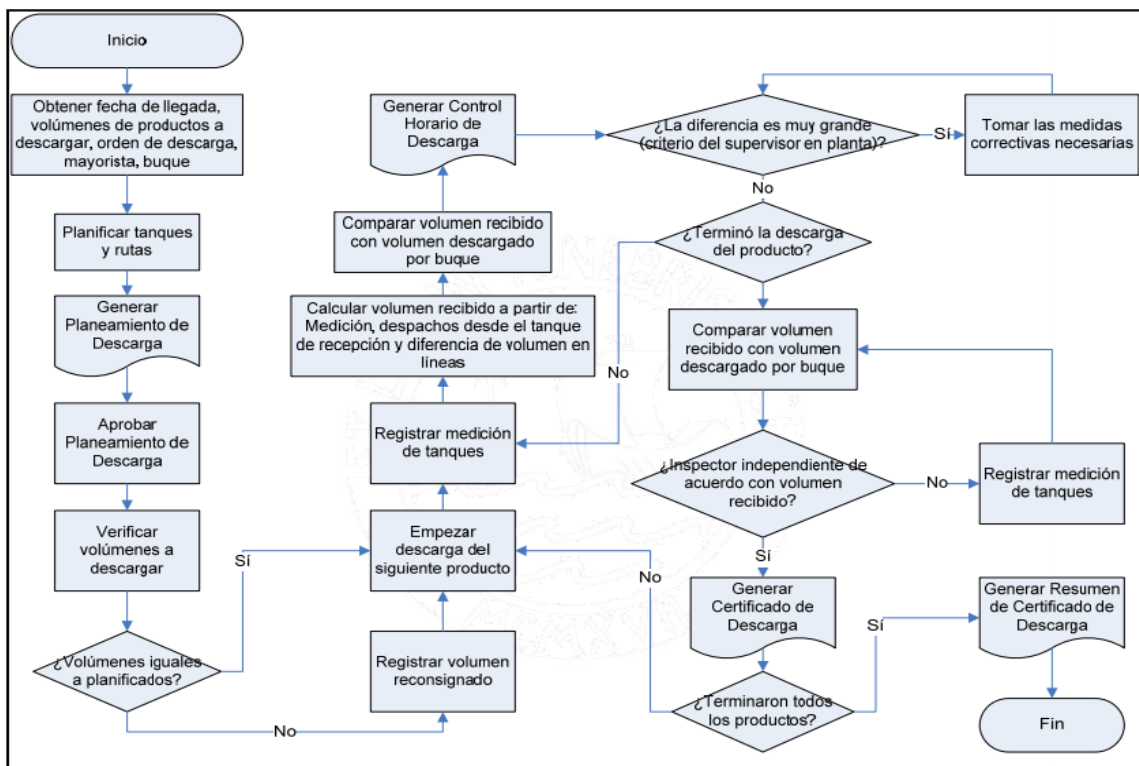
Figura N° 4. Manifold de descarga en un terminal de almacenamiento de hidrocarburos



Leyenda:
 1 Producto A. 4 control de pruebas. 7 Visor principal.
 2 Agua. 5 Visor de producto. 8 líneas de descarga de productos.
 3 Producto B. 6 Manómetro. 9 Poza de descarga.

Fuente: Elaboración propia

Figura N° 5. Diagrama de flujo recepción buque tanque



Fuente: (LJU, 2007)

Almacenamiento:

Para el almacenamiento se transfiere a tanques pre diseñados en instalaciones portuarias especiales y divididas en estancas prediseñadas adecuadamente.

Tabla N° 1. Resumen de principales productos recepcionados en terminal de la Región La Libertad

Productos Almacenados en planta Terminal de la Región La Libertad					
Hidrocarburos Líquidos	Tanques de Almacenamiento				Estanca
	N° de Tanque	Diámetro	Altura	Capacidad (Blts)	
Petróleo Residual PI-6	TK-8	22,86	12,04	28528	EST-1
	TK-19	9,147	11,567	4,422	EST-3
Diésel - B-5	TK-13	12,148	5,896	3,726	EST-1
	TK-17	17,755	12,860	18,373	EST-1
	TK-18	35,104	10,811	58,514	EST-3
Gasolina - 95	TK-15	13,805	11,113	8,680	EST-1
Diésel S-50	TK-22	26,197	9,023	26,783	EST- 2
	TK-19	9,147	11,567	4,422	EST-1
	TK-20	35,077	10,735	60,036	EST-3
Gasolina - 90	TK-16	13,833	4,308	2,390	EST-1
	TK-21	26,156	9,071	24,222	EST- 2
Gasolina - 84	TK-12	15,859	11,595	11,189	EST-1
Alcohol Carburante	TK-4	9,058	7,033	2,581	EST-1
Slop	TK-3	7,620	10,966	4,217	EST-1
	TK-9	7,620	8,915	2,417	EST-1

Fuente: Elaboración propia

Conservación de la calidad:

Tanques y tuberías totalmente independientes por producto; válvulas de tanques permanecen cerradas (candado) cuando no están en servicio y finalizado el despacho. Análisis de inventario al término de cada despacho.

Control de Calidad:

Base del fondo de los tanques son impermeabilizados para contener cualquier eventual pérdida de alguna mercadería, posee un sistema de tuberías para el despacho instaladas sobre la superficie, conexiones de uso eventual cerradas con brida ciega y tapones precintados inspección diaria y frecuente, control de mermas por evaporación, dentro de los límites especificados según parámetros.

Despacho:

El despacho de estos productos se realiza de acuerdo a instrucciones de los consumidores mayoristas propietario de los productos, controlado por OSINERGMIN a través del SCOP y por SUNAT los PQF. Los sistemas de tuberías y bombas son independientes para cada producto, sistema de control y medición automática controlada, Las cisternas de carga indicado en pedido de SCOP, adicionalmente se deben contar con tarjetas de cubicación y seguro vigente (para poder realizar estas operaciones de despacho las cuales están en sistema FULL DANTAS, es necesario que el SCULLY este en buen estado para poder ser registrado en MITER).

Autorización de salida de cisterna previa autorización en el área de precintado y control de contenido de agua.

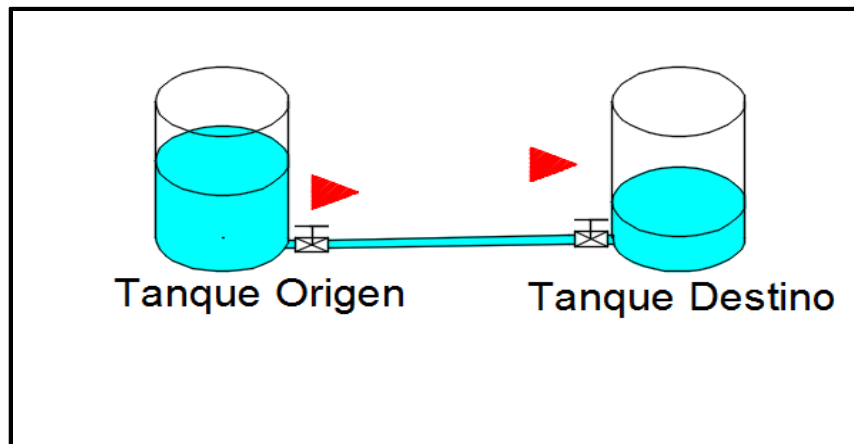
Trasiego:

Los trasiegos de hidrocarburos de un tanque a otro del mismo contenido son comunes en las plantas de almacenamiento de mercaderías peligrosas, se conocen 02 tipos de trasiego tales como:

Trasiego por gravedad:

Este trasiego consiste en el cual se mueve físicamente de un producto con más cantidad hacia otro con menos cantidad para fines requeridos.

Figura N° 6. Trasiego por gravedad

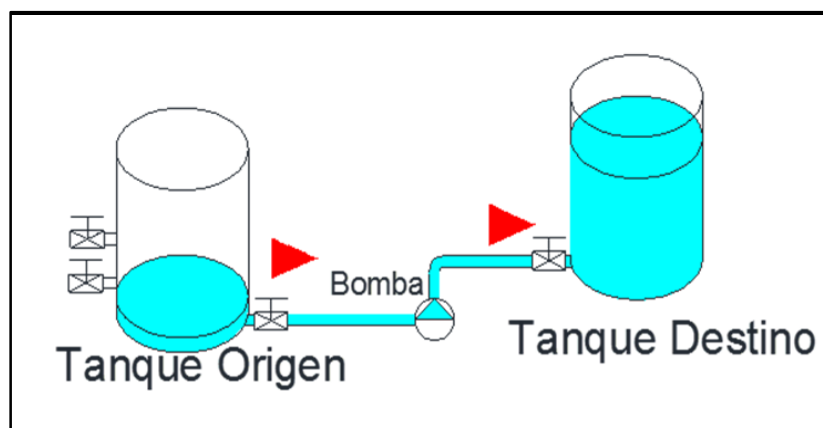


Fuente: Elaboración Propia

Trasiego con bomba:

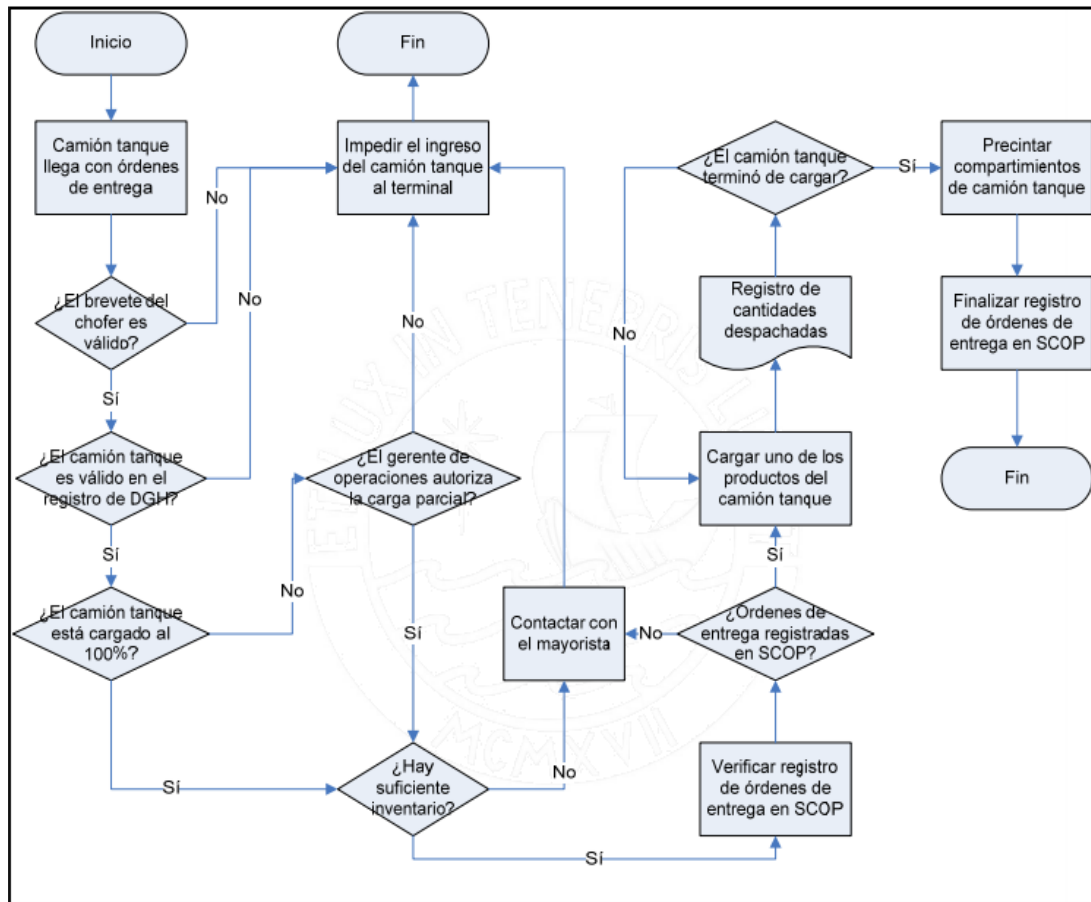
Consiste en el trasiego del mismo producto mediante bomba centrífuga, para los productos blancos, esta práctica es muy usada en las empresas de almacenamiento de hidrocarburos, ya que cuando el nivel del tanque se encuentra por debajo de las válvulas de despacho, toma alta toma baja, y se requiere realizar alguna operación con el tanque vacío. En el caso para los productos negros como el PI-6. Se usa una bomba de rotación horaria de tipo engranajes con reductor para este tipo de producto, por la densidad cuando este se encuentra a temperatura ambiente.

Figura N° 7. Trasiego por bomba



Fuente: Elaboración Propia

Figura N° 8. Diagrama de flujo de despacho de camiones cisterna PI-6 de plantas de almacenamiento de hidrocarburos.



Fuente: (LJU, 2007)

HIDROCARBURO LÍQUIDO PI-6

Características fisicoquímicas

Para poder desarrollar nuestro sistema de automatización en los tanque de hidrocarburos líquidos PI-6, hasta ahora tienen el mismo recorrido que los productos blancos, tanto como para el transporte y recepción, almacenamiento, controles de calidad y volumen, y finalmente despacho, sin embargo sus características fisicoquímicas varían con la temperatura, ya que este hidrocarburo necesariamente tiene que ser calentado, para elevar su temperatura, bajar su densidad y así poder usarse como fuente de combustión, para más detalle ver anexo n°7

Gravedad API

Se basa en la comparación de la densidad del petróleo con respecto al del agua, es una forma escalar para evaluar su calidad del petróleo; impuestas por Instituto de Petróleo Americano, que indica que a un mayor grado de API el petróleo será más liviano.

Grado de densidad

Ligero:

- Bajo contenido de metales pesados.
- Bajo contenido de azufre.
- Fluye fácilmente.

Pesado:

- Alto contenido de metales pesados.
- Alto contenido de carbón y poco hidrogeno.
- Fluye difícilmente.

