

UNIVERSIDAD TÉCNICA FEDERICO SANTA MARÍA
SEDE CONCEPCIÓN - REY BALDUINO DE BÉLGICA

**“EVALUACIÓN Y PROPUESTA DE IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE
DETECCIÓN DE INCENDIOS EN EL SISTEMA DE REFRIGERACIÓN DE
ESTANQUES DE ALMACENAMIENTO EN PLANTA COPEC, CHILLÁN, CONFORME
A LA NORMA API 650”**

Trabajo de Titulación para optar al Título de

Ingeniero en Mantenimiento Industrial

Alumna/o: Gabriela Andrea Casanova Espinoza

Profesor Guía: Marcelo Quiroz Neira



CONSTANCIA DE VALIDACIÓN Y CONFIDENCIALIDAD DE MONOGRAFÍA A REPOSITORIO ACADÉMICO

1.- IDENTIFICACIÓN DEL TRABAJO ACADÉMICO

Tipo de monografía (marcar una opción): Memoria o trabajo de título Tesis de Postgrado

Título del trabajo: Evaluación y propuesta de implementación de un sistema de detección de incendios en el sistema de refrigeración de estanques de almacenamiento en Planta COPEC Chillán, Conforme a la norma API 630

Nombre del candidato(a): Gabriela Casanova

Carrera / Grado: Ingeniería en Mantenimiento Industrial

Campus: Sede Concepción Departamento: Mecánica

2.- VALIDACIÓN DEL PROFESOR GUÍA/DIRECTOR DE TESIS

Yo, Marcelo Duaroz Neira, en mi calidad de profesor(a) guía/director(a) del trabajo académico mencionado anteriormente **DEJO CONSTANCIA** que:

- He revisado esta versión del documento y corresponde a la versión final aprobada del trabajo.
- El trabajo cumple con los requisitos académicos y de formato establecidos por la institución.

3.- EVALUACIÓN DE CONFIDENCIALIDAD POR PROPIEDAD INDUSTRIAL (marcar una opción)

El trabajo **NO contiene** información que amerite confidencialidad y puede ser publicado de inmediato en repositorio con acceso abierto.

El trabajo **CONTIENE** información con potenciales implicancias de propiedad industrial o intelectual y requiere un periodo de confidencialidad (**embargo**) por (**marcar una opción**):

6 meses 12 meses 2 años 3 años 5 años 10 años

Fundamentación de la necesidad de confidencialidad (obligatorio si se solicita embargo):

4.- FIRMAS

Profesor(a) guía o director(a) de memoria o tesis:

Fecha: 14-4-2026 Firma: MARCELO DUARÓZ N.

Estudiante o Candidato(a):

Fecha: 14-04-2026 Firma: [Firma]

Este formulario debe ser insertado como página 2 de la memoria o tesis, completado y firmado por estudiante y profesor(a) antes de la entrega en portal PRISMA de Biblioteca USM.

Dedicatoria.

Primeramente, a la hermosa Familia que Dios me permitió tener

A mis padres, que han sido mis consejeros de pequeña y han sido mi apoyo incondicional y pilar fundamental en cada nuevo paso en mi vida.

Mis amistades más íntimas, que con cada palabra de aliento alegraban aquellos días en donde no me sentía capaz.

AGRADECIMIENTOS

En primer lugar, agradecer a Dios, quien fue, quien es y quien será conmigo en mis años y en cada etapa de mi vida. Reconociendo que sin Él nada de mi presente hubiese sido posible.

Agradecer a mis padres, Gabriela y Andrés que me han apoyado en todo durante mi carrera, aún en momentos complejos, me brindaron la paz, seguridad y lo más importante en una familia, que es el amor. Espero con ansias en algún momento de mi vida poder retribuir con creces todo lo que me han dado y hacerles sentir orgullosos de lo que con la ayuda de Dios han educado.

Al pequeño grupo de amistad y trabajo que formé en esta carrera. Gracias por su lealtad, empatía, los momentos divertidos que vivimos y también los momentos de estrés que finalmente terminaban en un rotundo éxito.

Agradecer a cada profesor que, con disposición, vocación, entretenimiento, alegría y cercanía, me entregó de su conocimiento para poder ir desarrollándome cada vez en mi área.

Y, por último, a toda persona que fue un apoyo emocional o académico para mí. Agradecida y bendecida por toda buena obra.

Contenido	
INDICE DE FIGURAS	6
INDICE DE TABLAS	7
INTRODUCCIÓN	1
Objetivo General	2
Objetivos Específicos.....	2
Alcance y Limitaciones.....	3
CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	4
1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	5
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO	6
BENEFICIOS DEL PROYECTO.....	7
CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO	8
2.1 ESTANQUES DE ALMACENAMIENTO	9
2.1.1 QUÉ ES Y CUAL ES SU FUNCIÓN.....	9
2.1.2 TIPO DE ESTANQUES.....	9
2.1.3 TELE MEDICIÓN RADIAL	11
2.1.4 Normativa aplicable.....	12
2.2 ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN?	13
2.3 ¿QUÉ ES UN SCI?	13
2.3.1 Elementos que conforman la Sala de bombas de un SCI.....	14
CAPITULO 3: ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO	15
3.1 RESEÑA PLANTA COPEC	16
3.2 UBICACIÓN.....	17
3.3 ESTANQUES.....	18
3.3.1 DIMENSIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE ESTANQUES	19
3.3.2 NORMAS APLICADAS EN ESTANQUES	20
3.4 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN	21
3.4.1 TUBERÍAS.....	22
3.4.2 TUBERÍAS DE ALIMENTACIÓN.....	23
3.4.3 NORMATIVA APLICABLE.....	24
3.4.3.1 Mantenimiento a tuberías	25
3.5 RED CONTRA INCENDIOS.....	26

3.5.1 COMPONENTES.....	27
3.5.1.1 FUNCIONAMIENTO.....	30
3.5.1.2 NORMATIVA APLICABLE.....	30
3.5.2 ESTANQUE DE AGUA.....	32
3.5.3 Piscinas de contención	33
3.5.4 Grifos	33
3.5.5 Sistema de alarma contra incendios	33
3.5.6 Extintores Portátiles:	33
3.5.7 Sistema de Rociadores:	33
3.5.7.1 Normativa aplicable	34
3.5.8 ESPUMA	34
3.5.8.1 TIPO DE ESPUMA.....	35
3.5.8.2 COMPONENTES.....	36
3.5.8.3 NORMA VIGENTE.....	37
3.5.8.4 TIPOS DE ESPUMA.....	37
3.5.8.5 PRUEBAS DE ESPUMA.....	38
3.5.8.6 DEMANDA DE ESPUMA PARA CADA ESTANQUE.....	38
3.6 LPP 10.1.....	39
3.7 MODO DE ACTIVACIÓN.....	40
3.8 P&ID DE TUBERÍAS DE ALIMENTACIÓN.....	45
3.9 CAPAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS.....	46
CAPITULO 4: DISEÑO Y SOLUCIÓN.....	48
4.1 NUEVO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN.....	49
4.1.1 PLANO P&ID.....	49
4.2 SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS.....	52
4.2.1 DETECTOR DE LLAMA INFRARROJO Y UV.....	52
4.2.2 Especificaciones técnicas del detector de llama.....	53
4.2.3 Modo de instalación referencial.....	54
CAPITULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA.....	57
5.1 CARTA GANTT.....	58
5.2 MATRIZ DE COSTOS.....	59
5.2.1 COSTO DE EQUIPO.....	59

5.2.2 COSTO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE	59
5.2.3 COSTOS RR. HH.....	62
5.3 COSTOS TOTALES	63
CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	64
BIBLIOGRAFÍA	65

INDICE DE FIGURAS

Figura 1: Estanque de almacenamiento	9
Figura 2: imágenes de tipo de techo para estanques según almacenamiento	10
Figura 3: Componentes de la tele medición radial	11
Figura 4: Componentes de sala de bombas de un SCI	14
Figura 5: Planta Copec	16
Figura 6: Imagen satelital	17
Figura 7: Plano P&ID sist. refrigeración antigua	21
Figura 8: Tuberías.....	22
Figura 9: Tuberías en planta Copec.....	23
Figura 10: Bomba Jockey en SCI Copec.....	27
Figura 11: Componentes básicos de bomba centrífuga.....	28
Figura 12: Bomba centrífuga y motor CI	28
Figura 13: Manómetro instalado en SCI, Copec	29
Figura 14: Funcionamiento de SCI, Copec	30
Figura 15: Estanque de agua, Copec	32
Figura 16: Estanque de almacenamiento de espuma en planta Copec	35
Figura 17: Dosificador en sistema de espuma, Copec.....	36
Figura 18: Tipo de espuma para mitigación de fuego	37
Figura 19: Método de activación de sistema	40
Figura 20: Panel touch de activación.....	41
Figura 21: Mímico antiguo, Copec.....	42
Figura 22: Mímico actual, Copec	43
Figura 23: Manifolds para suministro de agua, Copec.....	44
Figura 24: Manifolds para suministro de espuma, Copec	44
Figura 25: Tuberías de alimentación, Copec	45
Figura 26: Capas de protección contra incendios	46
Figura 27: P&ID de sistema de refrigeración nuevo, Copec	49
Figura 28: Referencia 1, Extracto de P&ID, Copec	50
Figura 29: Referencia 2, Extracto de P&ID, Copec	51
Figura 30: Detector de llama Dual, Infrarrojo y Ultravioleta.....	52

Figura 31: Ejemplo de instalación de detector	54
Figura 32: Referencia de cobertura de detector en el área	55

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Características de estanques, Copec	19
Tabla 2: Características de las tuberías de alimentación por estanque	24
Tabla 3: Especificaciones de tubería según ASTM A53	26
Tabla 4: Realización de prueba a espuma, Copec	38
Tabla 5: Demanda de espuma para cada estanque, Copec	38
Tabla 6: Estrategias de protección contra incendios	39
Tabla 7: Especificaciones técnicas de Detector Dual	53
Tabla 8: Carta Gantt en Project, duración de la implementación	58
Tabla 9: Tabla de costos 1	59
Tabla 10: Tabla de costos 2	60
Tabla 11: Tabla de costos 3	60
Tabla 12: Tabla de costos 4	61
Tabla 13: Tabla de costos 5	62
Tabla 14: Tabla de costos totales	63

RESUMEN

El presente informe de proyecto de título tiene como finalidad abordar de manera detallada la evaluación de un sistema de refrigeración aplicado a estanques de combustibles, junto con la implementación de un sistema de detección de incendios en la planta industrial COPEC Chillán Viejo, con el propósito de dar cumplimiento a los objetivos establecidos para el desarrollo de este proyecto. Para ello, se llevó a cabo un análisis integral de la planta, considerando aspectos relevantes tales como su proceso de implementación, metodologías de operación, condiciones de seguridad, programas de mantenimiento de los equipos, características de los materiales utilizados en la fabricación de estanques y tuberías, así como también la normativa vigente aplicable en la industria.

A partir de este análisis, fue posible identificar diversas deficiencias presentes en la instalación, destacándose particularmente el sistema de detección de incendios existente, el cual dispone únicamente de algunos dispositivos que resultan insuficientes para una cobertura adecuada, complementándose además con detección visual, método que se considera poco eficiente para una industria que demanda elevados estándares de seguridad y confiabilidad operativa.

En este contexto, el informe también tiene como objetivo presentar y dar a conocer un sistema de refrigeración innovador ya implementado en la planta, cuyo propósito principal es optimizar y reducir el consumo de agua ante la eventual ocurrencia de incidentes, tales como incendios, contribuyendo así a una gestión más eficiente de los recursos y a una mayor seguridad en la operación.

ABSTRAC

This thesis project report aims to provide a detailed evaluation of a refrigeration system applied to fuel tanks, along with the implementation of a fire detection system at the COPEC Chillán Viejo industrial plant, in order to fulfill the objectives established for the development of this project. To this end, a comprehensive analysis of the plant was carried out, considering relevant aspects such as its implementation process, operating methodologies, safety conditions, equipment maintenance programs, characteristics of the materials used in the manufacture of tanks and pipes, as well as the applicable industry regulations.

Based on this analysis, it was possible to identify several deficiencies in the installation, particularly the existing fire detection system, which only has a few devices that are insufficient for adequate coverage. This system is supplemented by visual detection, a method considered inefficient for an industry that demands high standards of safety and operational reliability.

In this context, the report also aims to present and publicize an innovative cooling system already implemented in the plant, whose main purpose is to optimize and reduce water consumption in the event of incidents such as fires, thus contributing to more efficient resource management and greater operational safety.

GLOSARIO Y SIMBOLOGIA

NFPA: “National Fire Protection Association” (Asociación Nacional de Protección Contra el Fuego)

SISTEMA: Conjunto ordenado de normas y procedimientos que regulan el funcionamiento de un grupo o colectividad.

ESTANQUE DE ALMACENAMIENTO: Los tanques de almacenamiento son estructuras de diversos materiales, por lo general de forma cilíndrica, que son usadas para guardar y/o preservar líquidos o gases a una presión determinada

NORMA: Principio que se impone o se adopta para dirigir la conducta o la correcta realización de una acción o el correcto desarrollo de una actividad.

API: “American Petroleum Institute” (Instituto Americano del Petróleo)

REFRIGERACIÓN: proceso por medio del cual se consigue una disminución de la temperatura de fluidos o cuerpos en general.

