

**UNIVERSIDAD MAYOR, REAL Y PONTIFICIA DE
SAN FRANCISCO XAVIER DE CHUQUISACA**

VICERRECTORADO

**CENTRO DE ESTUDIOS DE
POSGRADO E INVESTIGACIÓN**

FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGÍA



**ESTUDIO TECNICO – NORMATIVO PARA LA
IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA CONTRAINCENDIOS
EN LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO DE
COMBUSTIBLES LÍQUIDOS VILLAZÓN**

**TRABAJO EN OPCIÓN A DIPLOMADO EN TRANSPORTE,
ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE HIDROCARBUROS**

REYNA LIZANDRA CANCHI MENDOZA

**Sucre – Bolivia
2023**

CESIÓN DE DERECHOS

Al presentar este trabajo como requisito previo a la obtención del Diplomado en Transporte, Almacenamiento y Distribución de Hidrocarburos de la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, autorizo al Centro de Estudios de Posgrado e Investigación o a la Biblioteca de la Universidad, para que se haga de este trabajo un documento disponible para su lectura, según normas de la Universidad.

También cedo a la Universidad Mayor, Real y Pontificia de San Francisco Xavier de Chuquisaca, los derechos de publicación de este trabajo o parte de él, manteniendo mis derechos de autor hasta un periodo de 30 meses posterior a su aprobación.

Reyna Lizandra Canchi Mendoza

Sucre, septiembre de 2023

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado a:

Mi familia quienes por ellos soy lo que soy, especialmente a mis padres Trifon Canchi y Basilia Mendoza por su gran amor y apoyo incondicional.

Mi esposo Heber por ser parte importante en el logro de mis metas profesionales. Y con todo amor a mis dos bebes, Liah Valentina y Amaya Victoria por ser mi fuente de motivación e inspiración para poder superarme cada día más y así poder luchar para que la vida nos depare un futuro mejor.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guía, por darme la dicha de vivir, brindarme salud y darme fuerzas necesarias para culminar una de las metas más importantes en mi vida.

A mis padres, Trifon Canchi y Basilia Mendoza, por su gran amor, apoyo incondicional, consejos, comprensión, ayuda en los momentos difíciles, por darme los recursos necesarios para estudiar. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi coraje para conseguir mis objetivos.

A mis abuelos, tíos por estar ahí siempre apoyándome, por sus invaluable consejos y palabras motivadoras que han sido fuente de inspiración.

A la U.M.R.P.S.F.X.CH. Y a la Facultad de Ciencias y Tecnología, especialmente a la Carrera de Ingeniería en Gas y Petróleo por brindarme la oportunidad de estudiar y convertirme en un profesional con conocimientos elevados. Agradezco a mis docentes por compartir sus conocimientos y enseñanzas a lo largo de mis estudios, siendo guías fundamentales en mi desarrollo profesional.

RESUMEN

Este trabajo pretende servir de referencia a aquellas personas que deseen tener una visión general del proceso de diseño de un Sistema Contra Incendio para una Planta de almacenamiento de hidrocarburos líquidos, El objetivo de esta monografía es realizar un estudio técnico – normativo para la implementación de un sistema contraincendios en la planta de almacenamiento de combustibles líquidos Villazón, a fin de dar cumplimiento a reglamentaciones del sector hidrocarburífero.

La monografía se enfoca principalmente en la descripción de los tanques de almacenamiento, sistema de protección contra incendios. En donde se evalúa el nivel de riesgo que existe en la planta de acuerdo al producto almacenado, debido a la evaluación se utilizan normas de NFPA 11 para la selección de equipos requeridos, así mismo se selecciona las cámaras de espuma, el tipo de espuma a utilizar y las bombas requeridas.

La implementación de este tipo de sistemas es de gran exactitud, precisión y cumplimiento ya que la normativa vigente lo exige, su correcta aplicación minimiza la pérdida de vidas humanas y daños en objetos materiales en caso de una eventual aparición y/o propagación del incendio

La finalidad del trabajo de investigación es describir en base teórica el estudio técnico sobre un sistema contraincendios en tanques verticales.