Tabla N° 2. Clasificación de los petróleos según su gravedad API

PETROLEO CRUDO	DENSIDAD (g/cm ³)	GRAVEDAD API
Extrapesado	> 1.0	10
Pesado	1.1 - 0.92	10.1 - 22.3
Mediano	0.93 - 0.87	22.4 - 31.1
Ligero	0.88 - 0.83	31.2 – 39
Superligero	< 0.83	> 39

Fuente: American Petroleum Institute - 2014

Tabla N° 3. Principales características físico-químicas del petróleo residual PI-6

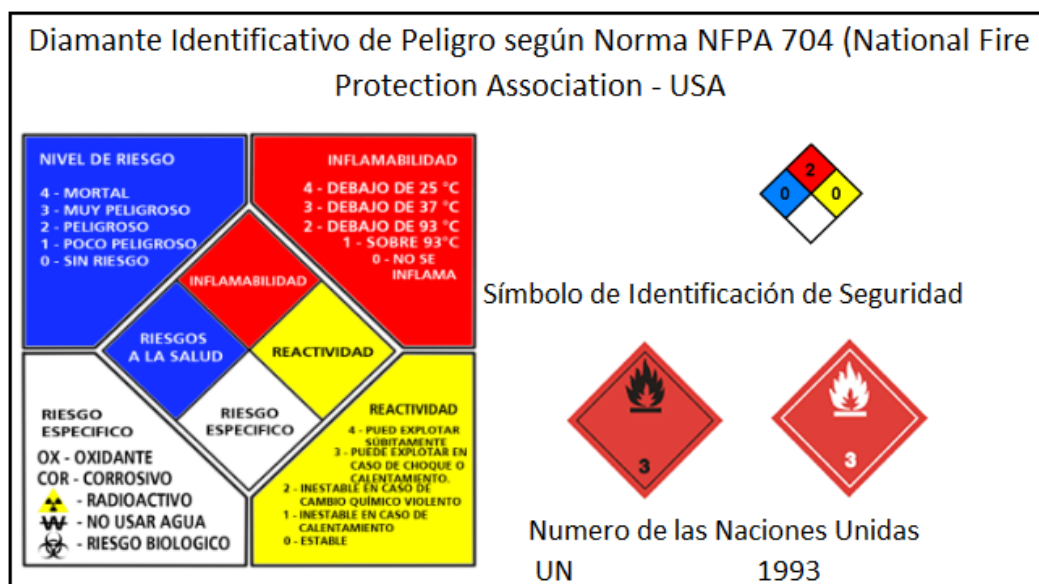
Características Físico - Químicas de Hidrocarburo Líquido PI-6				
Nombre Comercial	PETROPERÚ PETRÓLEO INDUSTRIAL N° 6			
Nombre Alternativo	P.I. N° 6			
Empresa	Petróleos del Perú - PETROPERÚ S.A.			
Composición Química	Rango aproximado de C12 a C50, presenta alta viscosidad			
La clasificación de riesgos según la NFPA (National Fire Protection Association)				
SALUD	0			
INFLAMABILIDAD	2			
REACTIVIDAD	1			
APARIENCIA, COLOR, OLOR		Líquido viscoso, color marrón oscuro a negro y olor característico.		
GRAVEDAD ESPECÍFICA a 15.6/15.6°C		0.95 – 0.99 aprox.		
PUNTO DE INFLAMACIÓN, °C		60 mín.		
VISCOSIDAD CINEMÁTICA a 50°, cSt		81 - 640		
LÍMITES DE INFLAMABILIDAD, % vol. en aire		1 a 5 aprox.		
PUNTO DE AUTOIGNICIÓN, °C		407 aprox.		
SOLUBILIDAD EN AGUA		Insignificante.		
ESTABILIDAD		Estable en condiciones normales de presión y temperatura durante el almacenamiento.		
REACTIVIDAD		Es incompatible con agentes oxidantes fuertes (hipoclorito de sodio, peróxidos, ácidos fuertes, etc.).		
Especificaciones Técnicas PETROPERÚ				
ENSAYOS	ESPECIFICACIONES (a)		MÉTODO	
	MIN	MAX	ASTM	OTROS
VOLATILIDAD				
Gravedad específica a 15.6/15.6°C o ° API		Reportar	D-287, D-1298	
Punto de inflamación, °C	60		D-93	
FLUIDEZ				
Punto de escurrimiento, °C		Reportar	D-97	
COMPOSICIÓN				
Azúfre total, % masa		3,5	D-129, D-4294	
Cenizas, % masa		Reportar	D-482	
Residuo carbón Conradson, % masa		Reportar	D-189	
Vanadio, ppm		Reportar	D-5708	
CONTAMINANTES				
Agua y sedimentos, % V (b)		2,0	D-1796 ó D-95 y D-473	
CONDICION GENERAL		Precaalentamiento durante el manipuleo y uso.		

Fuente: Elaboración Propia

Normalización de colores y dimensiones, símbolos y logotipos de identificación y seguridad en tanques de hidrocarburos.

Para este tanque de almacenamiento de hidrocarburo líquido PI-6, tenemos la identificación según norma NFPA – 704, para más detalle ver anexo N° 8.

Figura N° 9. Normas, colores, símbolos y logotipos para tanques de hidrocarburos líquido PI-6



Fuente: Norma NFPA – 704.

Principales usos del hidrocarburo líquido PI-6

Las aplicaciones de estos productos residuales, los cuales son derivados del petróleo proveniente de las refinerías son:

- Calderas.
- Hornos de Acería.
- Embarcaciones.

Para desarrollar esta tesis de control de automatización en el tanque de uso diario de la caldera haremos una descripción de esta máquina térmica.

Uso en calderas:

Este producto viene a ser el residuo de los que procesos de las plantas de refinerías, y por su índice de inflamabilidad cuando este alcanza temperaturas elevadas, en una fuente de energía de bajo costo en comparación con otros hidrocarburos. Una de las importantes aplicaciones del PI-6 es como fuente de combustión para calderas modelo pirotubulares, estos modelos de calderas podemos encontrar en las empresas agroindustriales, empresas pesqueras de la zona: Virú, Chao, Puerto Malabrigo, Trujillo, De la Región La Libertad, entre otras. Así mismo, también las empresas que almacenan estos productos en sus instalaciones poseen este tipo de calderas para generar vapor a sus tanques de almacenamiento en sus instalaciones, poder facilitar el flujo de las tuberías, y finalmente poder hacer sus despachos, trasiegos internos de productos (consumo a su tanque diario de calderas), despacho a los camiones cisternas de sus principales clientes que transportan este producto a las diferentes empresas de la zona.

CALDERAS

Descripción sobre calderas:

Las calderas son máquinas térmicas que tienen como fuente de combustión al hidrocarburo líquido PI-6.

Modo de empleo de hidrocarburo PI-6 en calderas pirotubulares:

Este hidrocarburo a temperatura ambiente, a diferencia de los demás tiene baja densidad, por lo que es difícil de transporta por las tuberías a temperatura ambiente, Inicialmente se una pre calentadores de vapor para su calentamiento este oscila aproximadamente entre 90-100°C para su adecuada combustión.

Para poder hacer la llama principal de la caldera hay que generar una presión de este por medio de una bomba especial de sentido horario la cual genera una presión de trabajo de 20-80 psi aproximadamente según la potencia de la caldera y consumo en galones/hora de la tobera dependiendo de la capacidad de producción de vapor.

NEUMÁTICA

Fundamentos

No cabe ninguna duda que en la actualidad la neumática, es fundamental en toda actividad de proceso industrial y cualquier campo de las ingenierías.

El aire comprimido es una de los tipos de energía que realizan trabajo con muy pocos inconvenientes, a pruebas de explosión y son indispensable en casi todas las industrias teniendo mayor envergadura en las industrias procesadoras de alimentos gracias a su salubridad que esta tecnología ofrece en sus sistemas de operación.

La tecnología neumática

La tecnología que se va emplear para desarrollar para el diseño de esta automatización en el tanque de hidrocarburo PI-6 es la Neumática, y que técnicamente esta se define como la tecnología que se encarga de la producción controlada, la transmisión mediante tuberías, de fierro o acero, y mangueras flexibles, para el control de movimientos, medianos trabajos del aire comprimido.

Compresores

Un compresor es una maquina de fluido que esta contruida para aumentar la presion y desplazar cierto tipo de fluidos llamado compresibles, tal como lo son los gases y vapores. Esto se realiza atrves de un intercambio de energia entre la maquina y el fluido en el cual el trabajo ejercido porl el compresor es transformado a la sustancia que pasa por el convirtiendose en enrgia de flujo aumentando su presion y energia cinetica e implulsandola a fluir.

Actuadores neumáticos.

Se denominan actuadores a aquellos elemntos que pueden provocar un efecto sobre algun sistema de control en donde los mecanismos convierten la energia del aire comprimido en trabajo mecanico.

Accesorio de control válvulas.

Todos los ssiemas neumaticos estan contituidos por elemntos de señalizacion, las cuales comanadn e influyen sobre el flujo del medio presurizado. Estos elemnetos guian el medio dosificado y en el momento correcto hacia los componentes que realizan su trabajo, los cuales pueden ser accionados de maera neumatica o elelctrica, servopilotada.

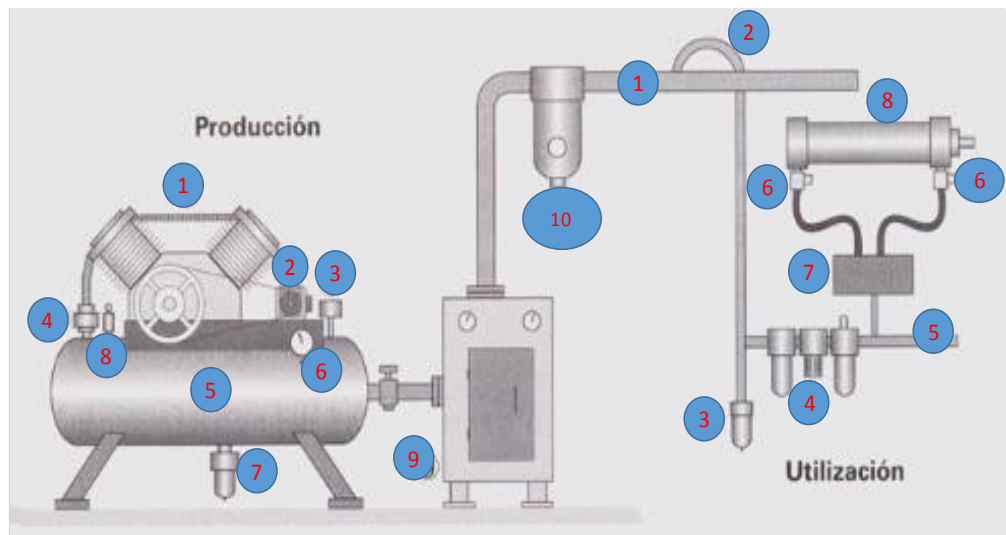
Dependiendo de su funcion e un dtrminado proceso pueden ser:

- Direccionales: controla el inicio y parada, y dirección del medio presurizado.
- De bloqueo: dejan pasar el fluido en un solo sentido.
- De caudal: influyen sobre el caudal del medio que está fluyendo.
- De presión: influyen sobre la presión del medio presurizado o controlan la presión.

Tratamientos del aire comprimido

El aire comprimido necesita eliminar impurezas y humedad del ambiente, y partículas propias de las tuberías en que se transporta este fluido; por lo que es necesario utilizar unidades de mantenimiento ya que de ello dependerá la vida útil de los elementos del sistema, la unidad de mantenimiento está formada por un filtro, el regulador, y finalmente el lubricador (FRL).

Figura N° 10. Principales elementos de una instalación neumática y sus componentes



Leyenda:

Sistema de Producción y tratamiento de aire

- | | |
|------------------------------------|-----------------------------|
| 1 Tubería principal (manifold). | 5 Tubería de servicio. |
| 2 Tubería secundaria. | 6 Válvula de señal o mando. |
| 3 Purga de condensado. | 7 Regulador de velocidad. |
| 4 Unidad de mantenimiento (F-R-L). | 8 Actuador. |

Sistema de Producción y tratamiento de aire

- | | | |
|----------------------------------|-----------------------------|-------------------------|
| 1 Compresor (generador de aire). | 5 Tanque de almacenamiento. | 8 Válvula de seguridad. |
| 2 Motor eléctrico. | 6 Manómetro. | 9 Secador de aire. |
| 3 Presostato. | 7 Purga de agua. | 10 Filtro de red. |
| 4 Válvula check. | | |

Fuente: Elaboración propia

Rentabilidad de los sistemas neumáticos

Hoy en día no existe un proyecto, una exploración industrial, una modificación de algún proceso, donde no esté presente la automatización de los sistemas neumáticos; en casi todos los campos de aplicación se viene reemplazando las pocas actividades que aún se realizan de manera manual. El aire comprimido, su instalación, operación y aplicación en procesos industriales son cada vez más convencionales. Hace aproximadamente unos 03 años atrás en las empresas agroindustriales se realizaba, el proceso de pelado de espárrago de forma manual por: su inocuidad, salubridad, fragilidad, complejidad que tiene este producto para ser despojado de su cáscara que este contiene. Sin embargo, las agroindustrias más competentes del mercado ya poseen maquinaria con estos sistemas de pelado de espárragos, gracias al sistema electroneumático. Ahorrando a su mano de obra y gastos operacionales. Estas son algunas de las actividades más frecuentes que realizan estos sistemas neumáticos conjuntamente entrelazados con la electricidad y electrónica, sin duda estos son algunos de los motivos para que otras ramas de la ingeniería rediseñe sus sistemas industriales.

Tabla N° 4. Aplicaciones de sistemas neumáticos en industrias

Máquinas que emplean aire comprimido	
Campo	Equipos
Agro-Industria	Peladoras de espárrago,
	selladoras,
	Etiquetadoras
	Codificadoras VIDEO-YET
	Auto-claves
Mineria	Actuadores de Sensores de vacío (Vacuómetros)
	Molinos
Petroquímica	Chancadores
	Sistemas automáticos de fluidos
	Controladores
	Valvulas
Avícola	Bombas
	Molinos
Transporte	Llenadoras de alimentos
	Sistemas de frenos
	Puertas
	Cisterna de transporte de hidrocarburos

Fuente: elaboración propia.

Magnitudes y unidades en sistemas neumáticos.

$$P = \frac{F}{A} (N/m^2)$$

P: presión.

F: representa la fuerza que se ejerce sobre una superficie.

A: área de la superficie sobre la que actúa la fuerza.

Unidad

Según el S.I. la unidad a utilizar es el pascal (Pa). Sin embargo, todavía se sigue utilizando otras unidades que rompen el criterio de unificación del S.I.

Estas unidades son:

$N/m^2 = Pa$

$Bar = 10^5 Pa$

$Atmosfera = atm = 1.01325 bar = 1.01325 * 10^5 Pa$

$Columna de mercurio = 760 mm-hg = 1 atm$

$Kp/cm^2 = 1.1972 bar = 1.01972 * 10^5 Pa$

Presiones:

Presión absoluta: presión P1 medida desde un nivel 0

Presión relativa: presión P2 medida desde la presión atmosférica Pa

$$P1 = P2 + Pa$$

Se considera "vacío" cuando tenemos una presión menor a la temperatura. El instrumento para medir la presión es: manómetro.