INDUSTRIA: Actividad económica y técnica que consiste en transformar las materias primas hasta convertirlas en productos adecuados para satisfacer las necesidades del ser humano.

TUBERÍAS: conducto que cumple la función de transportar agua u otros fluidos

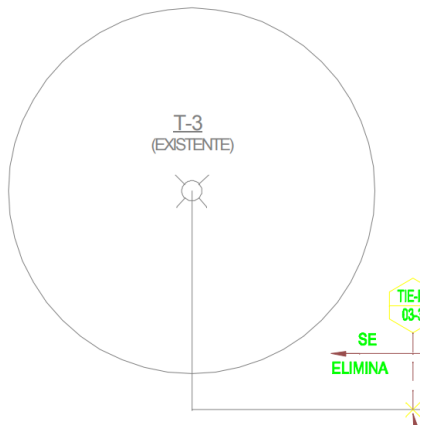
PSI: “pound per square inch” (libras por pulgada cuadrada)

ASTM: American Society for Testing and Materials (Sociedad Estadounidense para Pruebas y Materiales)

BOMBA: máquinas en las cuales se produce una transformación de la energía mecánica en energía hidráulica

SCI: Sistema de Control de Incendios.

LAYOUT ESTANQUE Y SU ANILLO DE REFRIGERACIÓN



VALVULAS:



INTRODUCCIÓN

Se ha documentado que desde hace muchos años atrás y hasta el día de hoy, el mundo depende ampliamente de combustibles fósiles ya que se mantiene en constante evolución. A causa de esto, se han construido plantas de almacenamiento de combustibles a lo largo del país y del mundo para satisfacer las necesidades en distintas áreas como así también, ofrecer un suministro seguro de estos recursos.

Las instalaciones de este tipo de plantas tienen una alta complejidad por su tipo de instalación y por su almacenamiento, ya que son líquidos altamente inflamables y por eso se deben implementar medidas de seguridad para proteger la planta en sí, desde las instalaciones hasta el personal y todo lo que haya alrededor.

En esta tesis se abordará el tema del mejoramiento de un sistema de refrigeración, la importancia de la red contra incendios y además el mejoramiento de los sistemas de detección en una planta de combustibles ubicada en Chillán. Hablamos de la planta de combustibles COPEC, que es una planta de abastecimiento y almacenamiento de combustible más importante de la región, donde trata con una variedad de productos petrolíferos, como gasolina, diésel, kerosene y GLP.

Estos sistemas son fundamentales en una planta de este tipo porque nos asegurará una mayor seguridad y confiabilidad a grandes rasgos.

El desempeño de un sistema de refrigeración en una planta de combustibles juega un papel fundamental, ya que se encarga de mantener la temperatura de los estanques, evitando así la sobre calefacción de estos. Además, en caso de un incendio este sistema se encargará de mitigar el fuego a través de la espuma y agua.

Por otro lado, la red contra incendios es un sistema esencial que, si o si debe estar presente en este tipo de industrias ya que nos garantiza ampliamente la seguridad de la planta, ya sea el personal, las instalaciones, oficinas y más.

Y en conjunto con el sistema de red contra incendios, está el sistema de detección de incendios que juega otro papel fundamental en la industria ya que, gracias a su monitoreo

continuo, se encarga de analizar cualquier pequeño indicio de fuego o algo que lleve al inicio de un incendio.

La planta Copec no cuenta con una buena detección contra incendios, ya que actualmente cuenta con la inspección visual, por ende, es necesaria una implementación de sensores que permitirá mejorar aún más la confiabilidad y seguridad de la planta.

Objetivo General

Realizar una evaluación a la planta con respecto a los estanques de almacenamiento y su Sistema de Control de Incendios (SCI), además de implementación de sistema de detección de fuego.

Objetivos Específicos

- Investigar y realizar levantamiento sobre el sistema de refrigeración actual en la planta.
- Realizar análisis y propuesta de implementación de sistemas de detección de incendios disponibles en el mercado, con el fin de mejorar el control y la prevención de posibles eventos catastróficos
- Destacar los beneficios derivados de la nueva implementación.
- Realizar evaluación técnica y económica correspondiente.

Alcance y Limitaciones

- El alcance de este informe es incentivar a empresas del mismo rubro que evalúen y elaboren de forma continua los planes y sistemas de prevención de incendios para evitar así desastres que permite perder la integridad industrial, minimizar la seguridad laboral y del personal.
- La investigación tiene como finalidad, maximizar la seguridad, que el mecanismo funcione en sus puntos específicos con su máximo esplendor dando paso también a la optimización de recursos (agua y espuma).
- La motivación del presente estudio radica en dar a conocer este tipo de sistema de refrigeración, así como la implementación de mecanismos de detección de incendios en estanques de almacenamiento, con el propósito de garantizar la seguridad y prevenir accidentes y eventos catastróficos que, lamentablemente, han ocurrido en años anteriores, dejando consecuencias significativas. En la actualidad, esta iniciativa busca evitar pérdidas en diversos ámbitos mediante la incorporación de estos y otros sistemas preventivos en el sector industrial.

CAPITULO 1: PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

COPEC es una destacada empresa chilena ubicada principalmente en el rubro de combustibles y también en energía. Sus actividades son la refinación, distribución y comercialización de productos relacionados con el petróleo y energía.

La especialización principal de esta empresa es la producción y refinación de petróleo crudo y la fabricación de sus derivados como lo son los combustibles (gasolina y Diesel), lubricantes y asfalto, comercializando todos estos productos a lo largo del país y también Internacionalmente.

Existe una planta industrial dedicada a la refinación y distribución de estos productos, ubicada en Chillán Viejo. El problema existente trata de la preocupación por los gigantes estanques que alojan el combustible que en caso de algún incendio puedan verse afectados, como también instalaciones aledañas y toda la planta en sí. La planta contaba con un sistema de refrigeración tradicional que era eficiente, pero se quiso aumentar esta eficiencia implementando una mejora en este sistema de una manera bastante innovadora dando lugares a algunos beneficios.

Además, el sistema de detección de incendios es muy precario en la planta, por lo tanto, sería necesario una implementación de nuevos sistemas para maximizar la seguridad de los estanques y de toda la planta en general.

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO

El objetivo de este proyecto es evaluar el sistema de refrigeración antiguo y el actual implementado en la planta COPEC Chillán Viejo, con el fin de determinar su estado de funcionamiento y su eficacia para prevenir incendios.

El proyecto abarcará los siguientes aspectos:

- Evaluación del sistema de refrigeración antiguo: Se analizarán los dispositivos existentes, su funcionamiento y su importancia.
- Evaluación del sistema de refrigeración nuevo: Se verificará que el sistema cumple con las normativas vigentes y que está debidamente instalado y mantenido.
- Evaluación del sistema contra incendios (SCI): Se identificarán todos los elementos que conforman el SCI y se evaluará su estado de funcionamiento.
- Propuesta de nueva implementación: Se propondrá la instalación de un dispositivo, Detector dual IF y UV que permita detectar de manera temprana cualquier indicio de fuego en las instalaciones y en los estanques de almacenamiento.

El proyecto se llevará a cabo en las siguientes etapas:

- Revisión documental: Revisión de la documentación existente sobre los sistemas de refrigeración y contra incendios de la planta.
- Inspección física: Inspección de los sistemas de refrigeración y contra incendios de la planta.
- Análisis de los resultados: Análisis de los resultados de la revisión documental e inspección física para determinar el estado de los sistemas.

BENEFICIOS DEL PROYECTO

Los beneficios obtenidos en la mejora del **sistema de refrigeración** son los siguientes:

- El nuevo sistema de refrigeración construido presenta una instalación diferente a la antigua, ya que consta de una tubería instalada alrededor del estanque de almacenamiento, dividida en cuatro partes. Este diseño tiene como objetivo principal enfocarse en el control de la zona incendiada del estanque.
- La instalación de esta estructura presenta un beneficio neto para el estanque, ya que no requiere de perforaciones o cortes en el mismo para la instalación de las tuberías de refrigeración. Por el contrario, estas se adhieren a la estructura mediante imanes, lo que permite una instalación rápida y sencilla, sin riesgo de dañar el estanque.
- El detector dual IF y UV utiliza dos tecnologías complementarias para detectar el fuego. La primera, la ionización de llama o Infrarrojo (IF), detecta la presencia de iones producidos por la combustión. La segunda, la detección ultravioleta (UV), detecta la radiación emitida por el fuego.

La combinación de estas dos tecnologías permite al detector detectar incendios de manera temprana, incluso en condiciones de poca visibilidad o en presencia de humo. Además, el detector es capaz de distinguir entre incendios reales y falsas alarmas, lo que garantiza su fiabilidad.

La implementación del **detector dual IF y UV** en los estanques de combustibles de la empresa tendría los siguientes beneficios:

- Reduciría el riesgo de incendios, lo que protegería la integridad física de las personas y los bienes de la empresa.
- Minimizaría los daños causados por un incendio, en caso de que se produzca.
- Eliminaría la necesidad de tener personal dedicado a la vigilancia de los estanques de combustibles.

CAPITULO 2: MARCO TEÓRICO

2.1 ESTANQUES DE ALMACENAMIENTO

2.1.1 QUÉ ES Y CUAL ES SU FUNCIÓN

Un estanque de almacenamiento es un depósito diseñado para almacenar o procesar fluidos, generalmente a presión atmosférica o presión internas relativamente bajas.



Figura 1: Estanque de almacenamiento

Fuente: <https://www.apc-industries.com/instalacion-tanques-almacenamiento.html>

2.1.2 TIPO DE ESTANQUES

Según la norma API 650, existen dos tipos de estanques, que son:

1. Cilíndricos Horizontales
2. Cilíndricos Verticales de Fondo Plano

Los cilíndricos horizontales son de volúmenes bajos, debido a los problemas de falla de corte y flexión, mientras que los Cilíndricos Verticales permiten almacenar grandes cantidades de fluido, con la única militante de que tienen que estar sometidos a presiones atmosféricas

Los estanques Cilíndricos Verticales de Fondo Plano se dividen en 3 tipos:

- Techo fijo

1.- Techo Fijo.- Se emplean para contener productos no volátiles o de bajo contenido de ligeros (no inflamables) como son: agua, diesel, asfalto, petróleo crudo, etc. Debido a que al disminuir la columna del fluido, se va generando una cámara de aire que facilita la evaporación del fluido, lo que es altamente peligroso.

Los techos fijos se clasifican en:

- Techos autosoportados.
- Techos soportados.

- Techo flotante

2.- Techo Flotante.- Se emplea para almacenar productos con alto contenido de volátiles como son: alcohol, gasolinas y combustibles en general.

Este tipo de techo fue desarrollado para reducir o anular la cámara de aire, o espacio libre entre el espejo del líquido y el techo, además de proporcionar un medio aislante para la superficie del líquido, reducir la velocidad de transferencia de calor al producto almacenado durante los periodos en que la temperatura ambiental es alta, evitando así la formación de gases (su evaporación), y consecuentemente, la contaminación del ambiente y, al mismo tiempo se reducen los riesgos al almacenar productos inflamables.

- Sin techo

3.- Los Tanques sin Techo.- Se usan para almacenar productos en los cuales no es importante que éste se contamine o que se evapore a la atmósfera como el caso del agua cruda, residual, contra incendios, etc. El diseño de este tipo de tanques requiere de un cálculo especial del anillo de coronamiento.

Figura 2: imágenes de tipo de techo para estanques según almacenamiento
Fuente: Norma API 650

2.1.3 TELE MEDICIÓN RADIAL

El funcionamiento del sistema de tele medición radial en tanques de combustibles implica que los sensores de nivel de combustible detecten y midan continuamente el nivel de llenado en el tanque. Estos datos se transmiten mediante radiofrecuencia desde las unidades de transmisión al receptor central, que registra y almacena la información para su posterior análisis y toma de decisiones.

Este sistema permite supervisar de forma remota los niveles de combustible en tiempo real, lo que facilita la planificación del abastecimiento, la detección de fugas o pérdidas, y la optimización de la gestión de inventario. También puede integrarse con sistemas de gestión de flotas o sistemas de control de acceso para garantizar un suministro de combustible eficiente y seguro.

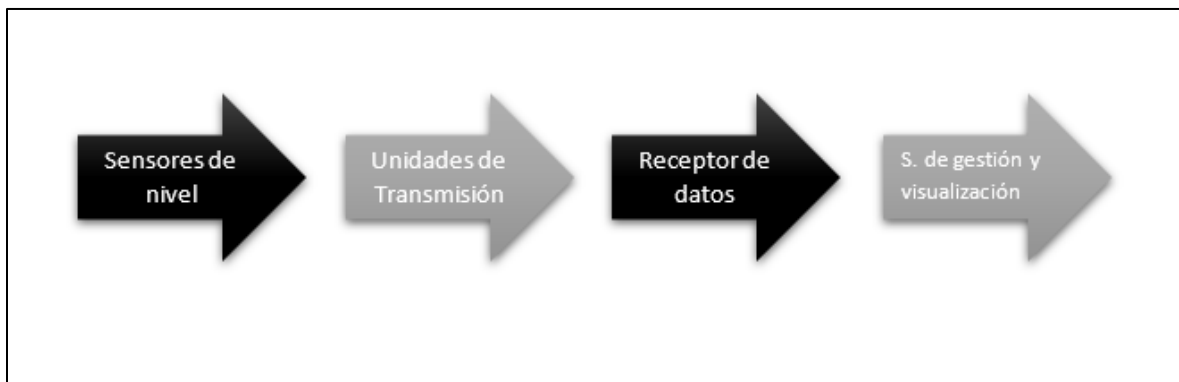


Figura 3: Componentes de la tele medición radial

Fuente: Elaboración propia

1. Sensores de Nivel: Sensores ubicados dentro del estanque, como: ultrasonido, radar o sondas flotantes
2. Unidades de Transmisión: se utiliza la radiofrecuencia para la transmisión de datos hacia una ubicación centralizada.
3. Receptor de datos: son los encargados de recibir todos los datos tomados por los sensores. Pueden ser: Computador, celular.
4. Sistema de gestión y visualización: son las distintas plataformas y softwares que se utilizan para la visualización y el estudio de los datos recibidos.