ÍNDICE DE CONTENIDO

Pág.

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

| | |
|--|----------|
| 1.1. ANTECEDENTES | 1 |
| 1.1.1 Antecedentes Internacionales | 1 |
| 1.1.2. Antecedentes Nacionales | 2 |
| 1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA | 3 |
| 1.3. JUSTIFICACIÓN | 3 |
| 1.3.1. Justificación Técnica | 3 |
| 1.3.2. Justificación Económica | 3 |
| 1.3.3. Justificación Social | 3 |
| 1.3.4. Justificación Ambiental | 4 |
| 1.4. METODOLOGÍA | 4 |
| 1.4.1. Métodos..... | 4 |
| 1.4.1.1. Método Observación | 4 |
| 1.4.1.2. Método Teórico..... | 4 |
| 1.4.2. Técnicas | 5 |
| 1.4.3. Instrumentos..... | 5 |
| 1.5. OBJETIVOS | 5 |
| 1.5.1. Objetivo General..... | 5 |
| 1.5.2. Objetivos Específicos | 5 |

CAPÍTULO II: DESARROLLO

| | |
|---|----------|
| 2.1 MARCO TEÓRICO..... | 6 |
| 2.1.1. Infraestructura básica de planta de almacenaje de combustibles | 6 |
| 2.1.2. Tanques de almacenamiento. | 7 |
| 2.1.2.1. Tanques atmosféricos. | 8 |
| 2.1.3. Análisis de riesgo | 9 |
| 2.1.4. Definición de método apr..... | 10 |
| 2.1.5. Incendio..... | 11 |
| 2.1.5.1. Combustibles líquidos..... | 12 |
| 2.1.6. Propagación de incendios | 13 |
| 2.1.6.1. Causas de incendio | 14 |
| 2.1.6.2. Modos de extinción..... | 15 |

| | | |
|-----------------------------------|--|-----------|
| 2.1.7 | Sistemas de protección contra incendios..... | 15 |
| 2.1.7.1. | Sistema de enfriamiento | 16 |
| 2.1.7.2 | NFPA..... | 17 |
| 2.1.7.3. | Normativas, reglamentos y leyes..... | 18 |
| 2.1.8. | Equipos requeridos según la NFPA..... | 19 |
| 2.1.8.1. | Espumógeno | 20 |
| 2.1.8.2. | Red de espuma | 21 |
| 2.1.8.3. | Cámaras de espuma | 22 |
| 2.1.8.4. | Instalación de la cámara en el tanque | 23 |
| 2.1.8.5. | Vertedera de espuma | 24 |
| 2.1.8.6. | Catálogos de Cámara de Espuma..... | 24 |
| 2.1.8.7. | Red de hidrantes | 25 |
| 2.1.8.8. | Cámara de bombas | 25 |
| 2.1.8.9. | El anillo de enfriamiento | 26 |
| 2.1.8.9. | Hidrantes | 26 |
| 2.2 | MARCO CONTEXTUAL | 29 |
| 2.2.1 | Descripción de la planta de almacenamiento | 29 |
| 2.2.2. | Diagnostico..... | 34 |
| 2.3. | INFORMACION Y DATOS OBTENIDOS | 36 |
| 2.3.1. | Planos | 41 |
| 2.3.2. | Esquema del sistema de espuma..... | 44 |
| 2.4. | ANÁLISIS Y DISCUSIÓN..... | 46 |
| 2.4.1. | Analisis | 46 |
| 2.4.2. | Discusión..... | 47 |
| 2.5. | CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 48 |
| 2.5.1. | Conclusiones | 48 |
| 2.5.2. | Recomendaciones..... | 49 |
| REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS | | |
| ANEXOS | | |