ELECTRONEUMÁTICA

Elementos para introducir señales

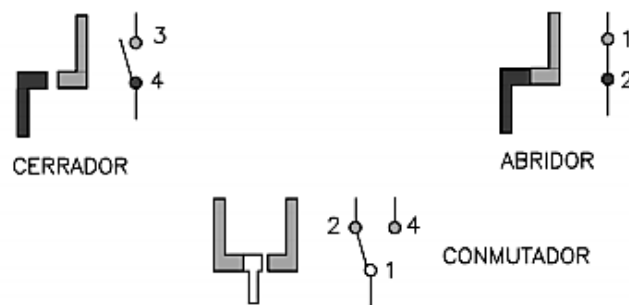
Estos elementos tienen la función de dar ingreso a las señales eléctricas provenientes de varios puntos del sistema, con el fin de ser procesadas por el órgano competente de la cadena de mando. Si tales elementos accionan contactos eléctricos, los llamaremos elementos de contacto; caso contrario, elementos sin

contacto, los llamaremos sensores. En la función de los elementos de contacto, distinguimos:

- Elementos de cierre.
- Elementos de apertura.

 El elemento de cierre tiene la función de habilitar un camino para el paso de la corriente eléctrica, en cuanto al elemento de apertura tiene la función de bloquear o interrumpir dicho paso. Mientras que al elemento de cierre se lo denomina contacto normal abierto (NA), al de apertura se lo denomina contacto normal cerrado (NC). Una combinación constructiva de elementos de cierre y de apertura es el llamado "conmutador". Entre los contactos existe un contacto móvil común a los dos, el que en posición de reposo está siempre en conexión eléctrica con un sólo contacto fijo.

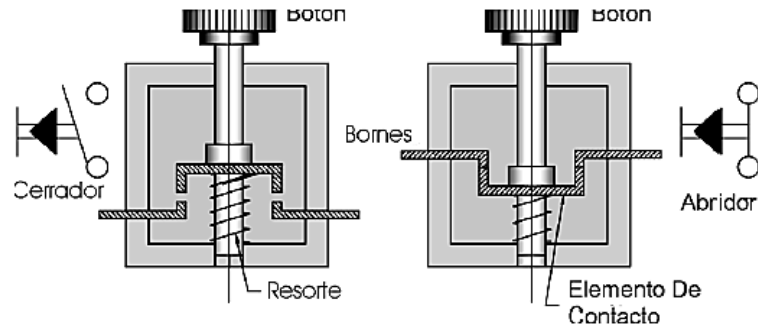
Figura N° 11. Elementos para introducir señales



Fuente: www.micro.com.ar

El accionamiento de estos elementos puede ser manual, mecánico o a través de impulsos eléctricos o neumáticos. Debemos distinguir entre "pulsador" e "interruptor". El pulsador toma una posición al ser accionado (cuando es presionado). Cuando se libera el pulsador por medio de un resorte, vuelve a su posición inicial. El interruptor toma una posición al ser accionado. Para mantener esta posición no es necesario el accionamiento permanente a través de bloqueo mecánico, el retorno a la posición inicial será posible con un nuevo accionamiento. La figura 12 muestra dos posibilidades como elemento de apertura o de cierre del contacto. Empujando el pulsador en sentido vertical descendente, el elemento de comando móvil actúa contra la fuerza del resorte, conectando eléctricamente las conexiones (cierre). La misma acción, en el caso de apertura, desconecta eléctricamente los contactos. En los dos componentes, el resorte devuelve el elemento a la posición inicial.

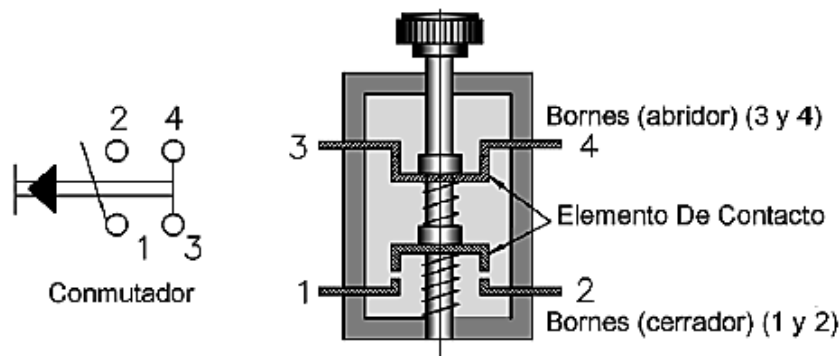
Figura N° 12. Estructura de los pulsadores



Fuente: www.micro.com.ar

En la figura, vemos que los dos elementos, tanto el de cierre como el de apertura, están conjugados en un único cuerpo. Esta construcción permite su utilización de una o de otra manera, y también como "conmutador", si a través de una conexión externa se unen un contacto del elemento de apertura con uno del de cierre, formando un contacto común entre ambos.

Figura N° 13. Estructura del conmutador



Fuente: www.micro.com.ar

Presionando el pulsador, el contacto de apertura interrumpe la conexión entre los bornes, al mismo tiempo que el contacto de cierre establece una conexión entre los bornes correspondientes. Al ser liberado el pulsador tendremos nuevamente la condición inicial. La utilización de los conmutadores es necesaria en los casos de accionamiento simultáneo de equipos.

Tipos de pulsadores

Un pulsador es un elemento que debe estar siempre relacionado con algún dispositivo o grupo de dispositivos, y que permite la activación, desactivación o conmutación de éste o éstos.

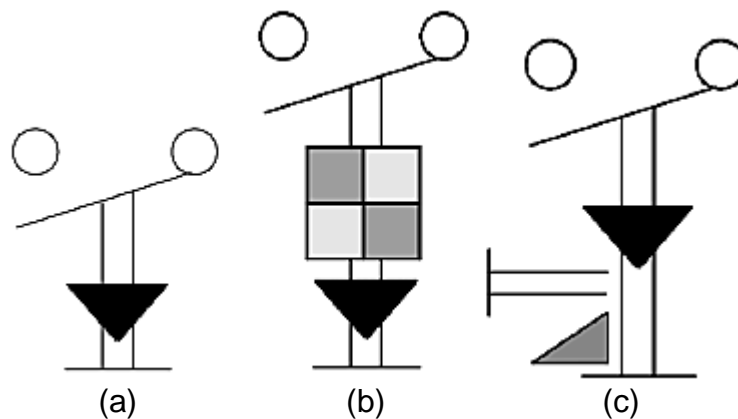
Entre los diversos pulsadores encontramos los siguientes:

Botón de impulso (a): Elemento de comando que permanece accionado mediante la constante aplicación de una fuerza sobre el mismo.

Pulsador flip-flop (b): Es un elemento que, mediante sucesivas actuaciones, va cambiando continuamente su estado.

Pulsador golpe de puño y traba (c): Botón que traba por golpe de puño y retorna a la posición inicial mediante giro en sentido horario. Suele ser usado como pulsador de emergencia.

Figura N° 14. Tipos de pulsadores



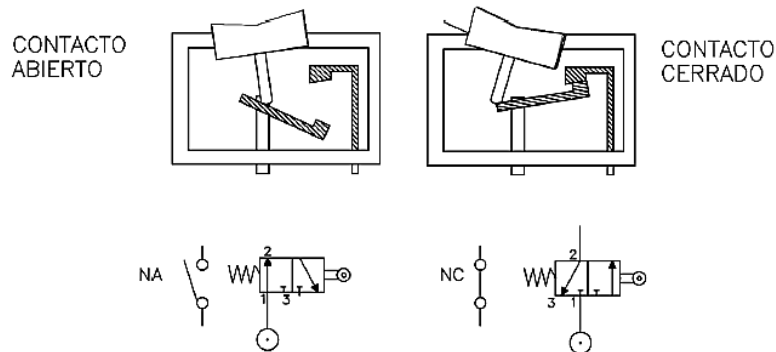
Fuente: www.micro.com.ar

Contacto normalmente abierto (NA): En reposo no permite el paso de la corriente eléctrica.

Contacto normalmente cerrado (NC): En reposo permite el paso de la corriente eléctrica.

Interruptor: En estos elementos tenemos el bloqueo mecánico en el primer accionamiento. En el segundo, el bloqueo es eliminado y el interruptor retorna a la posición inicial.

Figura N° 15. Contactos NA y NC



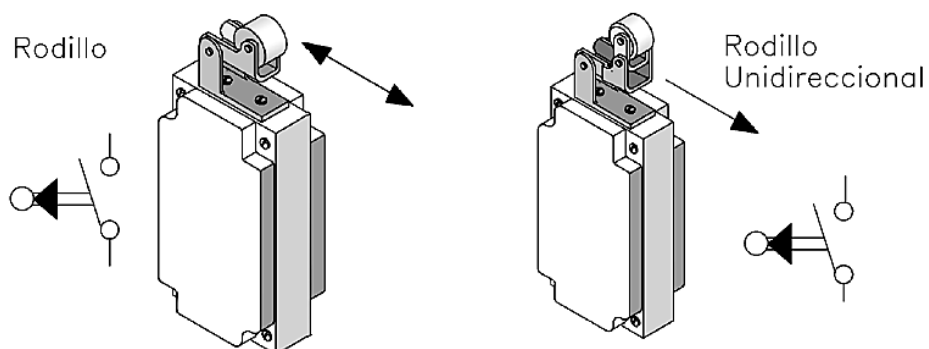
Fuente: www.micro.com.ar

Los pulsadores e interruptores son identificados conforme la norma DIN 43605 y poseen una cierta posición de montaje:

- I - Conectado (Barra)
- 0 - Desconectado (Círculo)

Los detectores de límite mecánico (o finales de la carrera) se detectan ciertas posiciones, finales de recorrido de partes de máquinas o dispositivos de trabajo. Normalmente los elementos de fin de carrera tienen un elemento de cierre y uno de apertura, siendo posible otra combinación de interruptores en la ejecución estándar. El accionamiento del detector de límite puede efectuarse a través de una pieza fija o móvil: vástago, rodillo, rodillo unidireccional, varilla, etc.

Figura N° 16. Detectores de límite mecánico (finales de carrera)

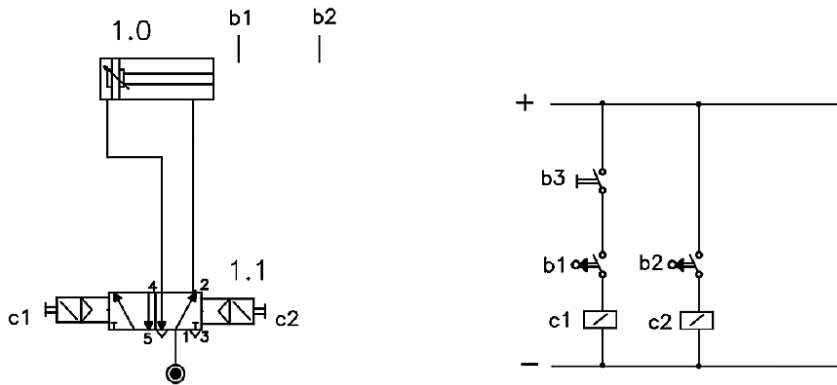


Fuente: www.micro.com.ar

Mando de un cilindro de doble efecto (movimiento continuo con parada)

Utilizaremos una válvula electroneumática 5/2 biestable, dos fines de carrera mecánicos, para el movimiento continuo. Una llave b3 para conectar y parar el circuito.

Figura N° 17. Mando de un cilindro de doble efecto



Fuente: www.micro.com.ar

Ecuación de los gases perfectos

$$P \cdot v = n \cdot R \cdot T$$

Ecuación N° 1

Donde:

P = Presión del gas.

V = Volumen que ocupa el gas.

n = Numero de moles que tenemos del gas.

R = Constante de los gases perfectos:

$$0,082 \cdot 1 \text{ atm} \cdot 1/\text{Kmol} = 8,314 \cdot \text{KJ}/\text{Kmol} \cdot \text{K}$$

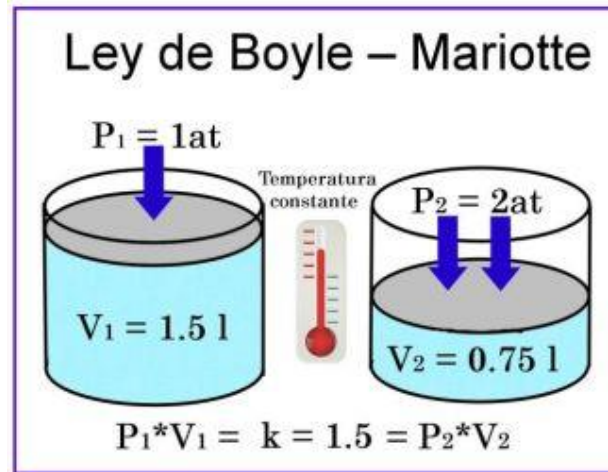
T = temperatura absoluta en Kelvin (K)

Como todos los gases, el aire no tiene una forma determinada. Este permite ser comprimido.

Ley de Boyle-Mariotte

A temperatura constante, el volumen de un gas encerrado en un recipiente es inversamente proporcional a la presión absoluta, o sea, el producto de la presión absoluta y el volumen es constante para cantidad determinada de gas.

Figura N° 18. Ley de Boyle-Mariotte



Fuente: quimicabasica.wordpress.com

El volumen es inversamente proporcional a la presión

- Si el volumen aumente la presión disminuye
- Si la presión aumente el volumen disminuye

$$P_1 * V_1 = P_2 * V_2 = P_3 * V_3 = \text{Constante}$$

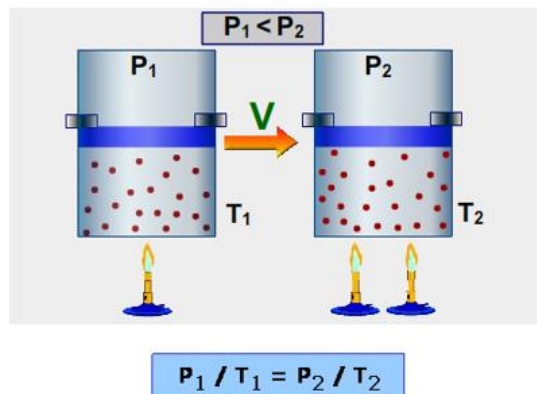
Ecuación N° 2

Leyes de Charles – Gay Lussac

La presión del gas es directamente proporcional a su temperatura.

Figura N° 19. Ley de Charles – Gay Lussac

Presion 1 / temperatura 1 = presion 2 / temperatura 2



Fuente: termo4to.blogspot.pe

Si aumenta la temperatura, aumenta la presión.

Si disminuimos la temperatura, disminuye la presión.