2.1.4 Normativa aplicable

Para la fabricación de estanques de almacenamiento, rige la siguiente normativa.

- **API 650 “Requisitos para el diseño, construcción, inspección y pruebas de tanques de almacenamiento de acero”:**

Es una normativa realizada por el Instituto Americano del Petróleo que se refiere al estándar de diseño y construcción de estanques de almacenamientos de Acero. El siguiente estándar nos proporciona las pautas necesarias para garantizar y maximizar la seguridad, integridad estructural y fiabilidad de los estanques, además de la fabricación, inspección, pruebas y documentación de dichos elementos que son utilizados en distintas áreas industriales como lo es el del petróleo y productos químicos.

Para el mantenimiento de los estanques de almacenamiento, rige la siguiente normativa.

- **API 653 – Inspección, Reparación, Alteración, y Reconstrucción de Estanques**

API 653 es una norma que establece procedimientos detallados para la inspección, reparación y reconstrucción de tanques de almacenamiento. Estos procedimientos garantizan la seguridad y el rendimiento continuo de los tanques, y son esenciales para la gestión eficaz de estos equipos a largo plazo. La norma incluye pautas para la evaluación de la corrosión, la determinación de la necesidad de reparaciones o alteraciones, y la planificación de la reconstrucción. Además, establece criterios para la capacitación y certificación de inspectores de tanques, asegurando la competencia técnica de aquellos que realizan inspecciones según estos estándares.

Para obtener información detallada sobre los protocolos de inspección, reparación y soldadura de tanques, se sugiere consultar la Sección 6 y capítulos posteriores de la normativa API 653.

2.2 ¿QUÉ ES UN SISTEMA DE REFRIGERACIÓN?

En la industria, un sistema de refrigeración es un conjunto de dispositivos o equipos que permiten regular o controlar la temperatura dependiendo el proceso industrial. En este caso una industria gasolinera cuyo mayor peligro son los incendios que se pueden provocar en esta, principalmente en sus estanques de almacenamiento

2.3 ¿QUÉ ES UN SCI?

Los sistemas contra incendios (SCI) son una red de componentes diseñada para prevenir o controlar incendios de forma segura y eficaz. Se utilizan distintos sistemas, tanto aéreos como subterráneos, cada uno con sus propias herramientas y accesorios.

Los SCI deben ser instalados, mantenidos y operados correctamente por personal calificado. El mantenimiento regular ayuda a garantizar que los sistemas funcionen correctamente en caso de incendio.

Los SCI son una parte importante de la seguridad de cualquier edificio. Ayudan a proteger a las personas, los bienes y la propiedad de los daños causados por incendios.

2.3.1 Elementos que conforman la Sala de bombas de un SCI

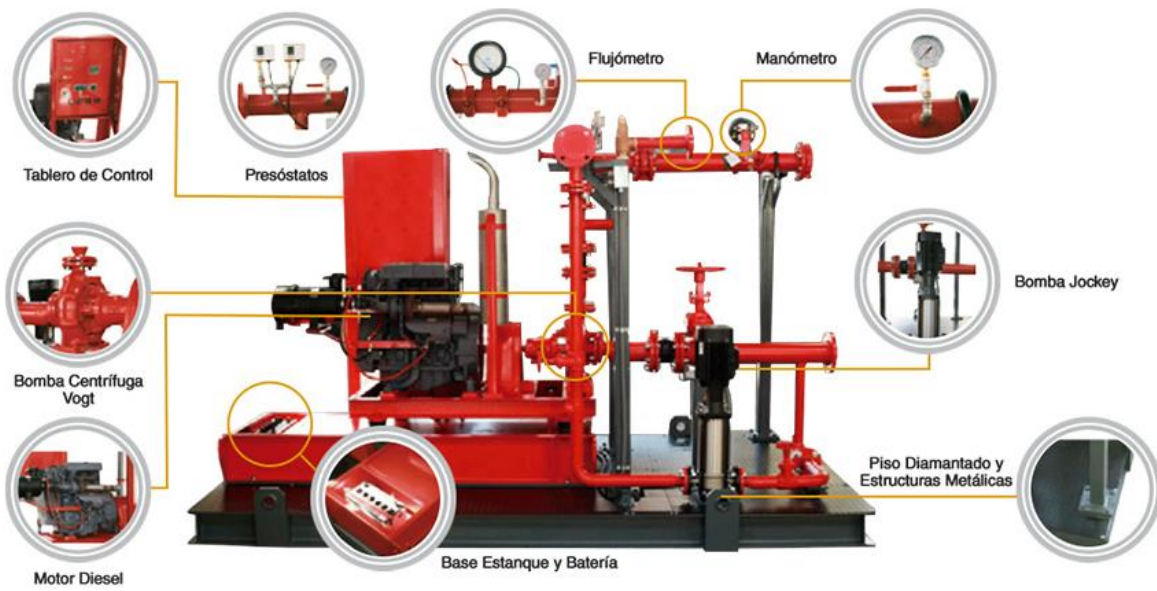


Figura 4: Componentes de sala de bombas de un SCI

Fuente: <https://accessingenieria.com/cuales-son-las-partes-de-un-sistema-contra-incendios/>

CAPITULO 3: ESPECIFICACIONES DEL PROYECTO

3.1 RESEÑA PLANTA COPEC

La Compañía de Petróleos de Chile, mejor conocido por su acrónimo COPEC es una empresa dedicada principalmente a la distribución y comercialización de combustibles y productos derivados a lo largo del país. La empresa se fundó en el año 1934 y con una amplia red de estaciones de servicio en todo Chile, se ha convertido en líder del mercado energético local y ha expandido sus operaciones internacionalmente. Copec se destaca por su enfoque en la calidad, seguridad y sostenibilidad, y ha diversificado su cartera de negocios en generación de energía, productos químicos y distribución de gas licuado. Su presencia en países de América Latina ha fortalecido su posición en la región.

Actualmente COPEC cuenta con un total de 650 estaciones de servicio, 18 plantas de almacenamiento de combustible, además de 1 planta y 9 centros de distribución de lubricantes.

Sus objetivos son contemplar como parte de su foco estratégico la sustentabilidad e innovación en sus principales negocios. Ello, considerando una gestión responsable de recursos naturales, como también en su gobernanza e impacto social.

La planta COPEC de Chillán cuenta con una infraestructura moderna y segura para el almacenamiento de las variedades líquidas como gasolina, Diesel, gas y kerosene.

También se debe tener en cuenta que la Planta COPEC Chillán es la 3ra más grande de Chile debido a la cantidad de producto que almacena y abastece, pues, sería un promedio de 3 millones de litros.



Figura 5: Planta Copec

Fuente: Google

3.2 UBICACIÓN

La planta Industrial Copec se encuentra ubicada precisamente en Ruta Longitudinal 5 Sur Km 409, Chillán Viejo. Región del Ñuble



Figura 6: Imagen satelital
Fuente: Google maps

3.3 ESTANQUES

Copec cuenta con un total de 9 estanques de almacenamiento en su planta industrial, los cuales están diseñados para almacenar distintos tipos de combustibles, como Diesel, 93, 95 y 97 octanos.

Estos estanques están fabricados de Acero, de tipo cilíndrico vertical y un fondo plano. Cuentan con un techo flotante interno, que tiene como objetivo evitar la evaporación de gases de los fluidos almacenados.

Los estanques están equipados con una serie de sistemas de seguridad, como sistemas de detección de incendios, sistemas de refrigeración y sistemas de monitoreo. Estos sistemas ayudan a proteger la seguridad de las personas y los bienes en caso de una emergencia.

Además, estos estanques cuentan con un sistema de Tele medición Radial, que permite controlar y monitorear los niveles de combustibles

3.3.1 DIMENSIONES Y CARÁCTERÍSTICAS DE ESTANQUES

Tabla 1: Características de estanques, Copec

<i>CANTIDAD DE ESTANQUES</i>	<i>SUPERFICIE M3 / LITROS</i>	<i>DIAMETRO</i>	<i>ALTURA</i>	<i>LÍQUIDO</i>
<i>TK-1</i>	<i>2069 m3 / 2069000 L</i>	<i>15,21 m</i>	<i>13,30 m</i>	<i>G93</i>
<i>TK-2</i>	<i>893 m3 / 893000 L</i>	<i>11,40 m</i>	<i>11,03 m</i>	<i>G95</i>
<i>TK-3</i>	<i>1441 m3 / 1441000 L</i>	<i>12,11 m</i>	<i>14,47 m</i>	<i>G95</i>
<i>TK-4</i>	<i>918 m3 / 918000 L</i>	<i>11,40 m</i>	<i>10,790 m</i>	<i>G93</i>
<i>TK-5</i>	<i>4149 m3 / 4149000 L</i>	<i>20,04 m</i>	<i>15,05 m</i>	<i>G97</i>
<i>TK-6</i>	<i>1863 m3 / 1863000 L</i>	<i>15,21 m</i>	<i>12,17 m</i>	<i>G97</i>
<i>TK - 7</i>	<i>50 m3</i>	<i>-</i>	<i>-</i>	<i>Diesel</i>
<i>TK-12</i>	<i>492 m3 / 492000 L</i>	<i>9,80 m</i>	<i>7,82 m</i>	<i>G93</i>
<i>TK-13</i>	<i>5051,936 m3</i>	<i>20,98 m</i>	<i>14,62 m</i>	<i>G97</i>

Fuente: elaboración propia

3.3.2 NORMAS APLICADAS EN ESTANQUES

Los estanques de almacenamientos en la planta están regidos bajo dos normas Principales.

- ✓ **API 650** “*Requisitos para el diseño, construcción, inspección y pruebas de tanques de almacenamiento de acero*”
- ✓ **API 653** “Inspección, reparación, alteración y reconstrucción de depósitos”

También se pueden utilizar normas asociadas como las siguientes:

- ✓ **NFPA 30:** “Código de líquidos inflamables y combustibles”
- ✓ **API 12B:** “Especificación para tanques atornillados para almacenamiento de líquidos de producción”

3.4 SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración presente en la industria consta de:

- Sistema de tuberías para agua: las tuberías van conectadas al sistema contra incendios (SCI).
- Sistema de tuberías para Espuma: las líneas de tuberías van conectadas al propio estanque de Espuma.

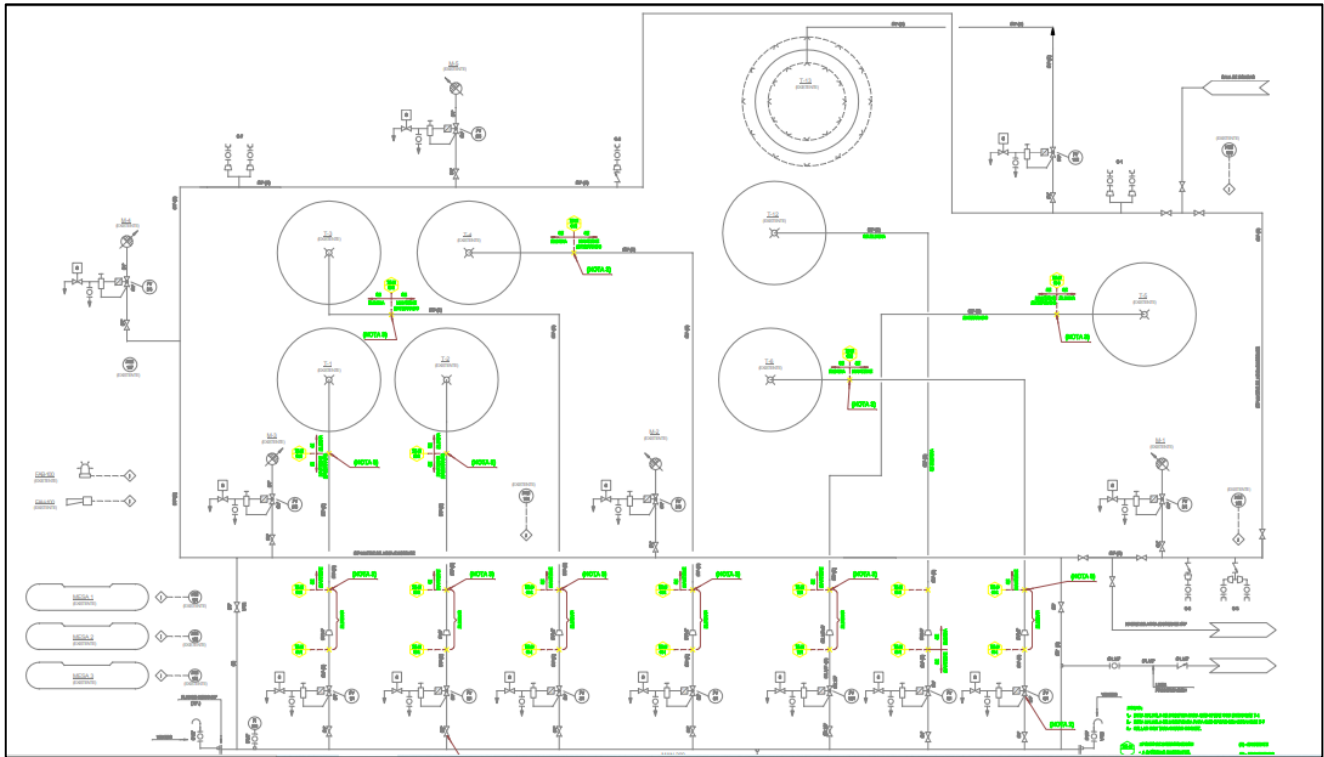


Figura 7: Plano P&ID sist.. refrigeración antigua

Fuente: Planta Copec

En el plano se observan los estanques de almacenamiento y el sistema de tuberías de alimentación para cada estanque y sus especificaciones, los tipos de válvulas y los instrumentos montados en el campo. También se observa el camino que traza la tubería desde las válvulas de accionamiento hasta la llegada al estanque.