ÍNDICE DE TABLAS

| | |
|--|----|
| Tabla 1: Matriz general de tolerabilidad de riesgos..... | 10 |
| Tabla 2: Matriz de evaluación de riesgos..... | 11 |
| Tabla 3: Diversidad de combustibles según su Clase..... | 13 |
| Tabla 4: Descripción de los tanques | 29 |
| Tabla 5: Descripción del tanque de almacenamiento 1011..... | 30 |
| Tabla 6: Descripción del tanque de almacenamiento 1012..... | 31 |
| Tabla 7: Descripción del tanque de almacenamiento 1013..... | 32 |
| Tabla 8: Nivel de riesgo | 34 |
| Tabla 9: Matriz evaluación de riesgo | 34 |
| Tabla 10: Sistema de inyección de espuma en función del tipo de producto almacenado.... | 35 |
| Tabla 11: Características del riesgo..... | 35 |
| Tabla 12: Densidad y tiempo de descarga..... | 36 |

ÍNDICE DE FIGURAS

| | |
|--|----|
| Figura 1: Componentes de una planta de Almacenamiento de hidrocarburos..... | 6 |
| Figura 2: Estructura de un tanque de almacenamiento de Crudo | 7 |
| Figura 3: Tanque atmosférico con techo tipo cono | 8 |
| Figura 4: Tanque de techo flotante externo | 9 |
| Figura 5: Tanque de almacenamiento de hidrocarburo con sistemas de protección contra incendios | 17 |
| Figura 6: Clasificación de riesgo..... | 18 |
| Figura 7: Planos en 3D de las cámaras de espuma | 22 |
| Figura 8: Esquema de conexión de la cámara en el tanque | 23 |
| Figura 9: Foto de conexión de cámara de espuma al tanque | 23 |
| Figura 10: Planos y dibujo 3D de vertedera de espuma | 24 |
| Figura 11: Hidrante con Monitor y Armario de Equipo Auxiliar | 25 |
| Figura 12: Instalación de anillo con cámara de espuma..... | 26 |
| Figura 13: Modelo y tipos de cámara de espuma..... | 27 |
| Figura 14: red hidrante | 28 |
| Figura 15: Planta YPFB Comercial Villazón | 29 |

| | |
|--|----|
| Figura 16: Esquema de la planta..... | 30 |
| Figura 17: Tanque 1011 | 31 |
| Figura 18: Dimensión del tanque 1011 | 31 |
| Figura 19: Tanque 1012 | 32 |
| Figura 20: Dimensión del tanque 1012..... | 32 |
| Figura 21: Dimensión del tanque 1013..... | 33 |
| Figura 22: Tanque 1013 | 34 |
| Figura 23: Diámetro de orificio..... | 38 |
| Figura 24: cámara de espuma..... | 39 |
| Figura 25: Dimensiones de cubeto | 40 |
| Figura 26: Esquema de cubeto de tanques de almacenamiento | 45 |

PLANOS

| | |
|--|----|
| Plano 1: Plano inicial de tanques de almacenamiento en la planta Villazón | 41 |
| Plano 2: Vista de los tanques de gasolina especial | 42 |
| Plano 3: Vista del tanque de Diesel oil | 43 |
| Plano 4: Esquema de sistema de contra incendio espumógeno..... | 44 |

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. ANTECEDENTES

La siguiente Monografía es de carácter académico que trata de presentar y describir los sistemas de protección contra incendios en terminales de almacenamiento de hidrocarburos en la planta Villazón

1.1.1 Antecedentes Internacionales

En su informe de pasantía para obtener el título de Ingeniero Mecánico, titulado: "DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO EN PLANTAS INDUSTRIALES SEGÚN NORMAS INTERNACIONALES Y LOCALES", por Ramón R. Martínez Gutiérrez, presentado en la Universidad Simón Bolívar, Venezuela, 2012. Obtuvo como principales resultados los que se mencionan a continuación:

- Se seleccionó 2 Bombas Diesel, modelo 10x8x20E-S 8100 para satisfacer, el caudal requerido por el sistema diseñado
- Caudal nominal de cada una de las bombas $Q=2000$ gpm
- Presión en la descarga de cada bomba $P=106.98$ psi.
- Volumen de agua contra incendio requerido $V=49358.66$ barriles

En esta investigación se concluyó que el sistema de bombeo seleccionado se adecúa a la demanda del sistema. Las bombas seleccionadas se caracterizan por presentar una curva relativamente horizontal, la cual garantiza una presión uniforme para diferentes posibles demandas que tiene el sistema contra incendio.