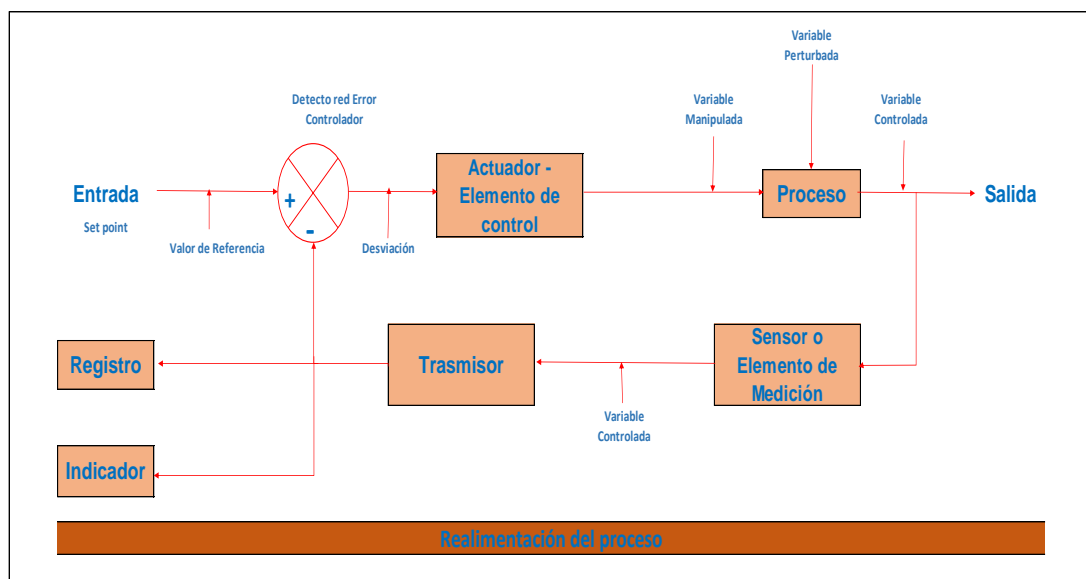
$$P1 / T1 = P2 / T2 ; V=\text{constante}$$

Ecuación N° 3

Sistemas de control

Se puede definir a control en terminos industriales a la manipulacion indirecta de las magnitudes de un sistema mediante, el cual los dispositivos son designados para calibrar, regular, y administrar el comportamiento, con la finalidad de reducir las probalidades de fallo y obtener resulatos satisfactorios para la empresa, en los procesos modernos de fabricacion en cualquier operación industrial que requiera en control de volumen, temperatura, caudal, presión.

Figura N° 20. Diagrama de bloque de un sistema de control de automatico

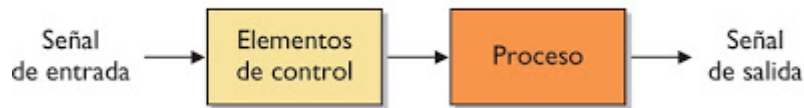


Fuente: Elaboracion propia

Control lazo abierto

En este sistema de control a lazo abierto, son aquellos sistemas donde la salida no afecta la acion de control, en este tipo de sistemas no existe una realimentacion para es comparada con al entrada, por lo tanto cada ingreso de señal corresponde a una manipulacion operativa fija.

Figura N° 21. Control lazo abierto

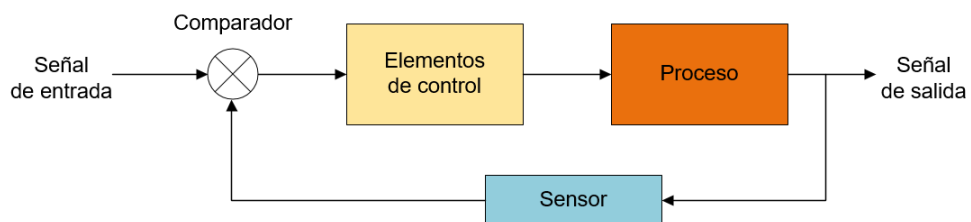


Fuente: tecno4iesmgk.wordpress.com

Control lazo cerrado

Este tipo de control de lazo cerrado, se compara el valor de la variable o condición con un valor deseado y de forma automática, si sin intervención de un operador toma una retroalimentación o lazo cerrado, de acuerdo a su programación de funcionamiento. Para mantener la variable controlada en el valor deseado, midiendo y evaluando las variables de interés durante el transcurso de proceso a controlar durante su servicio de trabajo.

Figura N° 22. Control lazo cerrado



Fuente: tecno4iesmgk.wordpress.com

Técnicas de control más usadas.

Dentro de las técnicas de control más usadas tenemos, las siguientes, teniendo en consideración los tipos de controles que vamos a diseñar para este estudio.

Son todos aquellos procedimientos que intervienen en programación de un sistema industrial, ya que partir de una señal se genera en la variable de control la cual es procesada a través de un algoritmo, con la finalidad de determinar notablemente un error.

Control On-Off.

Conocida también como control todo o nada, o control de dos posiciones, este viene a ser el elemento de control (actuador). En los esquemas de control más utilizados siempre forma parte de su sistema, gracias a su simplicidad para los montajes y bajo costo.

Control proporcional.

Los esquemas de control proporcional, existe una relación lineal continua entre la salida del controlador y la variable a controlar, Este valor representa cuanto es que el valor esta desviado según los parámetros de trabajo.

Tabla N° 5. Guía de selección de un sistema de control

Control	Aplicaciones
Todo-Nada	Control de nivel y temperatura en procesos de gran capacidad.
Proporcional	Presión, temperatura y nivel donde el offset no es inconveniente.
Proporcional + Integral	La mayor parte de aplicaciones, incluyendo el caudal.
Proporcional + Derivada	Cuando es necesaria una gran estabilidad con un offser mínimo y sin necesidad de acción integral.
Proporcional + Integral + Derivada	Procesos con cambios rápidos y retardos apreciables (control de temperaturas en intercambiador de calor).

Fuente: Instrumentación Industria, A. Creus (1997)

Elementos de un sistema de control para realimentación.

Elementos primarios de medición.

Es aquel que está en contacto directo con la variable a medir y trasforma la energía del medio para así producir una respuesta en un cambio de valor de la variable controlada, entre los más usados tenemos, sensores de presión, caudal, de nivel y temperatura.

Sensor de caudal.

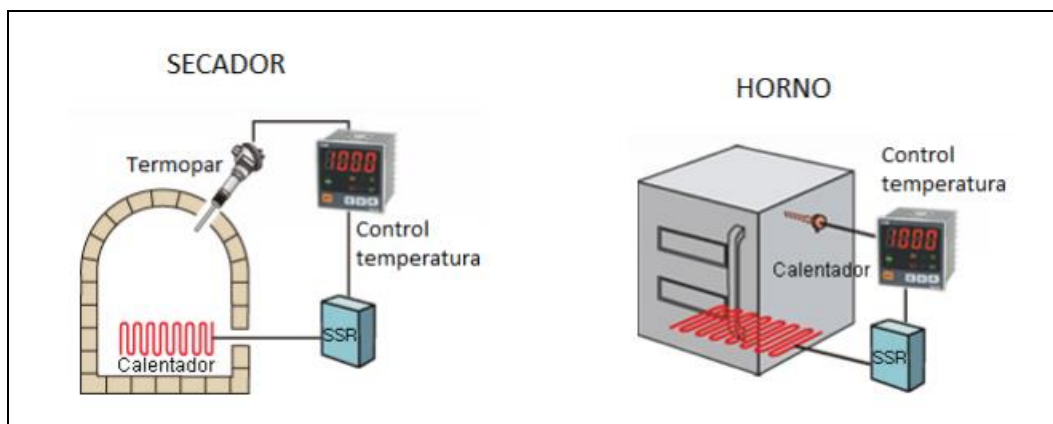
Los sensores de caudal se basan en distintos principios según se trate de fluidos compresibles o incompresibles, el caudal se define como masa por unidad de tiempo (caudal másico), o como volumen por unidad de tiempo (caudal volumétrico).

Sensor de temperatura.

El sensor de temperatura es dispositivo que transforman los cambios de temperatura en cambios de señales eléctricas, los cuales a su vez son procesados por algún equipo eléctrico o electrónico para realizar una determinada actividad en un proceso.

El que usaremos para desarrollar el sistema de control es un (resistencia temperatura detector) TRD, cuya resistencia cambia la temperatura.

Figura N° 23. Modelo de esquema de trabajo para control de temperatura (PT-100, controlador digital, válvula de control).



Fuente: JM Industrial Soluciones integrales de temperatura

Controlador

El controlador es el accesorio más importante para realizar la retroalimentación y tiene como propósito, en base a las señales de error obtenidas, generar señales de control las cuales han sido establecidas en su software, las cuales deben permitir o eliminar el error producido.

Controlador lógico programable (PLC).

Un controlador lógico programable es un dispositivo que se utiliza para el control de un proceso, en donde según su lenguaje de programación se realiza diagramas de acuerdo a la respuesta deseada según la secuencia del proceso a controlar.

Elemento de control final.

Viene a ser el mecanismo final de control que altera el valor de la variable manipulada, la cual es una respuesta de una señal del controlador

Válvulas de control.

Son accesorios que realizan la función de regular el caudal de un fluido a controlar, la cual modifica el valor de la variable medida, se fabrican de acuerdo al fluido a controlar, pueden tener accionamiento, neumático y eléctrico, etc.

Bomba.

La bomba es un dispositivo mecánico usado para mover fluidos de una presión baja a una presión alta, la cual se logra mediante la adición de energía al sistema que puede ser por medio de un motor eléctrico, o motor de combustión, según las necesidades del proceso. Las cuales se clasifican; centrifugas, reciprocantes, rotatorias.

CAPÍTULO 3. METODOLOGÍA

3.1. Formulación de Hipótesis

Es posible controlar la alimentación de petróleo a la caldera en planta terminal De la Región La Libertad, mediante un sistema automatizado basado en señales neumáticas de llenado y lectura digital de temperatura del hidrocarburo líquido PI-6, para evitar imprecisiones, olvidos u omisiones del personal encargado.

3.2. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Sistema automatizado	Sistema capaz de recibir información del proceso sobre el cual actúa, realizar acciones de análisis, organizarlas y controlarlas apropiadamente con el objetivo de optimizar los recursos de producción, como los materiales, humanos, económicos, financieros, etc.	Tipo	Dimensión del acumulador de energía
		Mandos de control	% consumo eléctrico
		Mandos de fuerza	% consumo de energía
		Procesamiento de señales	Tipos de sensores y/o transductores
		Actuadores	Eficiencia

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DIMENSIONES	INDICADORES
Alimentación de combustible PI-6 a caldera	Sistema en el cual se prepara el fuel-oil a través de la mezcla de combustible y aire, para garantizar un completo proceso de combustión, dividiendo el combustible en muchas pequeñas gotas (atomización) con la finalidad de exponer su mayor superficie posible al calor y al oxígeno del aire.	Tipo	Composición
			Clasificación NFPA (Norma de seguridad humana y protección contra incendios.)
		Volumen	Caudal
			Nivel

3.3. Diseño de investigación

No Experimental, Descriptivo con diseño Transversal.

Nivel de investigación: descriptiva pura, puesto que la finalidad del estudio es describir las características de la variable de estudio.

3.4. Unidad de estudio

La caldera de la planta terminal de la Región La Libertad.

3.5. Población

Sistema de alimentación de combustible de caldera la planta terminal de la Región La Libertad.

3.6. Muestra (muestreo o selección)

Se considera el mismo sistema descrito en la población, puesto que es la única caldera de la planta terminal De la Región La Libertad.

3.7. Técnicas, instrumentos y procedimientos de recolección de datos

Detalla los métodos, técnicas e instrumentos que, utilizados para recopilar la información, de tal modo que se facilite la réplica del estudio. Los instrumentos elaborados por el autor o autores deben describirse y justificarse. Los instrumentos estandarizados como test o encuestas específicas, deben referenciar la fuente original. Todo instrumento debe haber sido validado antes de su aplicación. El texto debe especificar de modo descriptivo y en forma detallada la secuencia de actividades que realizó el investigador para obtener información siguiendo procesos de observación, entrevistas, encuestas o test, etc.

Considerar los procedimientos o métodos que se van a utilizar para recolectar los datos y sus correspondientes instrumentos, detallar los procedimientos de modo que puedan ser reproducidos por otros investigadores.

Las técnicas para la investigación pueden ser:

- Entrevistas
- Encuestas
- Revisión de bases de datos
- Análisis de documentos
- Observación directa de los hechos, entre otras.

3.8. Métodos, instrumentos y procedimientos de análisis de datos

Detalla los métodos y procedimientos usados para analizar o interpretar la información, de tal modo que se facilite la réplica del estudio. Los instrumentos elaborados por el autor o autores deben describirse y justificarse. En este acápite se especifica -según sea el estudio de carácter cuantitativo o teórico- el instrumento estadístico o categorial que se usará para demostrar y/o validar la hipótesis o bien el medio para validar su pertinencia en el caso de constituir una propuesta profesional.

De acuerdo a la naturaleza de la investigación, los instrumentos pueden ser:

- Cuestionarios
- Fichas de recolección de datos

- Guía de entrevista
- Lista de cotejo
- Instrumentos técnicos y/o de laboratorio, etc.

En caso de trabajar con entrevistas, los instrumentos utilizados deben ser confiables y válidos para asegurar la validez interna de los resultados (validez y confiabilidad).

CAPÍTULO 4. PRODUCTO DE APLICACIÓN PROFESIONAL

El diseño de los sistemas de control automático para el proceso de trasiego de hidrocarburo líquido PI-6, consiste en controlar de manera eficiente el trasiego, desde el tanque principal hasta el tanque de uso diario que abastece a la caldera.

Para desarrollar este sistema de control automático vamos a diseñar los accesorios pertinentes para logara controlar de manera eficiente este proceso de trasiego, considerando los parámetros de trabajo, y sistemas que cumplan la especificación técnica, normativas de hidrocarburos.

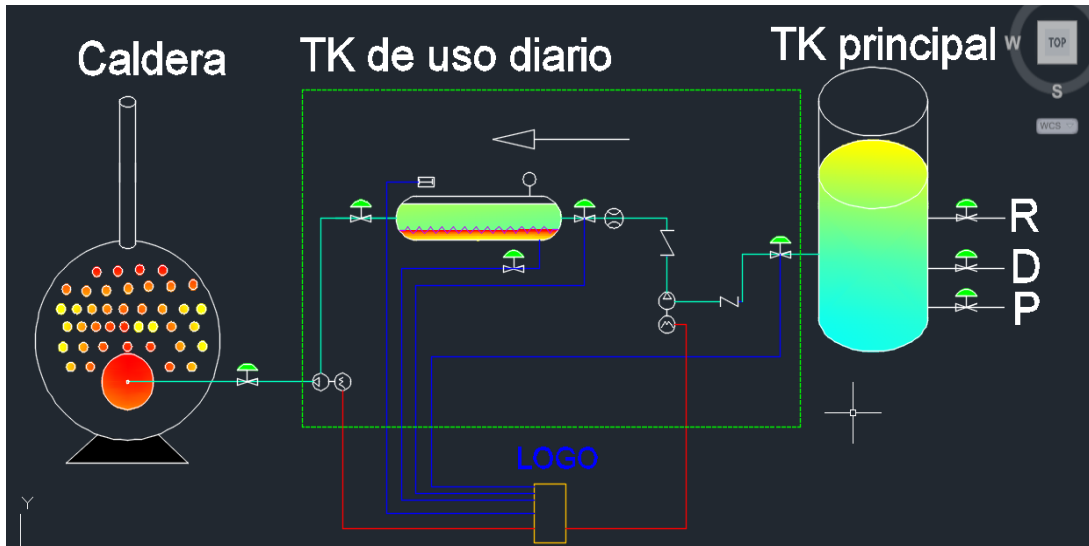
Así como para realizar su montaje de los accesorios de control para el tanque diario de abastecimiento a la caldera, tendremos en consideración los procedimientos establecidos por empresas de este rubro, ya que cualquier actividad está sujeta a los reglamentos de seguridad para actividades de hidrocarburos ver anexo n°1, en donde se evalúa las condiciones pertinentes para zonas ATEX.