3.4.1 TUBERÍAS

Las tuberías cumplen un rol fundamental dentro del sistema de refrigeración y son cruciales para un funcionamiento eficiente, debido a que son las que transportan el agua y la espuma para poder mitigar el posible fuego que se podría generar en un estanque. Además, permiten realizar una distribución uniforme de los líquidos refrigerantes



Figura 8: Tuberías

Fuente: <https://www.octalacero.com/astm-a53-b-y-astm-a106-b>

3.4.2 TUBERÍAS DE ALIMENTACIÓN

Las tuberías de alimentación de los estanques de almacenamiento corresponden a tuberías bajo el estándar **acero al carbono A53 Grado B galvanizado en caliente**. Dicho estándar se encuentra bajo la norma **ASME B31.3 “Requisitos para el diseño, construcción, inspección y pruebas de sistemas de tuberías de proceso”**



Figura 9: Tuberías en planta Copec

Fuente: Elab. propia

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE LAS LINEAS DE ALIMENTACIÓN POR ESTANQUES

Tabla 2: Características de las tuberías de alimentación por estanque

ESTANQUES	PULGADAS	SCHUDLE
TK - 1	4"	40
TK - 2	2 1/2"	40
TK - 3	3"	40
TK - 4	3"	40
TK - 5	6"	40
TK - 6	4"	40
TK - 7	4"	40
TK - 12	3"	40
TK - 13		40

Fuente: Elaboración propia

3.4.3 NORMATIVA APLICABLE

Este tipo de tuberías están bajo la norma ASME B31.3 “Requisitos para el diseño, construcción, inspección y pruebas de sistemas de tuberías de proceso”

ASME B31.3 secciones

- Alcance y definiciones: establece el alcance de esta norma para utilizarla correctamente
- Diseño de Tuberías: señala los requisitos para el diseño de tuberías incluyendo los requisitos de diseño, presión, temperatura, entre otras variables importantes.

- Materiales: especifica requisitos para la selección de materiales dependiendo su uso, compatibilidad con materiales y entre otros.
- Fabricación e instalación
- Soldadura: establece requisitos para la soldadura de tuberías, así como también los métodos de inspección de esta.
- Pruebas e Inspección: establece criterios para la realización de pruebas en tuberías para verificar su integración.
- Cargas sísmicas
- Protección contra corrosión
- Requisitos de documentación.

3.4.3.1 Mantenimiento a tuberías

Su mantenimiento basado igualmente bajo esta norma, se establecen los siguientes puntos:

- Inspección regular: para detectar daños como corrosión, deformación, averías o cualquier otro inconveniente
- Limpieza
- Protección contra corrosión: uso de anticorrosivos
- Reparación y reemplazos de piezas

Tabla 1: Especificaciones de tubería según ASTM A53

Diámetro Nominal	Dimen. Exterior	STD			SCH-40		
		Espesor Nominal	Peso		Espesor Nominal	Peso	
Pulg.	mm	mm	kg/m	kg	mm	kg/m	kg
1/4	13.7	2.24	0.63	3.78	2.24	0.63	3.78
3/8	17.1	2.31	0.84	5.04	2.31	0.84	5.04
1/2	21.3	2.77	1.27	7.62	2.77	1.27	7.62
3/4	26.7	2.87	1.69	10.14	2.87	1.69	10.14
1	33.4	3.38	2.50	15	3.38	2.50	15
1 1/4	42.2	3.56	3.39	20.34	3.56	3.39	20.34
1 1/2	48.3	3.68	4.05	24.3	3.68	4.05	24.3
2	60.3	3.91	5.44	32.64	3.91	5.44	32.64
2 1/2	73.0	5.16	8.63	51.78	5.16	8.63	51.78
3	88.9	5.49	11.29	67.74	5.49	11.29	67.74
4	114.3	6.02	16.07	96.42	6.02	16.07	96.42
5	141.3	6.55	21.77	130.62	6.55	21.77	130.62
6	168.3	7.11	28.26	169.56	7.11	28.26	169.56

Fuente: <https://www.fiorellarepre.com.pe/FichaTecnica/804610.pdf>

3.5 RED CONTRA INCENDIOS

Una red contra incendios es un conjunto de componentes o elementos en donde su función es controlar y evitar un posible incendio dentro de una industria. Su diseño, tamaño y qué tipo de componentes se usan, depende del lugar donde se requiere.

La planta COPEC obviamente debe contar con una red contra incendios, en donde se detallan sus componentes principales y críticas a continuación

3.5.1 COMPONENTES

- Bomba Jockey: La bomba jockey es un dispositivo diseñado para compensar las pequeñas pérdidas de carga de presión en un sistema contra incendios. En el sistema presente, su función principal es **mantener las líneas presurizadas a 150 psi**, y en caso de detectar una disminución de presión, se activa automáticamente para restablecerla a la presión deseada.



Figura 10: Bomba Jockey en SCI Copec
Fuente: elab. propia

- Bomba de Centrífuga: Las bombas centrífugas son un tipo de bomba hidráulica que transforma energía mecánica en energía cinética de presión a un fluido. Las bombas centrífugas aumentan la velocidad de los fluidos para que estos puedan desplazarse grandes distancias.

La bomba centrífuga, debido a sus características, conforman la clase de bombas hidráulicas de más aplicación dentro de la industria ya que son las más utilizadas para bombear líquidos en general y permiten movilizar grandes cantidades de agua.

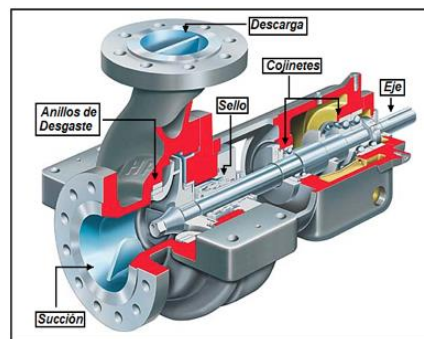


Figura 119: Componentes básicos de bomba centrífuga

Fuente: <https://predictiva21.com/2-partes-bomba-centrifuga>

- Motores de combustión interna (CI): son los que la dan la energía a las bombas de paleta para mantener la presión. En este sistema funcionan en paralelo.



Figura 102: Bomba centrífuga y motor CI

Fuente: Elab. propia

- Manómetro: Es un instrumento de medición que nos proporciona información sobre la presión del sistema.

Modelo: Manómetro Industrial completo Inox SS316L diámetro esfera 100mm, rango:0+25 BAR,0+350PSI, Hilo 1/2 NPT, con glicerina,



Figura 113: Manómetro instalado en SCI, Copec

Fuente: Google

3.5.1.1 FUNCIONAMIENTO

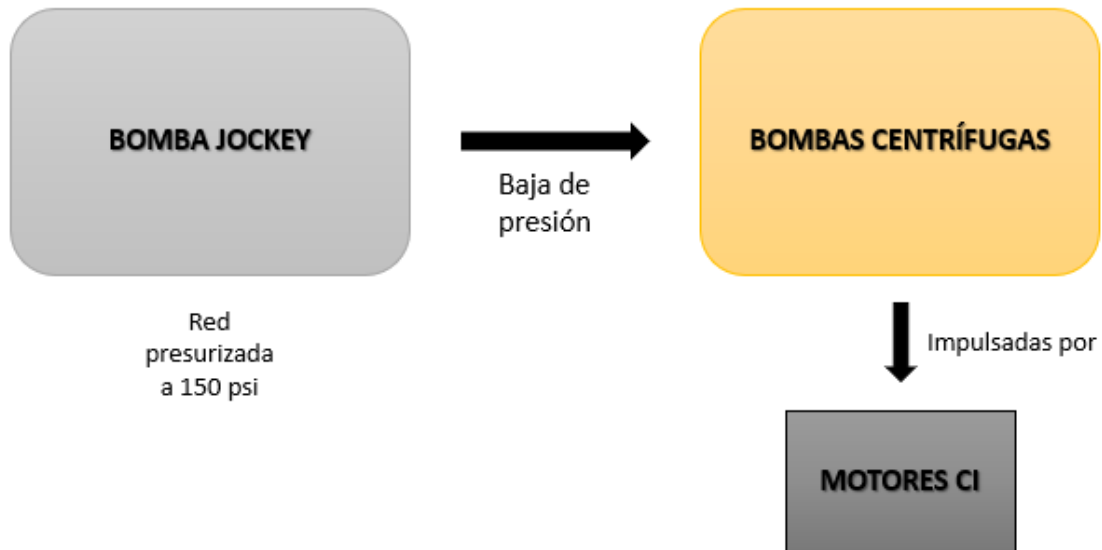


Figura 124: Funcionamiento de SCI, Copec

Fuente: Elab. propia

En caso de un eventual incendio, al activarse el mecanismo de refrigeración la bomba jockey se encarga de mantener una alta presión en el sistema para que los fluidos refrigerantes circulen de manera rápida y eficiente por toda la red. Si el manómetro nos indica que la presión baja, comienzan a funcionar las bombas centrífugas energizadas por los motores CI para elevar nuevamente la presión.

3.5.1.2 NORMATIVA APLICABLE

La implementación de un sistema de control de incendios (SCI) exige el cumplimiento estricto de normativas y estándares de seguridad específicos, los cuales se determinan según la naturaleza del recinto y el sector industrial correspondiente. En este contexto, y considerando que se trata de una planta de tanques de almacenamiento, el diseño y ejecución del SCI se rigen por los siguientes marcos normativos.

Todo diseño del SCI, componentes a utilizar, inspecciones y mantenimiento están bajo la NFPA 20

“Instalación de Bombas Estacionarias para Protección contra incendios”

La norma NFPA 20 establece los requisitos para el diseño, instalación y mantenimiento de sistemas de bombas estacionarias contra incendios. Esta norma aborda aspectos esenciales para garantizar la eficacia y fiabilidad de estas bombas, como la selección de las bombas, los accionamientos, los controles, la capacidad del suministro de agua, y los métodos para realizar pruebas y mantenimiento.

Según NFPA 20 la bomba jockey se encuentra contemplada en **la sección 4.27** en donde se indica que se debe proporcionar un método para mantener la presión en el SCI. No quiere decir que la bomba jockey sea obligatoria, solo se toma como una posibilidad.

Se pueden usar varios métodos como SCI, siempre y cuando cumplan con los requisitos principales de la NFPA 20.

3.5.2 ESTANQUE DE AGUA

Tiene conexión directa con las bombas de SCI y se encarga de almacenar el agua que se utiliza para el sistema.



Figura 1513: Estanque de agua, Copec

Fuente: Elab. propia

3.5.3 Piscinas de contención: Es un área o estructura diseñada para contener derrames o fugas de carácter líquido. En la planta hay una piscina de contención que cubre toda el área perimetral donde se sitúan los estanques de almacenamiento de combustibles. Su función como dice su nombre es contener el líquido derramado a causa de un incendio en los estanques.

3.5.4 Grifos: son dispositivos conectados a una red de acueducto que ayudan al cuerpo de bomberos a suministrar grandes cantidades de agua, a través de mangueras, cuando se presentan situaciones de emergencia causadas por conatos de fuego. Se encuentran distribuidos por el rededor de los estanques de almacenamiento para el uso de Bomberos en caso de un incendio.

3.5.5 Sistema de alarma contra incendios: La planta cuenta con un sistema de alarma AUDITIVA y VISUAL que permite alertar de manera eficiente y eficaz a los trabajadores presentes en ella.

3.5.6 Extintores Portátiles: Son dispositivos de accionamiento manual que proyecta y dirige un agente extintor con dirección al fuego. En esta industria, los extintores se encuentran en las oficinas de la planta.

3.5.7 Sistema de Rociadores: es un sistema que permite controlar o suprimir el fuego.

Ubicados en la parte superior del estanque, distribuidos de manera equitativa con el fin de cubrir toda la superficie.

3.5.7.1 Normativa aplicable

Toda construcción está bajo la Asociación Nacional Contra el Fuego NFPA 13, norma para la **Instalación de Sistemas de Rociadores**. Define puntos como los requisitos, instalación y mantenimiento

Además, se referencia en NCh 2095, norma que se secciona en 6 partes:

- NCh2095/1 Protección contra incendios – sistema de rociadores – parte 1 : Terminología, características y clasificación.
- NCh2095/2 Protección contra incendios – sistema de rociadores – parte 2: Equipos y componentes
- NCh2095/3 Protección contra incendios – sistema de rociadores – parte 3: Requisitos de los sistemas y de instalación
- NCh2095/4 Protección contra incendios – sistema de rociadores – parte 4: Diseño, dibujo y cálculo
- NCh2095/5 Protección contra incendios - sistema de rociadores – parte 5: Suministro de agua
- NCh2095/6 Protección contra incendios - sistema de rociadores - parte 6: Recepción del sistema y mantenimiento.