El informe de pasantía mencionado sirvió como referencia para realizar la selección de las bombas del sistema contra incendio que se diseñó, pero se tuvo en cuenta que los parámetros considerados para la selección de las bombas fueron obtenidos luego del cálculo correspondiente de acuerdo a las características del patio de tanques de almacenamiento del nuevo dique B, de la Planta (SANTO DOMINGO S.A.C., s.f.)

Tesis de grado EVALUACIÓN DE RIESGO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO EN AMBIENTE COSTERO DE ACUERDO CON METODOLOGÍAS API581 Y EEMUA159. Por ADRIANA CATALINA CHAPARRO CASTAÑEDA, presentado en la UNIVERSIDAD PEDAGÓGICA Y TECNOLÓGICA DE COLOMBIA FACULTAD DE

POSGRADOS DE INGENIERÍA MAESTRÍA EN GESTIÓN DE INTEGRIDAD Y CORROSIÓN BOGOTÁ 2021. Propone en sus objetivos específicos, Determinar el nivel de riesgo y plan de inspección como acción para reducir el nivel de riesgo. Concluyendo que el nivel de riesgo del TK001 es INTERMEDIO, resultado de la evaluación de las variables que relacionan cálculos de probabilidad y consecuencia de falla, basado en un modelo de cálculo que incluye API581, complementado con EEMUA159 y el estándar de inspección de tanques de almacenamiento de crudo API653.

1.1.2. Antecedentes Nacionales

En su memorial laboral para optar el título de Licenciatura en Química Industrial “SEGURIDAD INDUSTRIAL DEL SISTEMA DE LUCHA CONTRA INCENDIOS EN PLANTA SENKATA – YACIMIENTOS PETROLIFEROS FISCALES BOLIVIANOS”, por Dolly Liz Miranda Villalba. Presentada en la Universidad MAYOR DE SAN ANDRÉS FACULTAD DE TECNOLOGÍA, 2012. Presenta una evaluación al Sistema de Lucha Contra Incendios en una de las plantas de engarrafado y almacenaje perteneciente a Yacimientos Petrolíferos Fiscales Bolivianos - Planta Senkata ubicado en la Ciudad de El Alto-La Paz Km 8 carretera a Oruro.

Mediante una evaluación comparativa de seguridad industrial al sistema de lucha contra incendios de la Planta Senkata, se detalla sus instalaciones y actividades en todas las áreas de trabajo de la Planta, así también identifica escenarios de riesgo, con una matriz de identificación y evaluación de riesgos IPER ,y la aplicación del registro comparativo de Check List donde se detalla los equipos de la red contra incendios y si estos se encuentra dentro los estándares exigidos, la normas aplicadas NFPA 101 Ley 449 Bomberos y su reglamento, Ley General de Trabajo Decreto Ley 16998.

Ficha de identificación de trabajo de investigación “ANALISIS DE RIESGO EN PLANTAS DE ALMACENAJE”, por. Alex Gabriel Patzi. Presentada en la UNIVERSIDAD DE AQUINO BOLIVIANO, 2019. Presenta un análisis preventivo con APR, identifico os riesgos, causas y efectos del y tanque de almacenamiento, así mismo determino acciones para prevenir el riesgo. Como resultado se realizó un análisis a fututo como riesgos en el tanque observo pérdidas o fuga en el tanque de almacenamiento, caída de relámpago y causas de corrosión, ruptura, mala manipulación de válvulas, uso impropio de técnicas de limpieza.