Figura N° 24 Topología actual de tanque de almacenamiento de hidrocarburo líquido PI-6



Fuente: Administracion Empresa Jakro

Figura N° 25. Esquema representativo del proceso a diseñar para el trasiego



Fuente: Elaboración Propia

4.1. Cálculos para la instalación de aire comprimido

En este capítulo se desarrollará el procedimiento de cálculo las consideraciones de trabajo pertinentes, para poder realizar un diseño de instalación de aire comprimido y sus accesorios de trabajo según las fichas técnicas de los accesorios a emplear, para esta instalación de diseño de control de automatización de trasiego de hidrocarburo líquido PI-6 de abastecimiento a la caldera.

El diseño de dicha instalación, para el control de automatización se realiza en consideración para empleo de accesorios que se ajusten a:

- ❖ Minimización de riesgos de seguridad para personas y medio ambiente.
- ❖ Atmósferas explosivas bajo control.
- ❖ Temperaturas extremas bajo control.
- ❖ Control de fluidos agresivos y condiciones ambientales adversas.
- ❖ La directiva 2014/34/EU (Zona ATEX).
- ❖ Según norma ISO 8573.1 en cuanto a la calidad del aire se refiere.

4.2. Consideraciones para la elección de un compresor

Para este diseño de control de automatización con actuadores que emiten señal neumática, necesitamos la elección adecuada de un compresor de aire con la consideración que sea el más adecuado, para obtener un óptimo funcionamiento.

Existen muchos tipos de compresores de aire y cada uno está prediseñado para una producción y suministro de aire comprimido en su red de servicio, con la finalidad de cumplir satisfactoriamente las condiciones de los sistemas a operar.

Una de las principales consideraciones que debemos tener presente a la hora de elegir un compresor de aire es, si este es portátil o estacionario.

Hoy en día una gama de modelos y marcas, empresas de servicio, que ofrecen soporte, en sistemas neumáticos, así que realizaremos un estudio a detalle para una correcta elección, instalación de tuberías, unidades de mantenimiento, válvulas neumáticas, y finalmente el compresor de aire, para realizar el diseño de control de automatización en el tanque de hidrocarburo PI-6 que estamos elaborando en este diseño.

4.3. Diseño y dimensión

- Presión máxima, mínima y caudal requerido.
- Calidad de aire: debe suministrar un aire comprimido en lo más posible libre de agua y aceite, durante su puesta en servicio, Unidad de mantenimiento.
- Dimensionar pérdida en accesorios de red tendido de tuberías.
- Sobre dimensionado: para este control de automatización estamos considerando un porcentaje de 25% más el coeficiente de simultaneidad, sobre su presión nominal de trabajo, teniendo en consideración un crecimiento para estos sistemas.
- Características de instalación de los tableros de fuerza
- Marca conocida: debe ser una marca reconocida, en repuestos y mantenimiento.
- Selección por m^3 : la selección se efectuará en función a la producción, suministro a red y por HP del motor, en nuestro caso el compresor que necesitamos es de 07 bar; esto porque estos accesorios neumáticos trabajan con un rango de 06 a 09 bar, aproximadamente, para un sistema industrial, por la dimensión de nuestro sistema y capacidad de las válvulas a utilizar, el cual dimensionaremos más adelante.

Cálculo de consumo de Aire Requerido para Control Automático de Tanque de Hidrocarburo Líquido PI-6					
Accesorio de trabajo	Cantidad	Unidades (m)	Consumo nominal (l/m)	Velocidad Máxima (m/s)	Presión de trabajo (7 Bar)
Válvula neumática 3/2	2		400		
Válvula neumática diafragma	1		200		
Válvula tipo globo	1		200		
Factor de seguridad	25%		200		
Consumo total			1000		
Tendido de Tuberías					
Manifold		3		8	
Tuberías de Secundarias		60		8	
Tuberías de Servicio		7		14	

Fuente: Elaboración Propia

4.4. Cálculo de dimensiones de tuberías

Haciendo uso del modelo matemático basado en la fórmula de Renourd, procedemos a obtener los diámetros correspondientes para tuberías secundarias y tuberías de servicio.

$$P_a - P_b = \frac{C_{rc} * \rho_r * L_{equi} * Q^{1.82}}{2 * P_n * D^{4.82}}$$

Ecuación N° 4

Despejando:

$$D = \left\{ \frac{C_{rc} * \rho_r * L_{equi} * Q^{1.82}}{2 * P_n * \Delta P} \right\}^{1/4.82} = \left\{ \frac{3.47 * L_{equi} * Q^{1.82}}{\Delta P} \right\}^{0.21}$$

Pa y Pb: presiones absolutas en el origen y en el extremo (bar)

C_{rc}: coeficiente de Renouard cuadrático (igual a 48,60)

ρ_r: densidad relativa del gas

Q: caudal en Nm³/h

D: diámetro interior de la conducción en m/s

P_n: presión nominal (bar)

Encontramos los diámetros para las tuberías secundarias de los puntos (a) y punto (b). Con una caída de Presión de 2% de la presión de trabajo específica en el cuadro anterior, una longitud de 60 m, y un caudal de 1000 l/m = 60 m³/h. Para la tubería secundaria tenemos como resultado:

$$D = 22.18 \text{ mm}$$

Encontramos los diámetros para las tuberías de servicio de los puntos (a) y punto (b). Con una caída de Presión de 2%/3 = 0.047 bar de la presión de trabajo específica en el cuadro anterior, una longitud de 7 m, y un caudal de 20 m³/h. Para la tubería servicio tenemos como resultado:

$$D = 11.67 \text{ mm}$$

4.4.1. Calculo de pérdidas en tuberías secundarias

Accesorios empleados para el tendido de tuberías secundarias empleadas desde la sala del compresor hasta las mangueras flexible o tuberías de servicio.

Tabla N° 7. Longitud equivalente de elementos de conexión y accesorios

<i>Longitud equivalente de elementos de conexión y accesorios (m)</i>										
<i>Tipo de accesorio</i>	<i>Diámetro nominal tuberías</i>									
	<i>15</i>	<i>20</i>	<i>25</i>	<i>32</i>	<i>40</i>	<i>50</i>	<i>65</i>	<i>80</i>	<i>100</i>	<i>125</i>
Codo 90°	0,26	0,37	0,49	0,67	0,76	1,07	1,37	1,83	2,44	3,2
Curva 45°	0,15	0,18	0,24	0,38	0,46	0,61	0,76	0,91	1,2	1,52
Curva 180°	0,46	0,61	0,76	1,07	1,2	1,68	1,98	2,6	3,66	4,88
Válvula de esfera	0,76	1,07	1,37	1,98	2,44	3,36	3,96	5,18	7,32	9,45
Válvula de compuerta	0,107	0,14	0,18	0,27	0,32	0,4	0,49	0,64	0,91	1,2
T estándar paso recto	0,12	0,18	0,24	0,38	0,4	0,52	0,67	0,85	1,2	1,52
T estándar paso angular	0,52	0,7	0,91	1,37	1,58	2,14	2,74	3,56	4,88	6,4

Fuente: E.T.S Ingenieros industriales universidad de Sevilla.

Tabla N° 8. Accesorios empleados en tuberías secundarias

Accesorios empleados en tuberías secundarias			
T paso texto	Codos de 90°	válvulas de bola (paso)	codo 18°
3	6	3	2

Fuente: Elaboración propia.

Con toda esta longitud de equivalencia en pérdidas de presión por fricción tenemos, para un diámetro de 25" medida comercial.

$$\text{Lequivalente} = 67.79$$

4.4.2. Cálculo de pérdidas en tuberías de servicio.

Accesorios empleados para el tendido de tuberías servicio empleadas desde las tuberías secundarias hasta las válvulas neumáticas de trabajo.

Tabla N° 9. Accesorios empleados en tuberías de servicio

Accesorios empleados tuberías de servicio			
TE estándar paso recto	Válvula de esfera	válvulas de bola (paso)	unidad (mmt)
5	3	2	1

Fuente: Elaboración propia.

Con toda esta longitud de equivalencia en pérdidas de caída de presión por fricción tenemos, para un diámetro de 3/8" medida comercial.

$$\text{Lequivalente} = 42.08$$

4.4.3. Caída de presión

Con estas nuevas longitudes equivalentes y con los diámetros calculados anteriormente, ahora comprobamos si se cumplen los criterios máximos de la caída de presión y la velocidad de para las tuberías y válvulas neumáticas.

$$\Delta P = \frac{C_{rc} * \rho_r * L_{equi} * Q^{1.82}}{2 * P_n * D^{4.82}}$$

Ecuación N° 5

Despejando la fórmula de Renouard, ahora encontramos la variación de la Presion en las tuberías secundarias.

$$\Delta P = 3.47 \frac{L_{equi} * Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

$$\Delta P = 3.47 * 68 * 60^{1.82} / 25^{4.82}$$

$$\Delta P = 0.074 \text{ bar}$$

Despejando la fórmula de Renouard, ahora encontramos la variación de la presión en las tuberías de servicio:

$$\Delta P = 3.47 \frac{L_{equi} * Q^{1.82}}{D^{4.82}}$$

$$\Delta P = 3.47 * 42 * 6.5^{1.82} / 10^{4.82}$$

$$\Delta P = 0.05 \text{ bar}$$

$$\Delta P_{ser} = \sum_{i=1}^4 \Delta P = 4 * 0.05 = 0.2 \text{ bar}$$

Ecuación N° 6

$$\Delta P_{pri} = \Delta P_{sec} + \Delta P_{ser} = 0.2 + 0.074 = 0.274 \text{ bares} < 0.7 \text{ bar}$$

Ecuación N° 7

Por lo tanto, este resultado es menor que la pérdida de toda la red estimada de un 10%.

4.5. Cálculo velocidad

4.5.1. Velocidad en tubería principal y secundaria

En lo concerniente a la velocidad máxima permisible para en el Manifold, tubería secundaria y de servicio tenemos los siguientes resultados.

Velocidad para en la tubería secundaria.

$$\Delta P = \frac{C_{Rc} \cdot \rho_r \cdot L_{equ} \cdot Q^{1.82}}{2 \cdot P_n \cdot D^{4.82}}$$

$$v = \frac{354 \cdot Q \cdot Z}{P_n \cdot D^2}$$

Ecuación N° 8

con $Z \approx 1$ para el aire.

$$v = \frac{354 \cdot Q \cdot Z}{P_n \cdot D^2} = 50.57 \cdot \frac{Q}{D^2}$$

$V = 50.57 \cdot 60/25^2 = 4.85\text{m/s}$; es menor que factor de seguridad 8m/s.

4.5.2. Velocidad en tubería de servicio

Velocidad para en la tubería de servicio, no debe superar lo establecido en el cuadro anterior por temas operatividad del accesorio.

$$v = \frac{354 \cdot Q \cdot Z}{P_n \cdot D^2} = 50.57 \cdot \frac{Q}{D^2}$$

$V = 50.57 \cdot 20/10^2 = 10.12\text{m/s}$; es menor que factor de seguridad 4m/s.


Tabla N° 10. Tamaños de tubos recomendados para la transmisión de aire comprimido a una presión de 80 a 125 psi manométrica

Volumen de aire CFM	Longitud de Tubo - FT				
	20-200	200-500	5000-1000	1000-2500	2500-5000
	Tamaño Nominal Del Tubo en, PUL.				
30-60	1"	1"	1-1/4"	1-1/2"	1-1/2"
60-100	1"	1-1/4"	1-1/4"	2"	2"
10-200	1-1/2"	1-1/2"	2	2-1/2"	2-1/2"
200-500	2"	2-1/2"	3	3-1/2"	3-1/2"
500-1000	2-1/2"	2	3-1/2"	4	4-1/2"
1000-2000	2-1/2"	4	4-1/2"	5"	6"
2000-4000	3-1/2"	5"	6"	8"	8"
4000-8000	6"	8"	8"	10"	10"

Fuente: Método, planeamiento y equipos de protección

Con los resultados obtenidos anteriormente y tras evaluar diversas fichas técnicas de distintos fabricantes se opta por instalar un compresor con las siguientes características.

Tabla N° 11. Especificaciones y selección del compresor adecuado

	Especificaciones y Selección del Compresor Adecuado							
	Motor HP/kW	Capacidad ACFM/M ³ /MIN	Presión Máxima PSIG/BAR	dBA Con protector/Sin protector	Dimensiones			Peso (Lb/Kg)
					Longitud (in/mm)	Ancho (in/mm)	Altura (in/mm)	
Modelo-ES-6 7.5H	7.5/5.5	28/79	125/8.6	69/82	33/838	21 3/4 - 553	19 1/2 - 495	300/136
Características del Motor								
Velocidad Síncrona	1800 rpm							
Voltaje	220/460 3-fases							
Filtro separador	05ppm Max							

Fuente: Especificaciones técnicas de compresor SULLAIR.

4.6. Instalaciones neumáticas

Dependiendo que tan crítico es un sistema neumático se hacen las instalaciones de tendido de tuberías, las cuales pueden ser red abierta red cerrada como mostraremos a continuación.

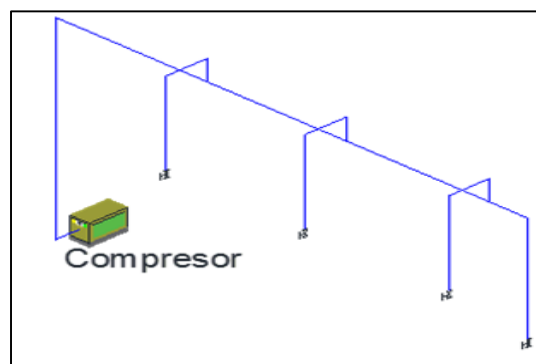
Red de tendido de tuberías abierta:

- Este tipo de instalaciones de tendido de tuberías, la cual consiste en una sola tubería principal con sus troncales para administrar servicio a los equipos requeridos por producción.

Debería considerarse como he podido observar en ciertas plantas industriales, dejar una troncal con válvula para cualquier instalación futura, y así evitar paradas de producción por alguna conexión de equipo nuevo.