3.5.8 ESPUMA

La planta COPEC cuenta con un sistema de mitigación del fuego por medio de agua y **espuma**. La espuma debe cumplir con ciertas características dependiendo el uso que se le dará.

3.5.8.1 TIPO DE ESPUMA

El tipo de espuma que adquiere la planta es la espuma AR-AFFF 3 x 3% “Espuma filmógenas acuosas resistentes al alcohol”

Dicho fluido se encuentra almacenado en un estanque con una capacidad de 1200 L



Figura 146: Estanque de almacenamiento de espuma en planta Copec

Fuente: Elab. propia

3.5.8.2 COMPONENTES

El sistema de espuma consta de componentes como: bomba, dosificador y válvulas.

el funcionamiento es el siguiente: la bomba da la presión al sistema para permitir el movimiento del fluido

el agua y el concentrado de espuma se mezclan en el dosificador que se observa en la siguiente imagen:



Figura 157: Dosificador en sistema de espuma, Copec
Fuente: Elab. propia

3.5.8.3 NORMA VIGENTE

Todo lo que es el sistema de espuma debe estar implementada bajo la normativa

- **NFPA 11 “Norma para espuma de baja, media y alta expansión” edición 2005**

Su alcance nos indica que esta norma cubre el diseño, instalación, operación, prueba y mantenimiento de sistemas de espuma de baja, media y alta expansión para protección contra incendios.

3.5.8.4 TIPOS DE ESPUMA

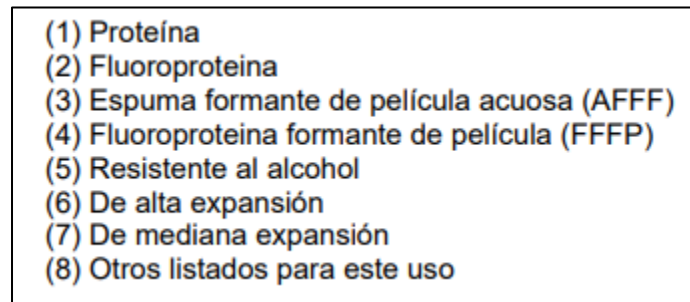
- 
- (1) Proteína
(2) Fluoroproteína
(3) Espuma formante de película acuosa (AFFF)
(4) Fluoroproteína formante de película (FFFP)
(5) Resistente al alcohol
(6) De alta expansión
(7) De mediana expansión
(8) Otros listados para este uso

Figura 168: Tipo de espuma para mitigación de fuego
Fuente: NFPA 11, sección 4.3.1.4

3.5.8.5 PRUEBAS DE ESPUMA

Tabla 2: Realización de prueba a espuma, Copec

Información de muestra	Prueba	Método (LBTR-)	Requisito	Valor de prueba	Resultado de la prueba
Número de muestra: 2 ID de la muestra: ESTANQUE Volumen del sistema: no especificado Fabricante: No especificado Producto: 3/3% AR-AFFF (sin especificar) Tipo: 3/3% AR-AFFF Numero de lote: No especificado Fecha de compra: No especificado Tipo de tanque: Tanque de plástico Punto de muestreo: No especificado	Propiedades físicas				
	Apariencia	3001	No especificado	Líquido amarillo	Solo información
	Índice de refracción*	3006	No especificado	1.3594	En especificaciones
	Densidad, g/ml*	3044	No especificado	1.028	En especificaciones
	Viscosidad, cps* (S4,30 RPM)	3005	No especificado	1780	En especificaciones
	pH*	3003	6.0-9.5	6.7	En especificaciones
	Propiedades de rendimiento				
	Relación de expansión*	3020	4.5 Mínimo	8.8	Aprobar
	25 % de tiempo de drenaje, min:seg*	3020	6:30 Mínimo	13:49	Aprobar
	Formación de película, seg*	3020	60 máximo	6	Solo información
	Sellado de película sobre ciclohexano*	3020	Número positivo de	sin encendido	Solo información
	Coefficiente de dispersión, dinas/cm*	3039	destello o sin encendido	> 0	Aprobar
	Interpretaciones				
Resultado general		Aprobar	Aprobar	Aprobar	

Comentarios:

Esta muestra de concentrado de AR-AFFF al 3/3 % se probó según lo requerido por NFPA 11, edición 2021, sección 13.2.6.2 y 13.3.4.2 y NFPA 25, edición 2020, sección 11.4.2. Esta muestra cumplió con los requisitos de rendimiento. El producto representado por esta muestra debe estar listado para su uso en el sistema/aplicación correspondiente y debe volver a muestrearse y probarse al menos una vez al año.

Fuente: Copec

3.5.8.6 DEMANDA DE ESPUMA PARA CADA ESTANQUE

Tabla 3: Demanda de espuma para cada estanque, Copec

Tabla 1: Solución de espuma primaria protección estanques

Estanque	Diám. [m]	Tasa [lpm/m²]	Tiempo [min]	Superficie m²	Solución		Concentrado		Agua	
					[lpm]	[gpm]	[gpm]	[gal]	[gpm]	m3
T-01	15,23	4,1	30	182,2	747	197	6	180	191	22
T-02	11,40	4,1	30	102,1	418	110	3	90	107	12
T-03	12,11	4,1	55	115,2	472	125	4	220	121	25
T-04	11,40	4,1	55	102,1	418	110	3	165	107	22
T-05	20,04	4,1	30	315,4	1.293	342	10	300	332	38
T-06	15,21	4,1	30	181,7	745	197	6	180	191	22
T-12	9,80	4,1	30	75,4	309	82	2	60	80	9
T-13	20,98	4,1	30	345,7	1.417	374	11	330	363	41

Fuente: COPEC

3.6 LPP 10.1

Existe un principio llamado **LPP-10.1** que describe la estrategia formal de una empresa para gestionar los riesgos y minimizar las consecuencias de incendios o asociados a estos eventos.

Alcance de LPP-10.1

“se aplica a todas las instalaciones que procesan, almacenan o manipulan sustancias y productos peligrosos. (Por ejemplo, gases inflamables, vapores inflamables, líquidos inflamables, líquidos combustibles y/o polvos combustibles y materiales tóxicos) y oficinas.

Tabla 4: Estrategias de protección contra incendios

Método	Definición
<i>Eliminación</i>	La eliminación de un peligro a través de un diseño inherentemente más seguro.
<i>Prevención</i>	La minimización de la probabilidad de un evento a través de la instalación, integridad y aplicación de sistemas de prevención para abordar cada peligro a través de prácticas de diseño.
<i>Detección y control</i>	La limitación de la gravedad de los incidentes mediante la detección temprana del incidente y la operación de los sistemas de seguridad, incluidos los sistemas de protección contra incendios pasivos y activos a través de la detección de incendios y gases, el drenaje del área y el aislamiento del proceso.
<i>Mitigación</i>	La protección de las personas y los activos físicos de los efectos de cualquier peligro creíble restante a través de sistemas de protección contra incendios.
<i>Respuesta de emergencia</i>	La protección de las personas y su evacuación ordenada de los efectos de un incidente escalonado o catastrófico. La respuesta de emergencia también aborda la protección del medio ambiente en caso de que ocurra un incidente.

Fuente: Doc. LPP-10.1

3.7 MODO DE ACTIVACIÓN



Figura 179: Método de activación de sistema

Fuente: Elab. propia

En la planta Copec, el sistema de refrigeración cuenta con 3 tipos de activación: Panel touch, mímico eléctrico y manifolds.

3.7.1 Panel touch

Se encuentra ubicada con una buena accesibilidad en la oficina del jefe de turno en la empresa. Permite la fácil activación de todos los elementos del sistema en caso de incendios.