1.2. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El principal problema de esta monografía es de un sistema contra incendios inexistente, implica reconocer los riesgos y las vulnerabilidades que esto conlleva. Al no contar con un sistema contra incendios, se presentan los siguientes desafíos:

- Sin un sistema contra incendios, el fuego puede propagarse rápidamente sin control, lo que aumenta el peligro para las personas presentes en el área y para las estructuras adyacentes como pérdida de activos, equipos, estructuras.

- Además puede ser difícil evacuar a las personas de manera rápida y segura del área afectada por el fuego, lo que aumenta el riesgo de lesiones graves e incluso de pérdidas humanas. Debido a la falta de un sistema contra incendios puede generar incendios secundarios, lo que complica aún más la situación y el trabajo de los equipos de emergencia.

1.3. JUSTIFICACIÓN

La implementación de un sistema contra incendios en los tanques de almacenamiento de la Planta Villazón, es esencial. Teniendo claro que la ingeniería de protección contra incendios está basada en tres pilares fundamentales, protección de la vida de las personas, protección de la propiedad y continuidad de la operación frente a un evento de incendio

1.3.1. Justificación Técnica

La implementación de un sistema contra incendios proporcionará una protección vital para prevenir la propagación de incendios y reducirá significativamente los riesgos de daños a la infraestructura y la seguridad de los empleados.

1.3.2. Justificación Económica

Desde una perspectiva económica, la inversión inicial en el sistema se amortizará a largo plazo al evitar costosos daños por incendios y pérdida de producción, además de cumplir con regulaciones de seguridad.

1.3.3. Justificación Social

Socialmente, la protección de vidas y la tranquilidad de la comunidad circundante, se mejorará al minimizar los riesgos de incidentes de seguridad.

1.3.4. Justificación Ambiental

Desde un punto de vista ambiental, un sistema efectivo de prevención de incendios minimizará la liberación de sustancias peligrosas y productos químicos tóxicos al entorno en caso de un evento catastrófico, contribuyendo así a la protección del medio ambiente local.

1.4. METODOLOGÍA

1.4.1. Métodos

1.4.1.1. Método Observación

La observación directa de la operación y funcionamiento del sistema contra incendios en situaciones de la vida real permitiría recopilar datos empíricos sobre su eficacia y desempeño en plantas donde fueron implementadas.

1.4.1.2. Método Teórico

- Método Bibliográfico

El método bibliográfico se utilizaría para revisar la literatura existente (libros, tesis, proyectos, revistas científicas, etc.) sobre sistemas contra incendios y las mejores prácticas en la prevención de incendios en plantas industriales similares que contengan tanques de almacenamiento.

- Método Descriptivo

El método descriptivo servirá como una herramienta esencial para ofrecer una visión completa y detallada del sistema contra incendios en el contexto actual que se encuentra la planta Villazón. A través de este enfoque, se llevaría a cabo una exhaustiva investigación y documentación de todos los aspectos relacionados con el sistema de prevención de incendios.

- Método Deductivo

El método deductivo sería valioso para analizar el sistema contra incendios en la planta Villazón desde una perspectiva lógica y basada en principios generales de seguridad. En este enfoque, se comenzaría con la formulación de hipótesis y principios teóricos previos sobre la seguridad contra incendios y luego se aplicarían a la situación particular de la planta Villazón.

- Método Sintético

El método sintético podría ser empleado para integrar datos y conocimientos de diversas fuentes y desarrollar un enfoque holístico y completo para mejorar el sistema

contra incendios. Este enfoque permitiría combinar información de expertos en seguridad, datos empíricos recopilados a través de la observación y la revisión de literatura relevante, creando así una visión unificada y estratégica para fortalecer la seguridad contra incendios en la planta Villazón.

1.4.2. Técnicas

Algunas técnicas de investigación cualitativa que podrían aplicarse incluyen entrevistas, análisis de contenido de documentos relacionados con la seguridad, y observación participante para comprender cómo se implementa el sistema y cómo se relaciona con el trabajo diario en la planta

1.4.3. Instrumentos

Los instrumentos utilizados podrían incluir cuestionarios de entrevistas estructuradas para la recopilación de datos respecto a la seguridad, planos, etc.