- Adicionalmente a esto las tuberías de tendido de aire comprimido deben ser instaladas con 1 a 2% de inclinación, esto porque, absolutamente toda instalación de aire transporta cierto porcentaje de humedad, la cual se evacua por los acumuladores de agua instalados en ciertos tramos de la instalación, y al inicio de cada sistema neumáticos por las unidades de mantenimiento, de las cuales enunciaremos más adelante.
- Al momento de realizar el tendido de tuberías tenemos que coordinar con el departamento de mantenimiento para, para ubicar específicamente los puntos de suministro de aire, teniendo en consideración, el caudal, las presión y calidad requerida.
- Procurar que el tendido de tuberías sea lo más recta posible, esto con la finalidad de evitar pérdidas de carga en accesorios como: codos, T, válvulas, etc.

Figura N° 26. Red de tendido de tuberías abierta

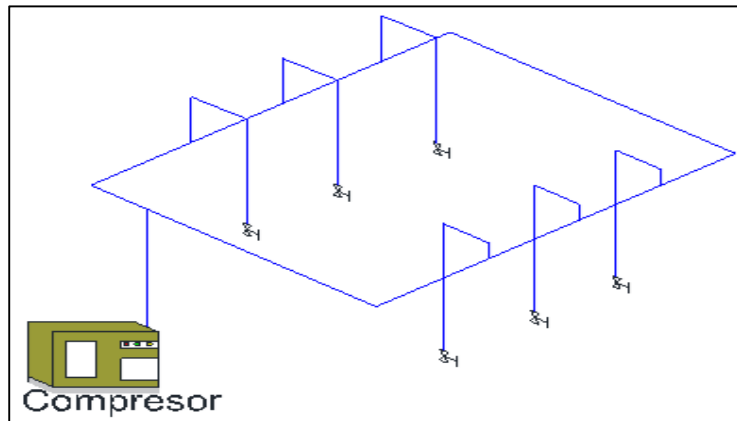


Fuente: Elaboración propia.

Red de tendido de tuberías cerrada:

La instalación de tendido de tuberías cerrada tiene un costo más elevado a diferencias de la abierta, facilita los trabajos de mantenimiento, pero tiene algunas desventajas como la falta de dirección del flujo constante, ya que en algún punto de la red dependerá más consumo.

Figura N° 27. Red de tendido de tuberías cerrada



Fuente: elaboración propia.

4.6.1. Topología del control electroneumático en el tanque de almacenamiento

Figura N° 28. Diagrama espacio-fase para el control electroneumático diseñado

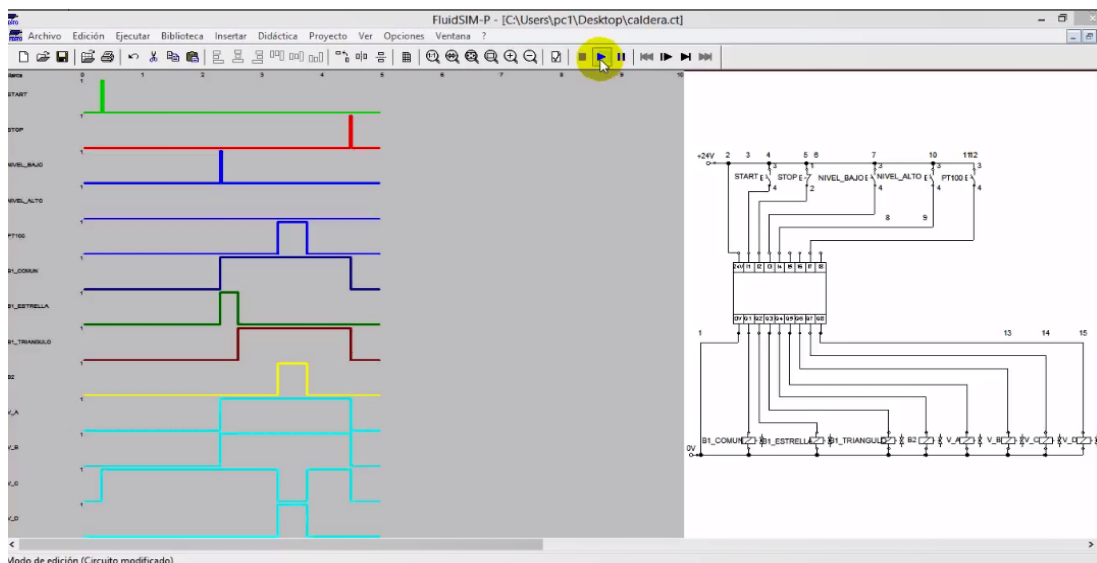
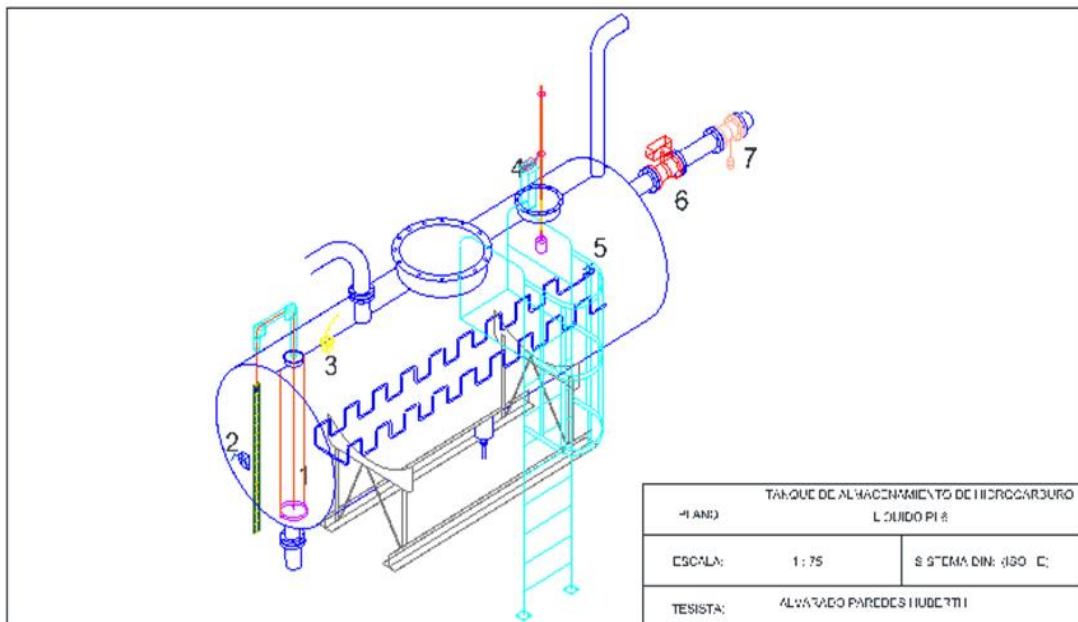


Figura N° 29. Diseño de accesorio para control de automatización de tanque de abastecimiento de hidrocarburo líquido PI-6 a caldera



Fuente: elaboración propia.

Leyenda:

1. Control de Nivel de líquido.
2. Sensor de temperatura PT-100.
3. Sensor de seguridad de nivel.
4. Válvula neumática 3/2.
5. Válvula tipo globo para vapor de acción neumática.
6. Válvula de apertura neumática de un cuarto de vuelta.
7. Flujómetro.

(Especificaciones técnicas, ver anexo N°10)

4.6.2. Normalización para accesorios neumáticos antideflagrantes para el control del hidrocarburo líquido PI-6

Para una disponibilidad, seguridad y fiabilidad óptimas de las instalaciones petroquímicas, los requerimientos de los componentes empleados en la industria son especialmente altos. Para este estudio utilizaremos una gama de accesorios y mundialmente certificados los cuales cuentan con productos adecuados con una alta resistencia a la corrosión y protección contra la explosión; estos accesorios están certificados.

Figura N° 30. Patentes de certificación para productos antideflagrantes



Fuente: elaboracion propia.

Como consecuencia del nuevo marco legislativo, la directiva ATEX 94/9/CE se ha sustituido por la 2014/34/EU. Esta directiva reúne las diversas normas nacionales antes vigentes en la UE y tiene la finalidad de garantizar un nivel de seguridad homogéneo y evitar trabas comerciales.

Además, la directiva 2014/34/EU amplía las disposiciones contenidas en las normas anteriores. Desde que entró en vigor la directiva, también los equipos no eléctricos (por ejemplo, actuadores neumáticos) requieren homologación.

Actualmente puede elegir entre 7700 productos de FESTO certificados para las correspondientes categorías de protección contra explosión.

- ❖ Minimización de riesgos de seguridad para personas y medio ambiente
- ❖ Atmósferas explosivas bajo control
- ❖ Temperaturas extremas bajo control
- ❖ Control de fluidos agresivos y condiciones ambientales adversas

En resumen, para la elaboración de este estudio tenemos que considerar, los accesorios certificados para uso de atmosferas explosivas ATEX, ya que nuestro sistema de automatización y control consiste en operar de manera confiable las actividades con hidrocarburos y así aumentar la productividad, seguridad y fiabilidad con los recursos específicos parara nuestros equipos (tanques de almacenamiento de hidrocarburos).

4.7. Identificación y selección de bridas

Las bridas son accesorios destinados para unir o ensamblar, facilitar el montaje de tuberías, bombas, manifold, estructuras, equipos en general que formen parte de un proceso. Las uniones de estas bridas son mediante pernos según las dimensiones de

las bridas. Modelos más comerciales en la industria metal mecánica: Welding Neck (brida con cuello); Slip On (brida deslizable para soldar); Blind (brida ciega); Lap Joint (brida con traslape); Threaded (brida roscada); Socket weld (para soldar embutido).

Aplicaciones más utilizadas en industrias:

- Redes de aire comprimido.
- Redes de vapor, condensado.
- Oleoductos de gas en general.
- Redes de sistemas contra incendios.
- Redes de instalaciones de hidrocarburos.

4.7.1. Selección de una Brida

- Modelo de acuerdo a la aplicación.
- Presión a la cual está sometida durante el trabajo.
- fabricación y materiales.
- Normas de fabricación, dimensiones y tolerancias.

Tabla N° 12. Selección de bridas según su presión nominal

Selección de Bidas Según su Presión Nominal			
Norma - ASME/ANSI - (psi)		Norma - DIN (bar)	
Clase	150	PN	6
Clase	300	PN	10
Clase	400	PN	16
Clase	500	PN	25
Clase	600	PN	40
Clase	900	PN	64
Clase	1500	PN	100
Clase	2500	PN	250
		PN	400

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 5. RESULTADOS

5.1. Sistema de control de trasiego

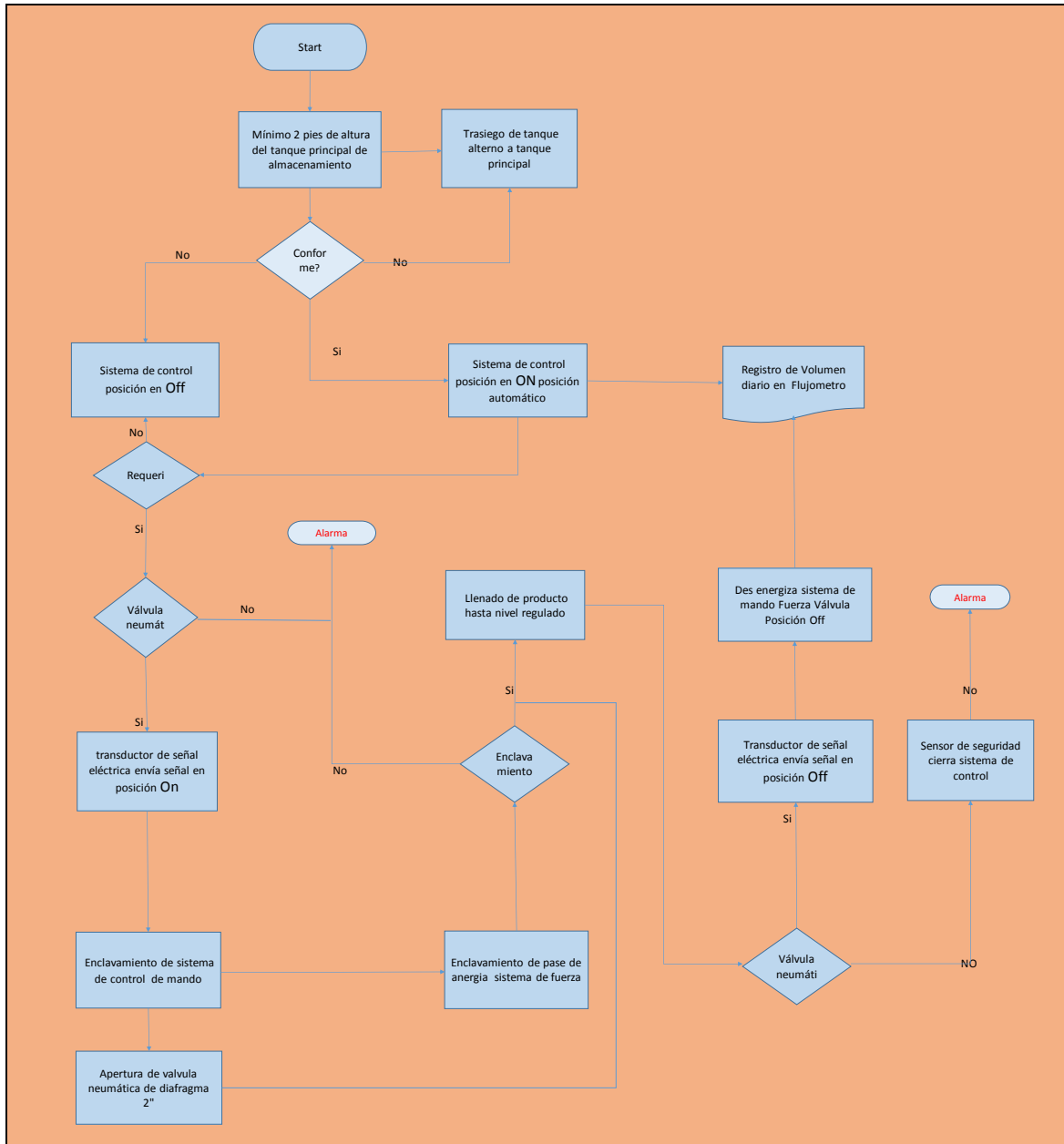
Para dar inicio al proceso de trasiego desde el tanque principal de almacenamiento, se empezó con la descarga desde el buque carguero, con el procedimiento anteriormente mencionado. Adicionalmente a esto el tanque principal de abastecimiento que contiene el hidrocarburo líquido PI-6 debe contener como mínimo 2 pies de altura de este producto, y la lectura en su termómetro tipo reloj, una temperatura como mínimo en la escala de 120 F, para así abastecer al tanque diario de la caldera.

El tanque de abastecimiento a la caldera debe encontrarse en un nivel de requerimiento de producto. La posición en la que se encuentre la varilla debe ser en la regulación más baja, a esa altura se encuentra el disco, que hace contacto con el sensor del final de carrera neumático. Una vez que el disco acciona el sensor neumático, este envía señal neumática al tablero de control, donde esta se transforma en señal eléctrica para enviar señal a la válvula de tipo diafragma ubicada a la entrada del tanque diario de abastecimiento a la caldera.