Figura 20: Panel touch de activación

Fuente: Elab. propia

3.7.2 Panel mímico eléctrico

- ANTIGUO

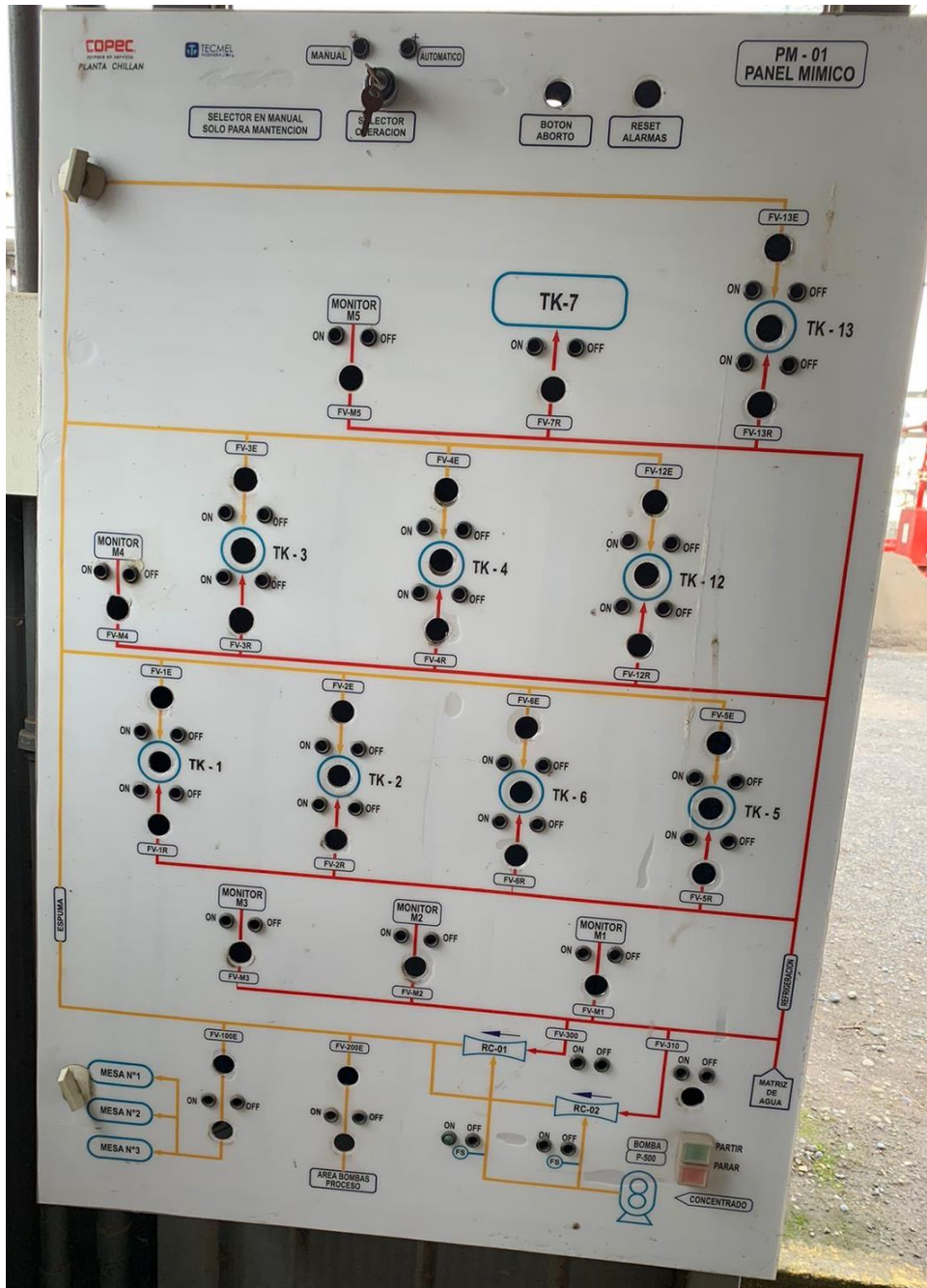


Figura 21: Mimico antiguo, Copec
Fuente: Elab. propia

- ACTUAL

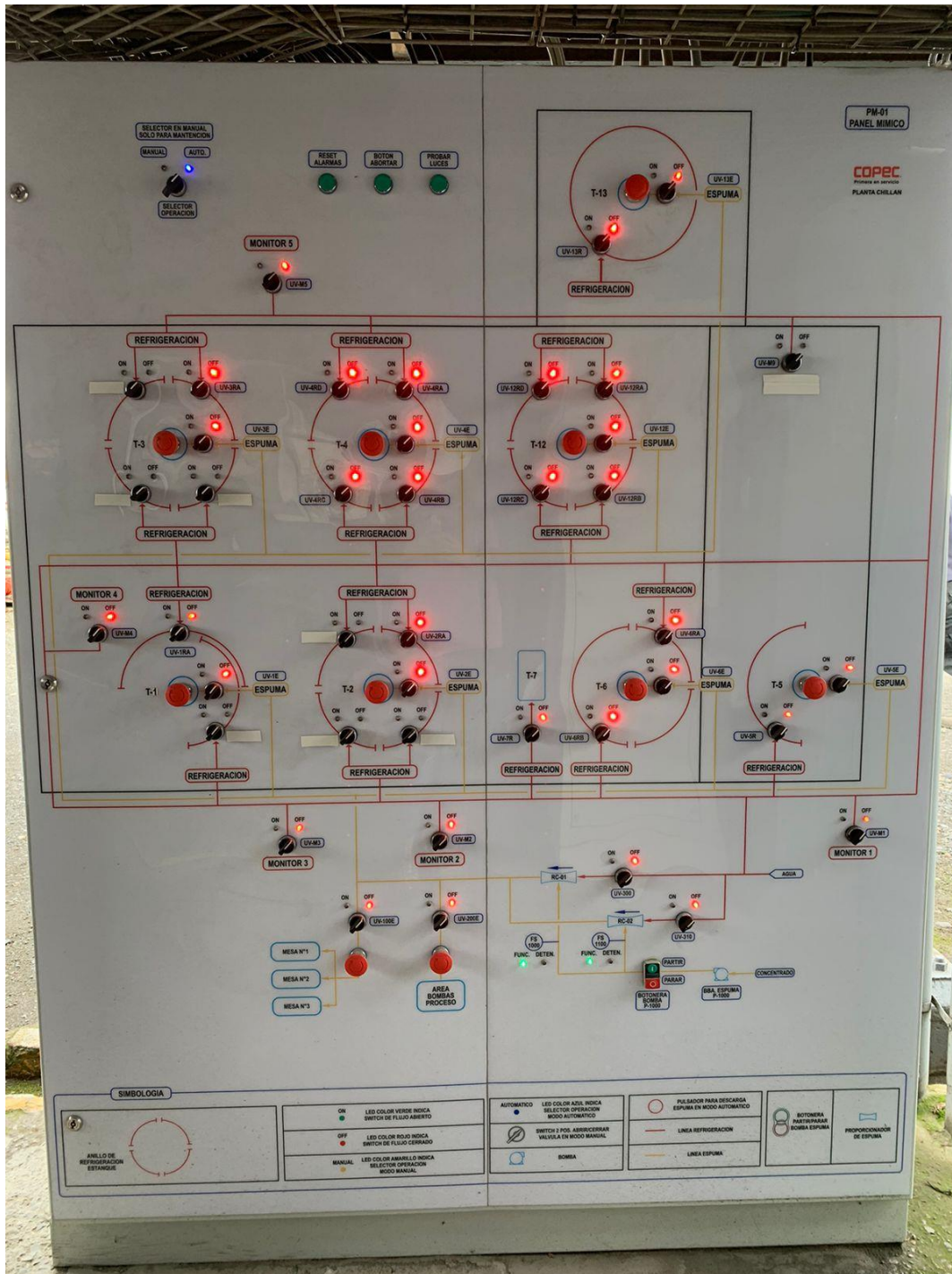


Figura 182: Mimico actual, Copec
Fuente: Elab. propia

3.7.3 Manifolds o válvulas manuales



Figura 193: Manifolds para suministro de agua, Copec
Fuente: Elab. propia



Figura 204: Manifolds para suministro de espuma, Copec
Fuente: Elab. propia

Cada válvula de suministro de fluido cuenta con un numero ubicado en la zona superior de la tubería, que representa el número del estanque específico al que se le quiere suministrar o espuma.

3.8 P&ID DE TUBERÍAS DE ALIMENTACIÓN

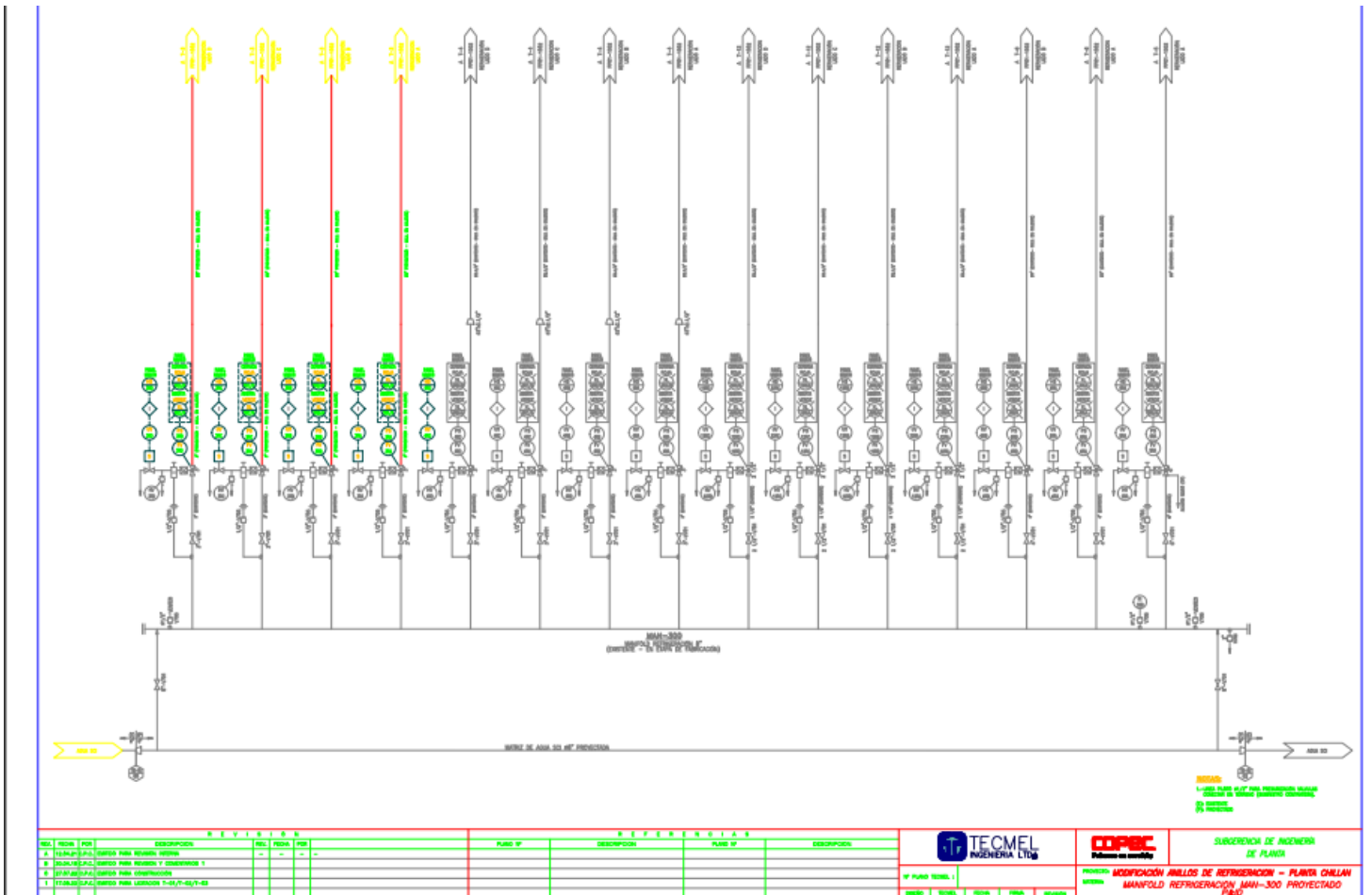


Figura 215: Tuberías de alimentación, Copec
Fuente: Elab. propia

3.9 CAPAS DE PROTECCIÓN CONTRA INCENDIOS

Las capas de protección contra incendios son un enfoque sistemático para proteger a las personas y los bienes de los incendios. Las medidas descritas van de la más leve hasta la más relevante. Se basan en la idea de que los incendios pueden ser controlados y contenidos si se toman las medidas adecuadas.

Tras investigar y aplicar conocimientos, se realizó un esquema donde detalla la capa de protección aplicada en la Planta.



Figura 226: Capas de protección contra incendios
Fuente: Elab. propia

1. PREVENCIÓN DE INCENDIOS: planes de seguridad, capacitación de personal, inspecciones y mantenimientos regulares de equipos, control de fuentes de ignición y estricto cumplimiento de normas
2. DETECCIÓN DE INCENDIOS: sistemas de detección que en este caso solo cuentan con la visual, sistema de alarmas audibles y visuales
3. SUPRESIÓN DE INCENDIOS: sistemas de rociadores, sistema de supresión de espuma en caso de incendios
4. AISLAMIENTO Y CONTENCIÓN DE INCENDIOS: utilización de materiales resistentes al fuego y barreras cortafuego, piscinas de confinamiento, válvulas de cierre de emergencia
5. PROTECCIÓN DE INCENDIOS: sistemas de aspersion para el fuego, sistema de refrigeración, evacuación.
6. PLAN DE EMERGENCIA: evaluación de riesgos, simulacros, mantenimientos, asignación de roles en caso de emergencia, completa gestión ante una emergencia

CAPITULO 4: DISEÑO Y SOLUCIÓN

4.1 NUEVO SISTEMA DE REFRIGERACIÓN

El sistema de refrigeración mejorado implementado en las instalaciones de esta Planta representa un avance significativo en eficiencia y rendimiento. Este innovador sistema integra tecnologías innovadoras de construcción, montaje y diseño de estructura.

4.1.1 PLANO P&ID

Sistema de refrigeración actual (mejorado). Los cambios consisten principalmente en los anillos de refrigeración, que pasaría de ser a un anillo completo a un anillo seccionado en 4 partes dependiendo la posición del estanque (ver referencia 1 en P&ID)

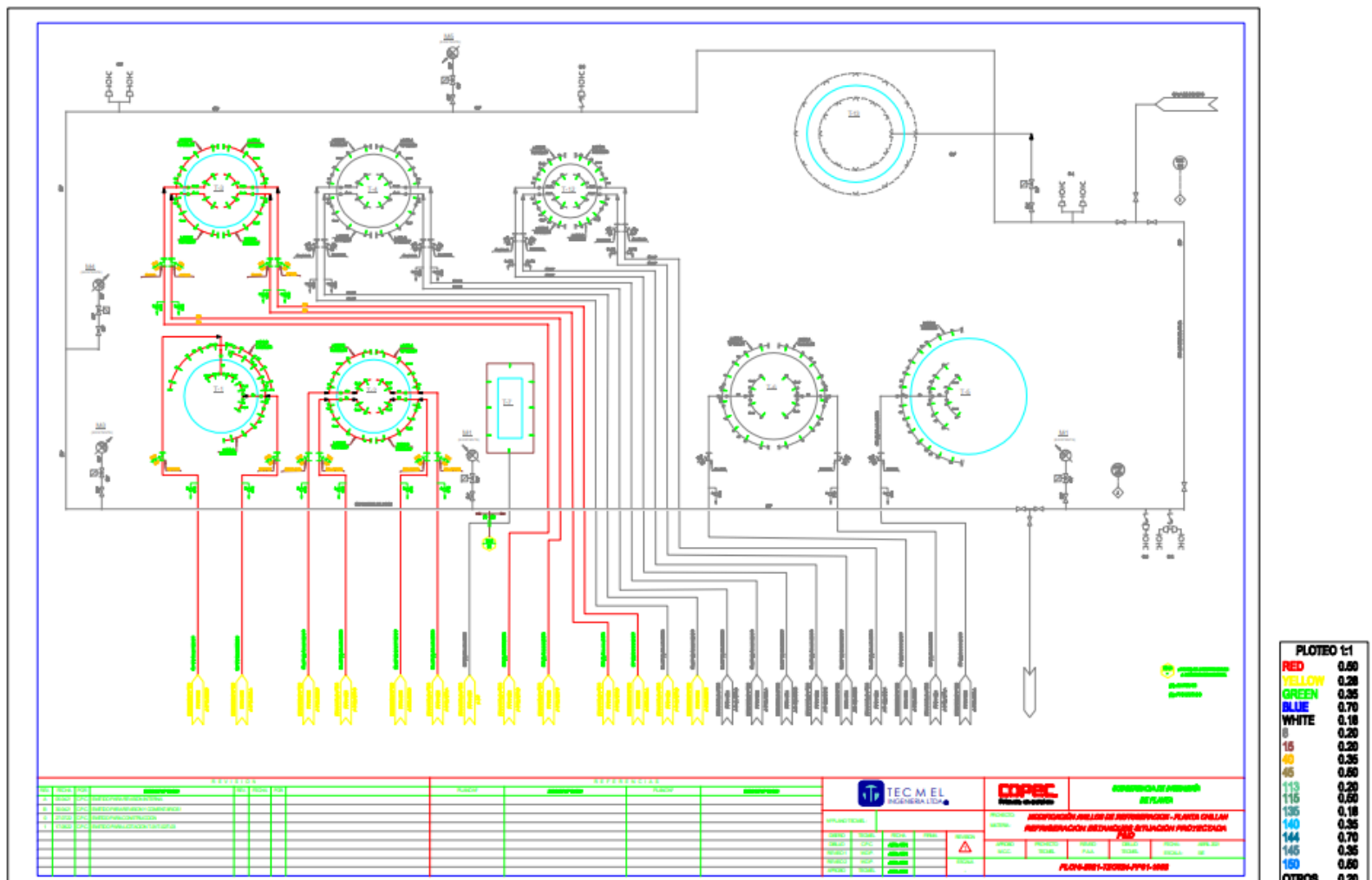


Figura 237: P&ID de sistema de refrigeración nuevo, Copec

Fuente: Copec

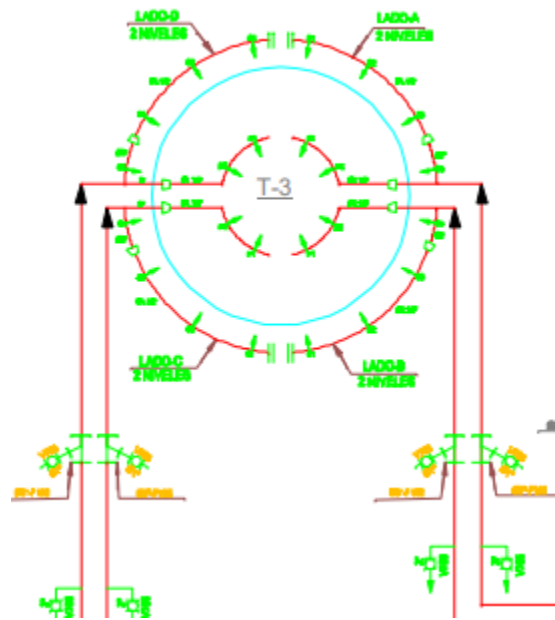


Figura 248: Referencia 1, Extracto de P&ID, Copec
Fuente: Copec

Los estanques que en algunos de sus lados no tengan estanques aledaños no será necesario poner las 4 partes seccionadas del anillo de refrigeración, solo se instalarán en los lados que tengan vista a estanques aledaños. (ver referencia 2 en P&ID)