1.5. OBJETIVOS

1.5.1. Objetivo General

Realizar un estudio técnico – normativo para la implementación de un sistema contraincendios en la planta de almacenamiento de combustibles líquidos Villazón, a fin de dar cumplimiento a reglamentaciones del sector hidrocarburífero.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Realizar una descripción del proceso operativo de la planta de almacenamiento de Villazón
- Evaluar el nivel de riesgo actual de los tanques de almacenamiento
- Seleccionar los equipos requeridos según disposiciones de la NFPA
- Elaborar un plano de planta con la distribución de los equipos del sistemas contra incendio recomendado

CAPÍTULO II: DESARROLLO

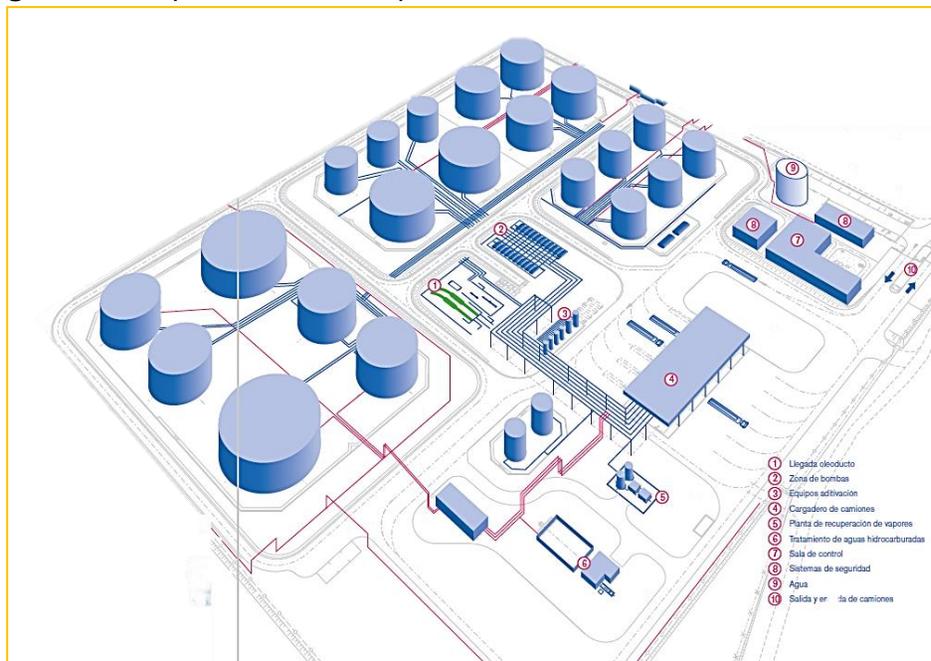
2.1 MARCO TEÓRICO

2.1.1. Infraestructura básica de planta de almacenaje de combustibles

Las Empresas interesadas en la Construcción y Operación de Plantas de Almacenaje, para la comercialización de combustibles líquidos, especialmente de gasolinas y Diesel oíl, deberán contar en sus proyectos con la siguiente infraestructura básica (ANH, 2023)

- a) Sistemas de transporte de hidrocarburos de planta a planta, mediante ductos o poliductos (Opcional) o tanques cisternas.
- b) Sistema de recepción y almacenamiento de productos.
- c) Sistema de despacho de productos o cargaderos de cisternas
- d) Sistemas y dispositivos de seguridad contra incendios.
- e) Laboratorios de control de calidad y servicios básicos de agua, aire, energía eléctrica, etc.
- f) Talleres de reparación y mantenimiento.
- g) Oficinas administrativas.