5.2. Diagrama de flujo del sistema de control de trasiego y topología.

En base al estudio de campo, se propone el siguiente diagrama, donde se presentan los procesos involucrados en el sistema automatizado propuesto. Cabe mencionar que en él se muestran todos los requerimientos de mando y fuerza necesarios para el desarrollo de la aplicación propuesta.

Figura N° 31. Diagrama de flujo sistema de trasiego automático de hidrocarburo líquido PI-6 para caldera



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 32. Diagrama de bloques del lazo de control automático de precalentado de búnker

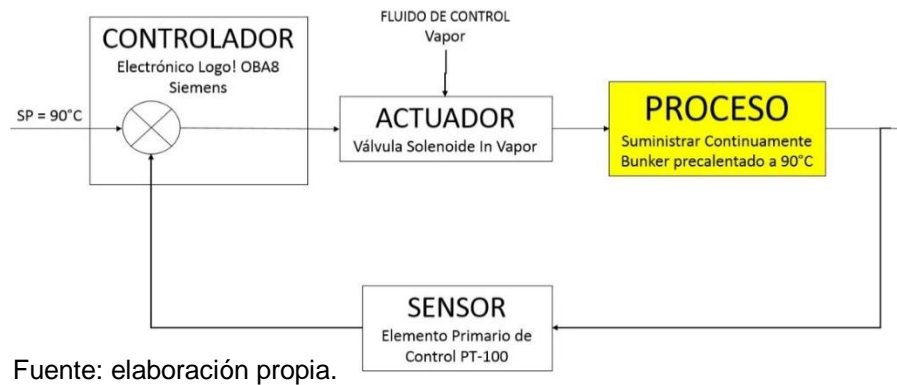


Figura N° 33. Diagrama de bloques del lazo cerrado de control automático de llenado de tanque precalentador

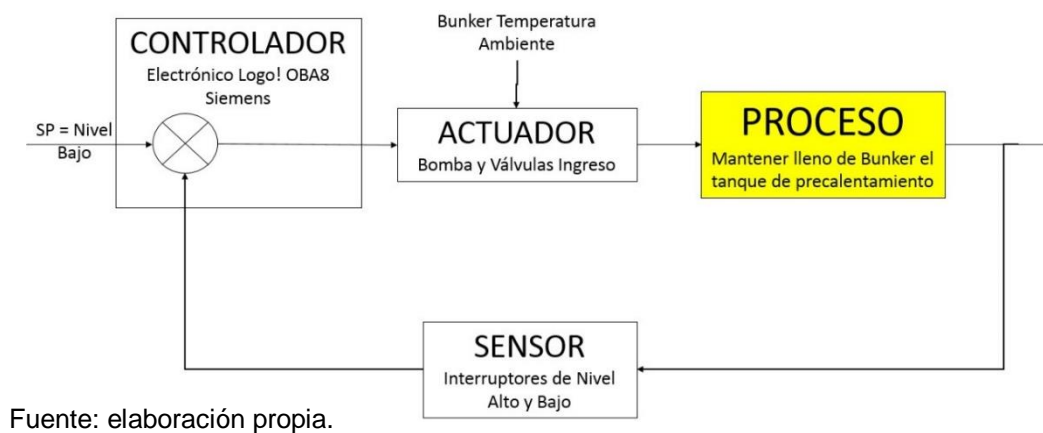
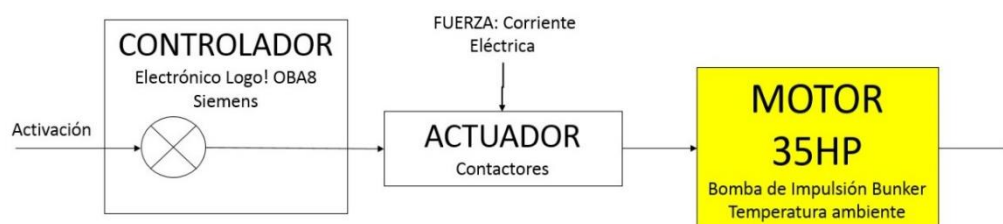


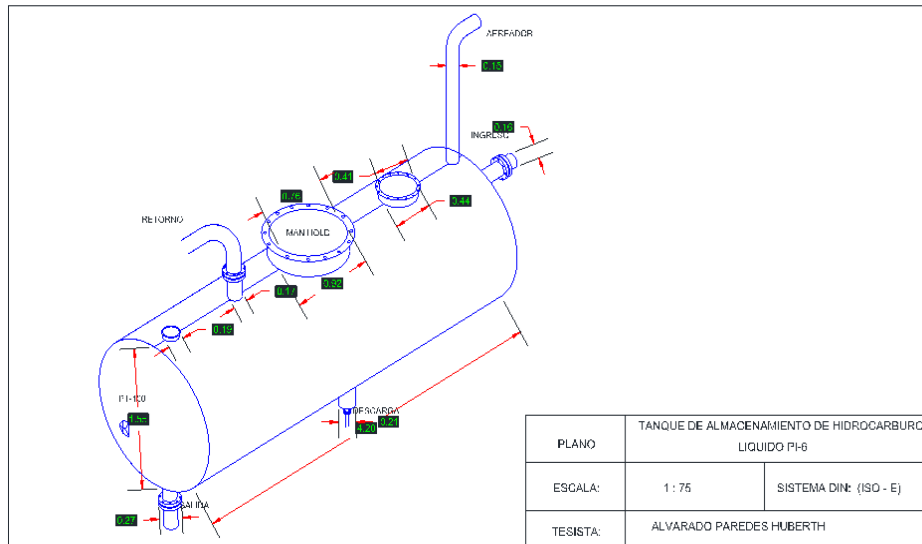
Figura N° 34. Diagrama de bloques del lazo abierto de control automático de arranque estrella-triángulo bomba impulsión búnker 35HP



5.3. Diseño de componentes mecánicos.

Partiendo de la disposición inicial, tal y como se encontró la instalación, se levantó la data necesaria para plantear el diseño.

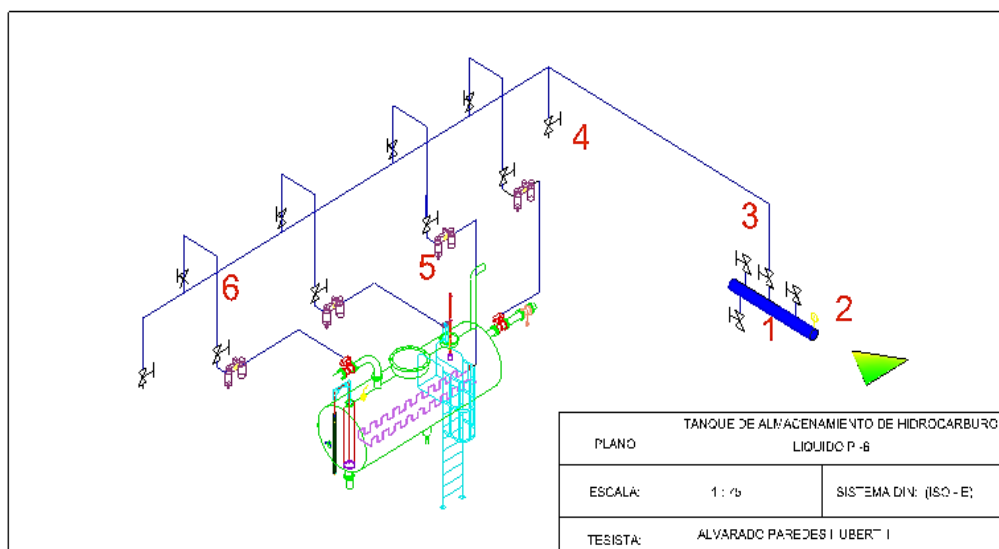
Figura N° 35. Dimensiones de tanque de almacenamiento de hidrocarburo líquido PI-6



Fuente: elaboración propia.

A continuación, se presenta el esquema de instalación electroneumática propuesta:

Figura N° 36. Esquema de montaje de instalación electroneumática

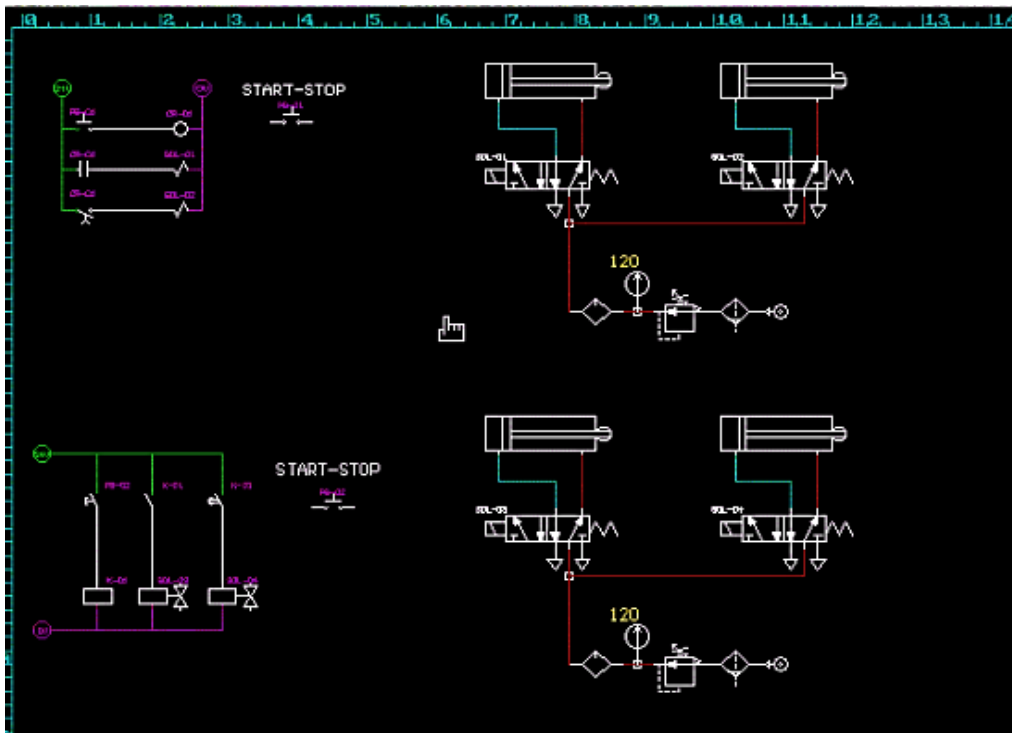


Fuente: elaboración propia.

5.4. Diseño de componentes eléctricos y electro neumáticos.

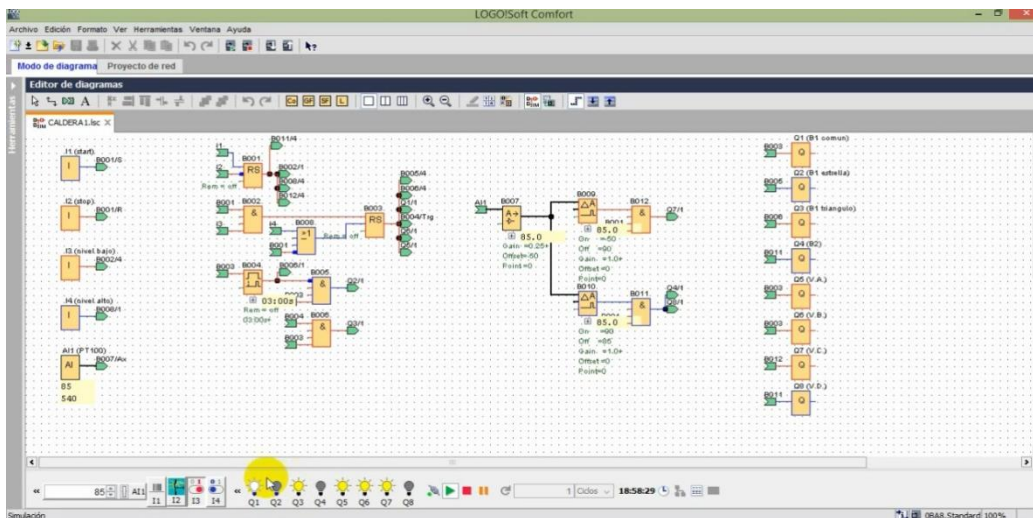
Usando software de simulación y diseño, se realizaron los esquemas de mando y fuerza eléctricos y electro neumáticos, que son presentados en las siguientes figuras.

Figura N° 37. Esquema electro neumático propuesto



Fuente: elaboración propia.

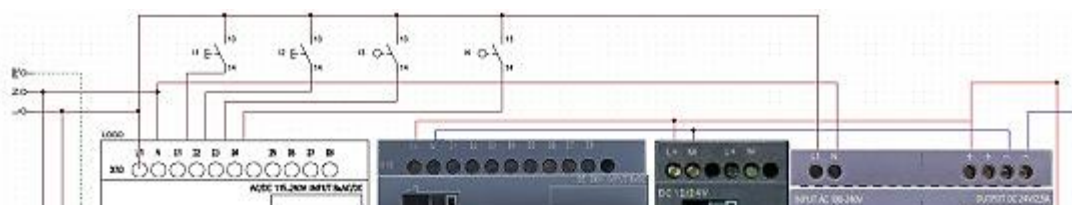
Figura N° 38. Programación Logo!



Fuente: elaboración propia.

Figura N° 39. Esquemas de arranque λ - Δ para bomba de PI-6 35 HP con Logo!

Alvar



Fuente: elaboración propia.

5.5. Dimensiones requeridas por los componentes de la instalación.

A continuación, se presentan los valores calculados en el capítulo anterior, para la instalación, según el requerimiento y tipo de componente. Y en la tabla N° 13, los componentes necesarios para la instalación, según presupuesto.

Consumo nominal de aire: 1 000 l/m

Tuberías de servicio: 7 m a 8 m/s – Ø 7/8”

Tuberías secundarias: 60 m a 14 m/s – Ø 7/16”

Manifold: 3 a 8 m/s

Compresor seleccionado: (ver tabla N° 11).

Tipos de bridas seleccionadas: clase 1500 (tabla N° 12).