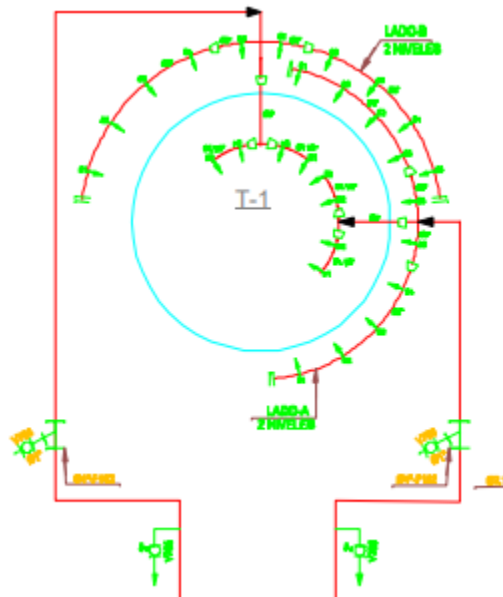


Figura 259: Referencia 2, Extracto de P&ID, Copec
Fuente: Copec

Además, otra característica innovadora de este mejoramiento de sistema es su forma de montaje debido que la estructura de tuberías no va directamente intervenido al estanque de almacenamiento, si no que va montado a través de imanes de alta potencia. Esto evita intervenciones al estanque que podría causar peligro y también dañar la integridad del depósito.

4.2 SISTEMA DE DETECCIÓN DE INCENDIOS

Un sistema de detección de incendios en una planta de estanques de almacenamiento de combustibles es fundamental y cumple un importante rol en temas de protección y seguridad. Su función principal es la detección de manera preventiva cualquier indicio de fuego en la industria, que permite así una rápida acción contra atacante eficiente para controlar y extinguir el incendio antes que provoque un daño mucho mayor

Actualmente la planta no cuenta con sistema de detección avanzados, solo visual, lo que indica un riesgo bastante alto. Al aplicar nuevos e innovadores métodos, se puede evitar mucho más el riesgo de incendios. Es fundamental contar con sistemas de detección eficientes y confiables que nos ayudarán a detectar cualquier indicio de fuego o aumento de temperatura y poder así concurrir de una manera temprana al evento.

La tecnología por implementar en la planta Copec es:

4.2.1 DETECTOR DE LLAMA INFRARROJO Y UV: cuenta con 2 sensores IR y 1 UV

- dispositivo capaz de detectar la presencia de una llama abierta y que utilizan sensores con tecnología ultravioleta para saber la radiación de esta.



Figura 30: Detector de llama Dual, Infrarrojo y Ultravioleta

Fuente: Detectoresysensores.cl

4.2.2 Especificaciones técnicas del detector de llama

Tabla 5: Especificaciones técnicas de Detector Dual

Características Técnicas:	
Rango de espectro de respuesta	4,3 μm - 5,0 μm / 185-260nm
Sensor	IR (infrarrojo) y UV (ultravioleta)
Objeto de detección	Fuego
Método de detección	Muestreo en tiempo real de la ruta óptica
Método de visualización	Luces led
Indicación de estado	El LED verde parpadea para indicar un funcionamiento normal (el número de parpadeos cada 3 segundos representa el nivel de sensibilidad) El LED rojo siempre se enciende para indicar una alarma
Método de operación	Barra magnética para ajustar la sensibilidad (4 niveles en total) NO INCLUIDA
Salida de señal	salida 4-20mA 2 relés
Tiempo de respuesta	<10s
Grado Ex	Ex d IIC T6 Gb / Ex tD A21
Protección	IP66
Tensión de alimentación	DC24V \pm 6V
corriente de trabajo	\leq 30mA (DC24V)
Distancia de detección más larga	50 metros, fuego de N-heptano de 0,3 mx 0,3 m
Campo de visión	Sensor IR: 90° Sensor UV: 120°
Peso	\pm 1,5 kg
Método de instalación	Montado en la pared o elevación o tubo de sujeción
Interfaz de entrada de cables	NPT1/2, transferencia predeterminada a G1/2 (rosca interna)
Material de la carcasa	Fundición de aluminio sin cobre (resina epoxi en la superficie)
Temperatura de trabajo	-20°C ~ 60°C
Humedad ambiente	\leq 95 % RH (sin condensación)

Fuente: Detectoresysensores.cl

4.2.3 Modo de instalación referencial

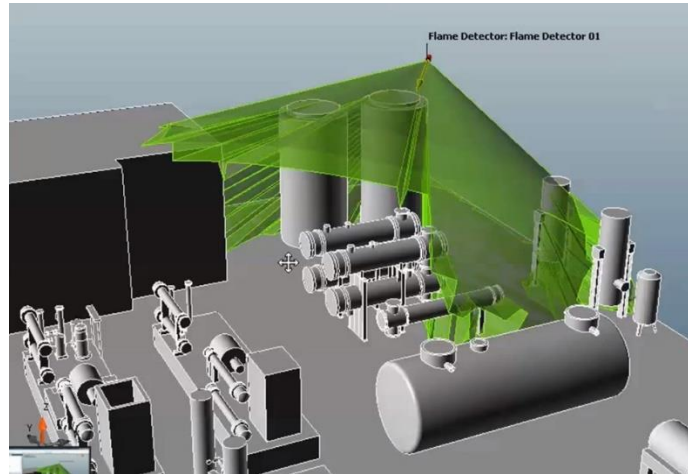


Figura 31: Ejemplo de instalación de detector
Fuente: Google

Respecto al rendimiento y ubicación del sensor, se han determinado los siguientes parámetros operativos:

- El equipo ofrece una cobertura máxima aproximada de 50 m bajo una geometría de detección cónica.
- Para maximizar la eficacia de sus sensores UV (120°) e IR (90°), se ha definido una altura de montaje estándar de 6 metros. Esta disposición técnica no solo asegura el cumplimiento de las distancias de seguridad, sino que garantiza una protección volumétrica completa, cubriendo eficazmente las dimensiones transversales y longitudinales del recinto

4.2.4 Referencia de cobertura en el área.

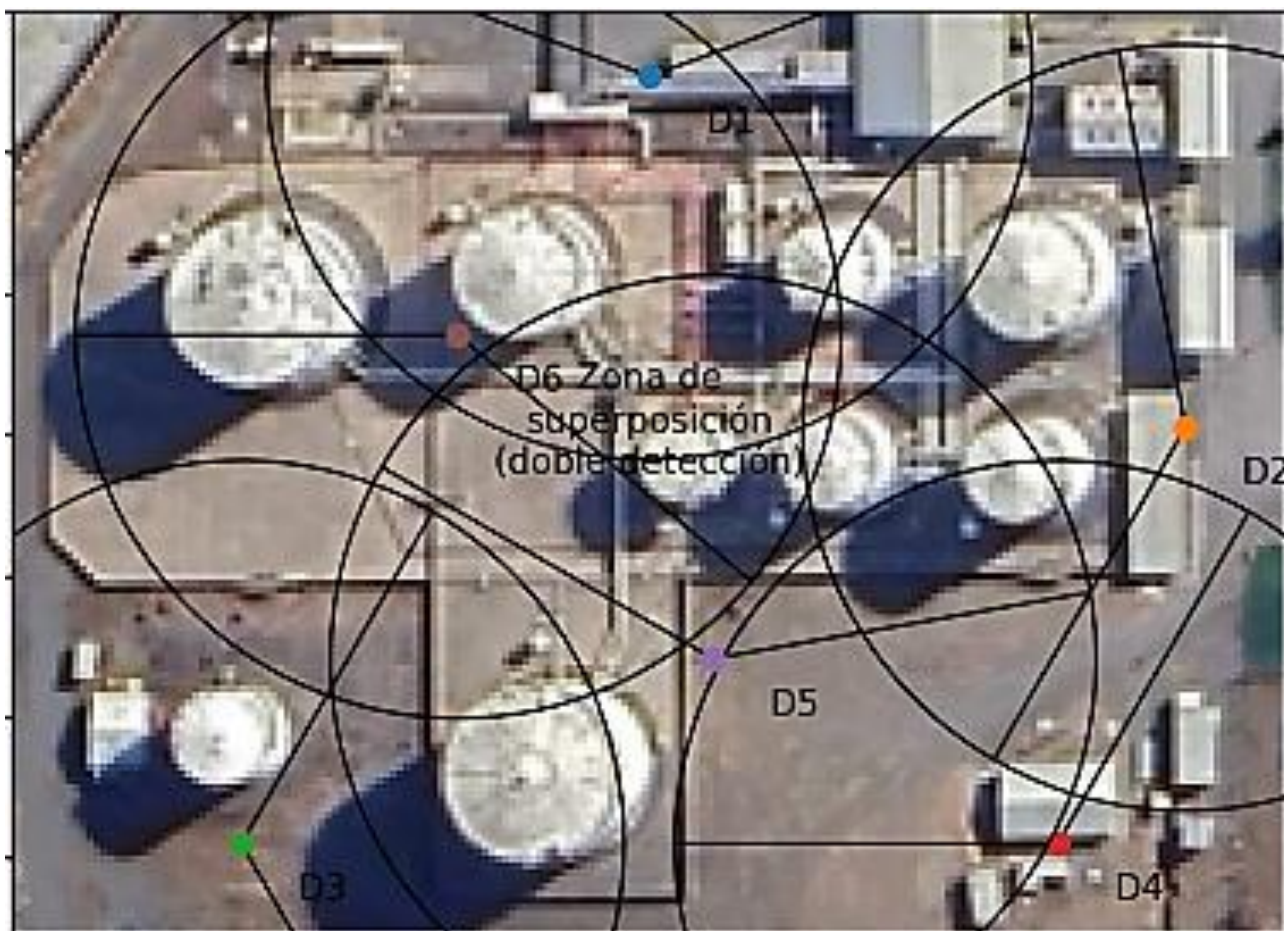


Figura 32: Referencia de cobertura de detector en el área

Fuente: Google

La imagen presentada corresponde a un plano de distribución y cobertura de detectores de llama en un área industrial que contiene estanques de almacenamiento de combustible. En ella se identifican distintos detectores, designados como D1, D2, D3, D4, D5 y D6, los cuales han sido ubicados estratégicamente con el fin de maximizar la eficiencia en la detección de incendios.

Cada detector posee un área de cobertura representada mediante circunferencias, las cuales indican su campo de visión y alcance efectivo. Estas áreas han sido diseñadas de manera que no solo cubran individualmente sectores críticos de la instalación, sino que además generen zonas de superposición entre sí. Estas zonas, denominadas de doble detección, permiten que un mismo punto sea monitoreado por más de un detector.

La superposición de coberturas constituye un criterio fundamental en el diseño del sistema, ya que incrementa significativamente la confiabilidad del mismo. En caso de que un detector no logre identificar un evento debido a obstrucciones físicas, fallas o limitaciones propias del equipo, otro detector dentro de la misma zona puede cumplir dicha función. Asimismo, este enfoque permite reducir la probabilidad de falsas alarmas mediante la validación cruzada de señales.

En conjunto, la disposición de los detectores y sus respectivas áreas de cobertura busca eliminar zonas ciegas dentro de la instalación, asegurando una vigilancia continua tanto de los estanques como de los espacios intermedios y equipos asociados. De esta manera, se garantiza un sistema de detección más robusto, confiable y acorde a los altos estándares de seguridad requeridos en la industria.