Figura 1: Componentes de una planta de Almacenamiento de hidrocarburos



Fuente: (Compañía Logística de Hidrocarburos, 2023)

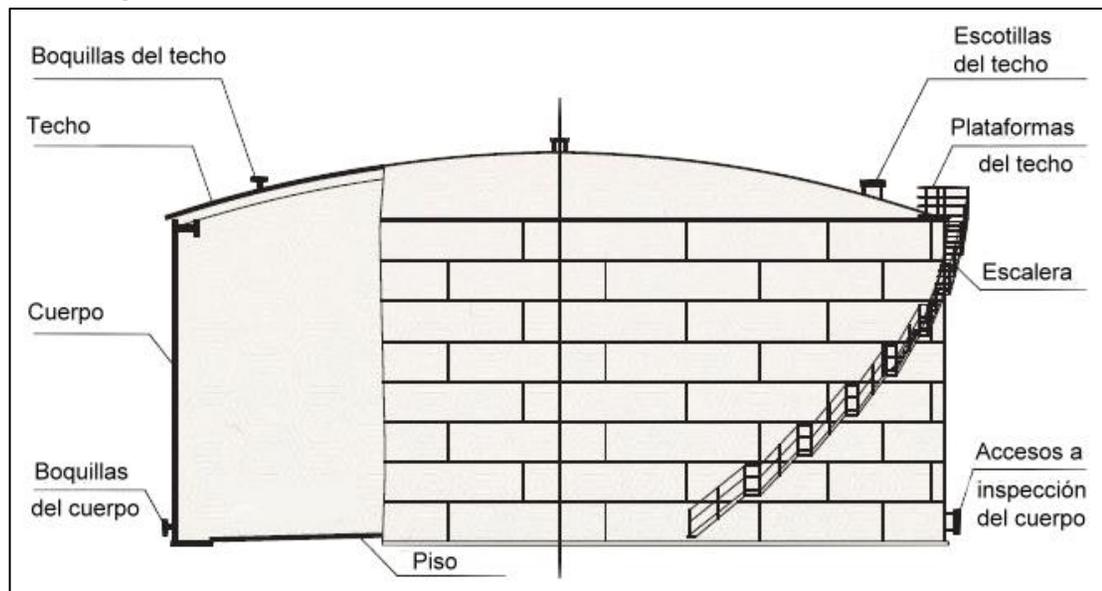
2.1.2. Tanques de almacenamiento.

“Los tanques de almacenamiento son depósitos de acero diseñados para almacenar o procesar fluidos (hidrocarburos)”. Por lo general, son de forma cilíndrica, esto los hace resistentes y de fabricación económica y sencilla. La razón por la que son muy comunes es que, en la mayoría de los procesos industriales, es necesario almacenar productos o insumos, para su procesamiento o distribución. Generalmente operan a presión atmosférica. Pueden no estar completamente cerrados o no tener techo. (Batista, 2010)

El código de construcción API 650 contempla en su alcance tanques soldados para el almacenamiento de crudo. De manera simple un tanque API 650, es un tanque de sección cilíndrica, de eje vertical, con base plana apoyada sobre el suelo, con presión de trabajo igual a la atmosférica o menor a 18 KPa, temperaturas por debajo de 93 °C y fabricados en acero.

Independientemente del diseño y uso previsto, todos los tanques tienen tres componentes principales: el fondo o piso, el cuerpo y el techo, como se observa en la siguiente figura

Figura 2: Estructura de un tanque de almacenamiento de Crudo



Fuente: (Chavarria Camacho , 2020)

Según el D.S. 012-93-EM estos equipos pueden clasificarse en Tanques atmosféricos o Tanques a presión, y su uso depende del tipo de fluido que vayan a ser almacenados:

2.1.2.1. Tanques atmosféricos.

El D.S. 012-93-EM establece que se deben utilizar para el almacenamiento de líquidos cuya presión de vapor a nivel del mar sea como máximo 13 psia (0.914 kg/cm²). A su vez, este tipo de tanques se clasifican en:

- Tanques atmosféricos de techo fijo

El techo de este tipo de tanques puede estar soportado por columnas internas o sobre la misma pared del recipiente. Se pueden utilizar para almacenar líquidos cuya presión de vapor sea inferior a 4 psia.