Presupuesto instalación control electroneumático de tanque de almacenamiento de hidrocarburo liquido PI-6						
Item	Descripción del recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad	Precio (S/.)	Parcial (S/.)
MANO DE OBRA						
0001	Supervisor	hh	1	1.33	17.0	362.7
0002	Operario	hh	1	1.33	15.0	320.0
0003	Oficial	hh	1	1.33	13.0	277.3
0004	Peon	hh	2	2.67	9.0	384.0
MATERIALES						
Accesorio par el sistema neumático de mando						
0005	Válvula Neumática 3/2	un		2.00	120.0	240.0
0006	PLC Logos	un		1.00	1100.0	1100.0
0007	Tablero de mando	un		1.00	600.0	600.0
0008	Sensor óptico	un		1.00	300.0	300.0
0009	válvula de cuarto de vuelta 2" acción neumática	un		1.00	1500.0	1500.0
Accesorio par el control de temperatura						
0010	Termoresistencia PT-100			1.00	450.0	
0011	Controlador de temperatura	un		1.00	500.0	500.0
0012	Válvula de Diafragma 2"	un		1.00	1000.0	1000.0
0013	Plancha 20 x 30 x 3/16"	cm		50.00	0.2	10.0
Accesorios para el sistema control de nivel						
0014	Indicador de nivel de liquido	Jgo		1.00	300.0	300.0
0015	Tubería roscada de 1"	un		3.00	9.0	27.0
Accesorios para el sistema de generación de aire comprimido						
0016	Compresor	un		1.00	6000.0	6000.0
0017	Unidad de mantenimiento (F-R-L)	un		4.00	125.0	500.0
0018	Tubo de galvanizado de 1"	m		60.00	12.0	720.0
0019	Tubo galvanizado de 1/2"	m		7.00	35.0	245.0
0020	Válvulas de bola 1"	un		1.00	48.0	48.0
0021	Válvulas de bola 1/2"	un		1.00	38.0	38.0
0022	Manguera flexible	m		20.00	8.0	160.0
0023	T recta 1/2"	un		1.00	25.0	25.0
0024	Codo 1" 180°	un		1.00	25.0	25.0
0025	Codo 1" 90°	un		1.00	25.0	25.0
EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
0026	Herramientas manuales	%mo		6.00	134.4	806.4
0027	Maquina de soldar	hm	2	2.67	80.0	213.3
0028	Amoladora	hm	3	4.00	9.0	36.0
0029	Taladro	hm	3	4.00	6.0	24.0
0030	Equipos CI	%mo		5.00	26.9	134.4
Sub total						S/. 15,921.13
Porcentaje de utilidad				10%	1592.1	1592.1
Gasots Administrativos				3%	477.6	477.6
TOTAL					S/. 17,990.88	

Fuente: elaboración propia.

5.6. Análisis VAN y TIR.

En la siguiente tabla, se presenta el análisis financiero de la propuesta.

Tabla N° 14. Análisis financiero de la propuesta

VAN Y TIR Inversion de Control Automatico de Tanque de Almacenamiento de Hidrocarburo				
Año	Costes de Inversion	Costes de capacitacion y mantenimiento	Beneficio	Ingresos Netos
0				-17990.9
1		-2500	4500.00	2000.0
2		-1000	4500.00	3500.0
3		-1000	4500.00	3500.0
4		-1000	9000.00	8000.0
5		-1000	9000.00	8000.0
			TIR	10%
			VAN	2961.7451

Fuente: elaboración propia.

CAPÍTULO 6. DISCUSIÓN

Tal y como lo fundamenta Tocado (2007) y con base en los resultados obtenidos, se puede afirmar que efectivamente, la propuesta planteada en el estudio, cumple con los requisitos mínimos para su implementación; asimismo, la instrumentación, valvulería y accesorios presentadas en aquella investigación, cumplen con los estándares aplicables, según leyes, reglamentos y normas.

El sistema automático planteado recoge los principios básicos de la automatización industrial, cumpliendo con los objetivos elementales de este tipo de sistemas: reciben información durante el proceso, la analizan, la organizan y la controlan para optimizar el proceso de trasiego de hidrocarburo líquido PI-6 los recursos de producción; lo afirmado encuentra respaldo también en los trabajos de Cepeda y Venegas (2005) y Acuña, Bolívar y Ramírez (2014).

En un contexto general, representa una automatización parcial desde el enfoque sistémico de la planta pero que, a través del presente estudio, evidencia un potencial incremento de la productividad, la reducción de costos operativos e incremento de la seguridad en dicho proceso, así como la optimización del recurso humano.

Asimismo, plantea una significativa mejora los aspectos relacionados al control de los procesos de supervisión. Tal y como se plantea en el marco teórico y como se plantea en la justificación, el presente estudio se ha basado en plantear mejoras respecto de las estrategias operativas y está alineada a la política y a los objetivos de la empresa, incluidos los aspectos financieros inherentes a este tipo de inversión, así como aquellos asociados al cuidado medio ambiental, según lo propuesto por Díaz Gratelly (2009) y Olazábal y Tejada (2014).

CONCLUSIONES

Culminado el estudio, se puede concluir que el sistema propuesto para automatizar la alimentación de combustible PI-6 a la caldera en planta terminal de la Región La Libertad, satisface las expectativas y las especificaciones planteadas según las necesidades operativas, logrando que el sistema propuesto cumpla determinados parámetros operativos de manera autónoma y evitando situaciones que conlleven derrames y/o descuidos por parte de los operadores.

Para ello, se analizaron los procesos al detalle, llegando a determinar cuáles eran dichos requerimientos tanto del proceso de mando como de fuerza para la instalación propuesta. Todo ello enmarcado en la aplicación de la neumática, que fue la premisa dado que por las características de inflamabilidad de la sustancia, impedía el uso de elementos y/o dispositivos eléctricos, lo que representaría un peligro. Estos requerimientos se especificaron directamente de la toma de datos in situ, llegando a determinar un flujo de 40-100 gal/min necesarios de combustible, 3,000 gal como volumen máximo de almacenamiento del tanque y las longitudes de conductos so 100 mts, necesarios para su disposición. Los requerimientos de fuerza se asociaron al caudal de aire necesario para el accionamiento de los dispositivos (6 a 8 bares), llegando a determinar que dicho caudal debería ser proporcionado por un compresor de tornillo y el cual hemos obtenido las siguientes especificaciones técnicas ver tabla 11.

Se diseñó y determinó la instalación y cada uno de los componentes, los cuales se detallan en el capítulo 4. Se debe hacer especial mención en el hecho de que los componentes fueron seleccionados según las características detalladas en los respectivos catálogos de marca, siendo determinante la característica ignífuga del dispositivo.

El dimensionamiento de cada componente se determinó según los requerimientos operativos y las exigencias propias de su operación. Dado que el flujo para los sistemas de mando oscila según el estándar de 6 a 8 psi, el mayor problema se concentró en la determinación de la presión para cada componente, llegando a establecer un rango de 60 a 130 psi, para el dispositivo de menor al dispositivo de mayor consumo.

Se determinó, según análisis financiero, que los valores de VAN y TIR son de 10% y S/ 2 961,70, respectivamente, para un horizonte de 5 años. Ello demuestra que la propuesta es viable y económicamente rentable.

RECOMENDACIONES

Se recomienda revisar los otros sistemas que conforman las instalaciones de la planta terminal De la Región La Libertad, a fin de buscar otros procesos que puedan ser automatizados y que complementariamente, ayuden a convertir poco a poco a la planta en totalmente automatizada.

Asimismo, debido al resurgimiento de nuevas tecnologías, se recomienda continuar investigando nuevos dispositivos de mayor precisión y/o calidad, a fin de garantizar que los componentes del sistema garanticen un desempeño eficiente y efectivo.

En cuanto a la seguridad, se recomienda realizar un plan de contingencias que complemente el presente estudio y sirva como derrotero para la actuación de los responsables, tanto operativos como legales, en lo referente a la automatización planteada, por ser exigencia de Ley.

Finalmente, se conmina a otros investigadores a plantear alternativas a la propuesta del presente estudio, siempre en el marco de la factibilidad técnica y financiera de la empresa.

REFERENCIAS

Olazábal Trejo, S. V. & Tejada Neira, D.A. (2014). Diseño de un sistema automático e instrumentación para la planta de almacenamiento y despacho de petróleo de la empresa Olympic Perú - Piura. Trujillo, Perú. Obtenido del Repositorio de la Universidad Privada Antenor Orrego:

<http://repositorio.upao.edu.pe/handle/upaorep/647>

Acuña Solís, A.; Bolívar Retana, L.F. & Ramírez Brenes, J.A. (2014). Diseño mecánico del sistema de trasiego y selección de la tecnología de almacenamiento para una terminal de importación costera de gas natural licuado (GNL) en Costa Rica. San Pedro, Montes de Oca, Costa Rica. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad de Costa Rica:

<http://www.kerwa.ucr.ac.cr/handle/10669/29067>

García Gutiérrez, L. (2014). Instrumentación básica de medida y control. Asociación española de Normalización y Certificación – AENOR, España.

Domínguez Cerdeira, J. M. & otros (2013). Guía básica de calderas industriales eficientes. Gráficas Arias Montano, S.A: Madrid, España. Obtenido de:

<https://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-basica-calderas-industriales-eficientes-fenercom-2013.pdf>

Díaz Gratelly, H. (2009). Proyecto de instalación de una planta de gas licuado de petróleo en la ciudad de Tingo María. Lima, Perú. Obtenido del Repositorio Institucional de la Universidad Nacional de Ingeniería:

<http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/918>

Ebel, F. & otros (2008). Fundamentos de la técnica de la automatización. Festo Didactic GmbH & Co: Alemania.

Tocado Orviz, M. (2007). Automatización de un proceso industrial de una empresa del sector químico. Universidad Rovira i Virgili, España. Obtenido de:

https://kipdf.com/automatizacion-de-un-proceso-industrial-de-una-empresa-del-sector-quimico_5ab5dab51723dd419ce57063.html

Deppert, W. & Stoll, K. (2007). Aplicaciones de la neumática. Ed. Marcombo: España.

ATLAS COPCO. (2007). Aplicaciones de la neumática. Ed. Marcombo: España.

AUTOMATIZACIÓN MICROMECAÁNICA S.A.I.C. (2006). Automatización electroneumática industrial. www.micro.com.ar: Argentina. Obtenido de:

<http://www.microautomacion.com/capacitacion/Manual051AutomatizacinElectroneumticaIndustrial.pdf>

SERVICIOS SECCA C.A. (2005). Instrumentación industrial para técnicos de plantas de proceso de petróleo y gas. www.secca.com.ve: Venezuela. Obtenido de:

<https://es.scribd.com/document/64241096/CURSO-INSTRUMENTACION>

Cepeda Tafur, J.L. & Venegas López C.A. (2005). Automatización y control de un sistema de calibración y medición de flujo de petróleo en la estación central del campo Shushufindi. Sangolquí, Ecuador. Obtenido del Repositorio de la Universidad de las Fuerzas Armadas ESPE:

<http://repositorio.espe.edu.ec/handle/21000/588?locale=de>

Hesse, S. & otros (2002). Aire comprimido fuente de energía. Preparación y distribución. Festo AG & Co: Alemania.

Enríquez Harper, G. (2000). El ABC de la instrumentación en el control de procesos industriales. Ed. LIMUSA: Mexico.

KOHAN, A.L. (2000). Manual de calderas. Principios operativos de mantenimiento, construcción, instalación, reparación, seguridad, requerimientos y normativas. McGraw-Hill S.A./Interamericana de España: España.

ANEXOS

ANEXO n° 1 Relamento de seguridad para las actividades hidrocarburos.

http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Reglamento%20de%20Seguridad%20para%20las%20Actividades%20de%20Hidrocarburos%20y%20modificaci%C3%B3n%20de%20diversas%20disposiciones.pdf

ANEXO n° 2 Regalmento de seguridad de almacebnmoiento de hidrocarburos.

http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Decreto%20Supremo%20N%C2%BA%20052-93-EM.pdf

ANEXO n° 3 Reglamento para la comercializacion de combustibles liquidos y otros derivados de los hidrocarburos.

<http://www.osinergmin.gob.pe/newweb/uploads/GFH/SCOP-DOCS/Archivos-SCOP/DS-045-2001-EM.pdf>

ANEXO n° 4 Reglamento de seguridad e integridad de ductos.

<http://www2.osinerg.gob.pe/MarcoLegal/docrev/DS-081-2007-EM-CONCORDADO.pdf>

ANEXO n° 5 Reglamento para la proteccion ambiental en las actividades de hidrocarburos.

http://www.osinergmin.gob.pe/seccion/centro_documental/PlantillaMarcoLegalBusqueda/Reglamento%20para%20la%20protecci%C3%B3n%20Ambiental%20en%20las%20Actividades%20de%20Hidrocarburos.pdf

ANEXO n° 6 Reglamento de seguridad para el trasnporte de hidrocarburos.

http://www.isem.org.pe/portal/files/recurso/legislacion/Seguridad_transporte_de_HC_ds26-94.pdf

ANEXO n° 7 – Hoja de Seguridad Seguridad de Materiales PI-6

<https://www.petroperu.com.pe/archivos/HojaDatosSeguridadPI6-dic2013.pdf>

ANEXO n° 8 - Noma NFPA - 704

file:///C:/Users/User/Downloads/704_FAQs.pdf

ANEXO n° 9 Indicador de Nivel Marca Varec. Normativas Y sus Aplicaciones.

http://www.tankgauging.com/_docs/manuals/IOM002_6700.pdf

<https://www.varec.com/docs/Certificates/FM16ATEXQ0117%20-%201.pdf>

<https://www.varec.com/docs/Certificates/NQA%20ISO%2090012015%20Cert.pdf>

https://www.varec.com/docs/Certificates/ITMS_646193.pdf

ANEXO n° 10 controlador de temperatura Aplicaciones y su Normativa.

<http://ergiocontroles.com/producto/instrumento-de-medicion-y-control/honeywell-dc1010/>

ANEXO n° 11 Sensor Óptico Marca Varec y Normativa y si Instalación.

<http://www.opwglobal.com/docs/libraries/sales->

[literature/transportation/civacon/civacon/civastar-sensor-sell-sheet.pdf?sfvrsn=12](http://www.opwglobal.com/docs/libraries/sales-literature/transportation/civacon/civacon/civastar-sensor-sell-sheet.pdf?sfvrsn=12)

<http://www.opwglobal.com/docs/libraries/product-catalog/transportation/civacon/civacon-electrical-catalog.pdf?sfvrsn=8>

ANEXO n°Medidor de flujo Normativa y sus Aplicaciones

http://www.spiraxsarco.com/global/ar/Products/Documents/Medidor_de_caudal_GILFLO_ILVA-Cat%3%A1logos.pdf

http://www.spiraxsarco.com/global/cl/Products/Documents/Unidad_de_tuber%3ADa%20_Gilflo_ILVA_Informaci%3Bn_de_seguridad_adicional.pdf

GLOSARIO:

Instalaciones de compresores:

<https://marcelocassani.wordpress.com/2011/02/02/disenoinstalacionesdeaire/#comment-7400>

Selección de bridas

<http://www.jhg.cl/desarrollo/ecometales/biblioteca/Flanges.pdf>

OEFA: Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental.

API: American Petroleum Institute – Instituto Americano del Petróleo.

RAD: Unidad de absorción de energía.

ATEX: ATmosphère EXplosible – Atmósfera explosiva.

ASTM: American Society for Testing and Materials.

ASME: American Society of Mechanical Engineers.

ANSI: American National Standards Institut, Inc.

DIN: Deutsches Institut fur Normung.

MSS: Manufacturers Standardization Society of the Valve and Fittings Industry.

AWWA: American Waterworks Association.

API American Petroleum Institute.