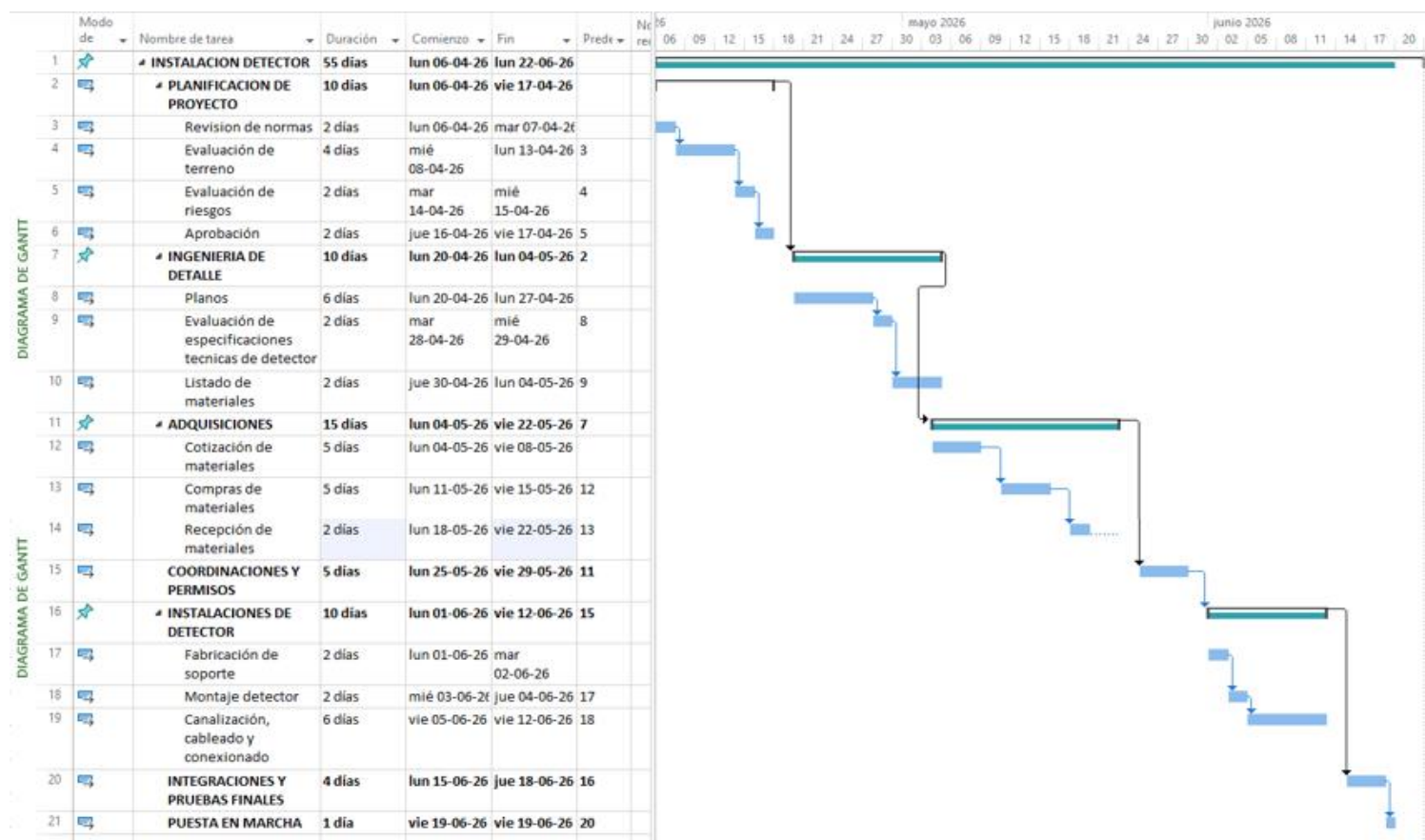
CAPITULO 5: EVALUACIÓN ECONÓMICA

A continuación, se detalla la evaluación técnica sobre la implementación de **DETECTOR DE LLAMA DUAL UV E IR**

Se presenta el cronograma de ejecución detallado, junto con la descripción de las actividades e hitos que conforman la implementación.

5.1 CARTA GANTT

Tabla 6: Carta Gantt en Project, duración de la implementación



Fuente: Elaboración propia

La implementación del Detector de llama tendrá una duración de aproximadamente 55 días. Cabe destacar que la duración de este proyecto puede estar sujeto a variaciones por distintos motivos.

5.2 MATRIZ DE COSTOS

Para la implementación de este Detector se hizo toda una evaluación económica previa, donde se destacan de manera sintetizada los costos de equipo, costos de fabricación y montaje y costos de Recursos humanos.

5.2.1 COSTO DE EQUIPO

Tras el análisis de cobertura, se definió la instalación de ocho unidades detectoras para garantizar la protección del área

Tabla 7: Tabla de costos 1

EQUIPO	PRECIO	CANTIDAD	TOTAL
DETECTOR DUAL IF Y UV	\$ 938.910	6	\$5.633.460

Fuente: Elaboración propia

5.2.2 COSTO DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

Se evaluaron las inversiones utilizadas desde la adquisición de todos los insumos necesarios para realizar la implementación del detector como el perfil angular, plancha base, los dispositivos eléctricos a utilizar y EPP, hasta las actividades de fabricación realizadas, como los cortes, soldaduras, perforaciones y todo lo que conlleva esta actividad. Además, se agregó los costos adicionales como la Grúa elevadora en este caso

COSTO MATERIAL ELÉCTRICO

Tabla 8: Tabla de costos 2

MATERIAL	CANTIDAD	TOTAL
Fuente 24VDC 5A	1	\$60.000
Breaker individual 1P 4A	6	\$36.000
Borneras	40	\$32.000
Cable blindado 2x1,5mm ²	500	\$900.000
Cable multipar para relés	400	\$480.000
Cable puesta a tierra	80	40.000

Fuente: Elaboración propia

COSTO MATERIAL SEÑAL Y CONTROL.

Tabla 91: Tabla de costos 3

PLC/módulo analógico	6	1.560.000
Entradas digitales PLC	6	1.440.000
Panel de alarmas contra incendios	1	200.000
Sirena/estrobo	1	32.000
Terminales certificados	1	7.000

Fuente: Elaboración propia

COSTO MATERIAL DE ZONA CLASIFICADA, MONTAJE MECÁNICO Y EPP

Tabla 102: Tabla de costos 4

Caja de conexiones Ex d	6	15.000
Prensaestopas Ex d	12	120.000
Conduit metálico (6m)	40	\$400.000
Tapón Ex d	6	\$18.000
Sellador para roscas Ex	1	15.000
Curvas Conduit	24	28.800
Coplas	40	36.000
Pernos anclaje ½	30	59.700
Perfil rectangular 100x50mm x 6m	6	359.940
Soportes metálicos (poste)	6	150.000
Plancha para base 3000x1000mm	1	94.960
Tornillería inox (AISI 304/316)	40	100.000
Grúa elevadora	10 (día)	650.000
Broca, pintura, brocha, discos	1	60.000
EPP	1	30.000
TOTAL MATERIALES		\$6.924.400

Fuente: Elaboración propia

5.2.3 COSTOS RR. HH

Se realizó una estimación de los costos asociados a los recursos humanos a partir de un análisis detallado del personal requerido para la ejecución de la implementación, definiendo una dotación compuesta por 1 supervisor, encargado de la coordinación general y control de la obra; 2 maestros eléctricos, responsables de la ejecución técnica de las instalaciones; 1 ayudante eléctrico, como apoyo en labores operativas y de montaje; 1 técnico instrumentista, enfocado en la instalación, calibración y puesta en marcha de los detectores IR/UV; y 1 prevencionista de riesgos, encargado de velar por el cumplimiento de las normativas de seguridad durante todo el proceso.

Adicionalmente, se determinó la cantidad de días de participación de cada perfil en el proyecto, considerando la duración de las distintas etapas de trabajo, lo que permite reflejar de manera más precisa la dedicación real de cada recurso. Finalmente, se incorporaron los sueldos estimados para cada cargo, con el objetivo de obtener una proyección económica coherente y fundamentada de los costos totales asociados a la mano de obra.

Tabla 113: Tabla de costos 5

COSTO RECURSO HUMANO/MANO DE OBRA				
Especialidad	N° Personas	Días	Valor total día	Valor total
Supervisor	1	40	\$90.000	\$3.600.000
Maestro eléctrico	2	10	\$65.000	\$1.300.000
Ayudante eléctrico	2	10	\$55.000	\$1.100.000
Técnico instrumentista	1	19	\$70.000	\$1.330.000
Prevencionista	1	15	\$80.000	\$1.200.000
TOTAL				\$8.530.000

Fuente: Elaboración propia

5.3 COSTOS TOTALES

Tabla 124: Tabla de costos totales.

COSTO GENERAL DE PROYECTO		
\$ Detector IF y UV	\$ Fabricación y montaje	\$RR.HH
\$ 5.633.460	\$ 6.924.400	\$ 8.530.000
\$ 21.087.860		
TOTAL		

Fuente: Elaboración propia

CAPITULO 6: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En conclusión, es evidente la importancia de estos sistemas estudiados en las industrias, especialmente en la industria petrolera, donde los desastres pueden causar graves daños humanos, estructurales y medioambientales. La correcta implementación de estos sistemas, como se ha demostrado a lo largo de la presentación, puede reducir significativamente el riesgo de desastres.

Además, es fundamental resaltar la importancia de las normativas y regulaciones establecidas para la instalación de estos sistemas en las industrias. Estas normativas brindan una mayor confianza y garantizan que se sigan los estándares de seguridad necesarios para prevenir y responder adecuadamente ante posibles eventos desafortunados.

En resumen, la implementación de estos, junto con el cumplimiento de las normativas pertinentes, son elementos clave para garantizar la seguridad en las industrias y mitigar los riesgos asociados con los desastres. La protección de las personas, las estructuras y el medio ambiente debe ser una prioridad en cualquier instalación industrial.

Si bien, este proyecto no busca un retorno económico o un flujo de caja proyectado, su justificación emana de la necesidad de elevar los estándares de seguridad y resiliencia. El proyecto prioriza la mitigación de riesgos críticos sobre la utilidad monetaria, orientándose hacia la consolidación de una infraestructura operativa capaz de salvaguardar la integridad del personal y los activos ante contingencias de alto impacto.

Como recomendación, es implementar obligatoriamente un sistema de detección de incendios automático en la planta, porque en la detección visual humana no es 100% fiable, es más, es más bajo que los sistemas automatizados debido a que el ojo humano solo sabe lo que ve.

BIBLIOGRAFÍA

Membranas Flotantes (Techos flotantes) | Taurus Energy Corp. (n.d).
<https://taurusenergycorp.com/productos/membranas-para-tanques/>

Membranas internas flotantes, Sellos y Domos geodésicos para tanques de almacenamiento -SUSEIN – Suministros y Servicios Industriales SEDIGSA. (n.d).
<https://susein.com/membranas-internas-flotantes-sellos-y-domos-geodesicos-para-tanques-de-almacenamiento/>

<https://www.distritec.com.ar/que-son-las-bombas-a-paletas/Distritecsa>. (n.d). *¿Qué son las bombas a paletas? – Distritec.* <https://www.distritec.com.ar/que-son-las-bombas-a-paletas/>

Ybirma, I. L. (2023). LA BOMBA JOCKEY. *Contraincendio.*
<https://www.contraincendio.com.ve/la-bomba-jockey/>

<https://www.prefire.es/hub/2012/02/la-bomba-jockey-tan-importante-como-las-bombas-principales>/Font, J. S. I. (2021, January 15). La bomba Jockey, tan importante como las bombas principales - PREFIRE Innovation Hub. *PREFIRE Innovation Hub.*

NFPA 13: Instalación de Sistema de Rociadores. (2019). Maxiseguridad.com.ar.
<https://www.maxiseguridad.com.ar/detalle-noticias-maxiseguridad/289/NFPA-13-Instalacion-de-Sistema-de-Rociadores>

NFPA 20: Standard for the Installation of Stationary Pumps for Fire Protection (2010 Edition)

Nch 2095: Protección contra incendios- sistemas de rociadores (2001)

ASME B31.3: Tuberías de Proceso (2010)

Argüello, F. (2020, September 29). *NFPA 11: Estándar para espumas contra incendios - Infoteknico.* Infoteknico. <https://www.infoteknico.com/nfpa-11-estandar-para-espumas-contra-incendios/>

mansilla, alberto. (2020). *NORMA API 650 en español.* Academia.edu.
https://www.academia.edu/35394338/NORMA_API_650_en_espa%C3%B1ol

mx. (2022, July 12). ▷ *Tipos de Detectores de Incendios · Cómo funcionan · Clases y modelos.* Pefipresa. <https://www.pefipresa.com/blog/tipos-de-detectores-de-incendios-como-funcionan/#:~:text=Detectores%20de%20llama%20por%20luz%20ultravioleta%20UV&text=Los%20detectores%20de%20llama%20ultravioleta%20son%20los%20m%C3%A1s%20adecuados%20para,petr%C3%B3leo%2C%20plantas%20qu%C3%ADmicas%20y%20almacenes.>

Detector de Llama Dual Infrarrojo y UV. (2022). Detectores Y Sensores. <https://www.detectores.cl/tienda/detector-de-llama-dual-infrarrojo-y-uv/>

Haléco Iberia. (2022, August 31). *Tanques de almacenamiento: qué es, tipos, materiales y usos.* Haléco. <https://www.haleco.es/tanques-almacenamiento-tipos-materiales-usos/>

¿Qué es la refrigeración industrial y que tipos existen? - BioAire.mx. (2018, May 15). BioAire.mx. <https://www.bioaire.mx/es/que-es-la-refrigeracion-industrial-y-que-tipos-existen/>

MARKIN. (2022, April 8). *Redes contra incendio | Protección contra accidentes inesperados.* Tuvacol.com. <https://tuvacol.com/redes-contra-incendios/#:~:text=Una%20red%20contra%20incendio%20es,clasificado%20seg%C3%BAAn%20sea%20el%20uso.>

Redaccion. (2021, March 7). *¿Cuáles son las capas de seguridad contra incendios en edificios? - INGESEG.* INGESEG. <https://ingeseg.es/capas-seguridad-contra-incendios/>

Seguas. (2019, September 10). *Bombas centrífugas y su uso en instalaciones hidráulicas*. Seguas.com; Seguas. <https://www.seguas.com/bombas-centrifugas-instalaciones-hidraulicas/>