Es importante mencionar que, entre la superficie del líquido y el techo del tanque, se forman vapores; los cuales, deben ser venteados al ambiente mediante el uso de accesorios, para evitar que la presión interna del equipo se eleve. La forma del techo de estos tanques puede ser cónica o tipo domo.

Figura 3: Tanque atmosférico con techo tipo cono



Fuente: Tank Protection Best Practice and Lesson Learnt (Hough, 2015)

- Tanques atmosféricos de techo flotante

En este tipo de tanques el techo flota sobre la superficie del líquido, disminuyendo la formación de vapores y con ello, evita que el material se pierda en el ambiente.

Según el D.S. 012-93-EM se utilizan para almacenar fluidos volátiles que presenten principalmente alguna de las siguientes características:

Presión de vapor entre 4 psia (0.281 kg/cm²) a 13 psia (0.914 kg/cm²). Temperatura de almacenamiento cercana en 15°F (8.3°C) a su punto de inflamación o superior a dicha variable.

Figura 4: Tanque de techo flotante externo



Fuente: 90' x 48' Crude oil tank with external floating roof (Alliance Tank Service, 2016)

2.1.3. Análisis de riesgo

El determinar el nivel de riesgo de incendio y explosión para los tanques de almacenamiento de GE Y DO ha sido de interés para organismos nacionales e internacionales debido a que las consecuencias de un incidente que involucre incendio y explosión podría traer efectos perjudiciales para la propiedad y el ambiente, es por esto que existe estudios relacionados a la evaluación del riesgo y también estudios para minimizar los efectos de un accidente de estos mediante sistemas de extinción. Algunas de las fuentes que se utilizarán para el desarrollo de esta investigación son:

- Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 1 536:98 (Segunda Revisión)
- Prevención De Incendios. Requisitos de Seguridad en Plantas de Almacenamiento de hidrocarburos, en esta normativa se establecen parámetros mínimos que se deben tomar en cuenta para el diseño del sistema contra incendios.

Esta normativa adicionalmente establece parámetros generales para prevención de incendios referente que se indican a continuación:

- a) No se debe permitir llamas abiertas y otras fuentes de ignición en toda el área de peligro de la planta.

b) Todas las plantas de almacenamiento y envasado de GLP requieren de pararrayos, ubicados de conformidad con los planos de construcción debidamente aprobados.

c) Dentro de las áreas de peligro no deben permitirse las llamas abiertas, inclusive las operaciones de corte y soldadura, herramientas eléctricas portátiles y extensiones eléctricas capaces de producir chispas, a menos que los dispositivos hayan sido totalmente drenados de G.E. o D.O. y bajo condiciones controladas, con servicio para extinción de incendios a mano.

2.1.4. Definición de Método APR

El análisis preliminar de riesgo (APR) es una herramienta muy útil en la detección de riesgos, construyéndose una técnica base de análisis de riesgos, la cual es utilizada para evaluar los riesgos de un proceso, considerando siempre la operación de equipos. Basados en criterios de aceptabilidad de riesgos definidos por el APR, se logrará determinar la necesidad de tomar acciones preventivas o de mitigación anticipada en los escenarios identificados haciendo uso de esta herramienta.

- Matriz general de tolerabilidad de riesgos

Es la identificación de severidad potencial de consecuencias a través de análisis de riesgos a niveles aceptables.

Tabla 1: Matriz general de tolerabilidad de riesgos

Impacto
¿Qué tan severos serían los resultados si ocurriera el riesgo?

| | Insignificante 1 | Menor 2 | Significativo 3 | Mayor 4 | Severo 5 |
|-----------------|---------------------|------------|--------------------|-------------|-------------|
| 5 Casi seguro | Medio 5 | Alto 10 | Muy alto 15 | Extremo 20 | Extremo 25 |
| 4 Probable | Medio 4 | Medio 8 | Alto 12 | Muy alto 16 | Extremo 20 |
| 3 Moderado | Bajo 3 | Medio 6 | Medio 9 | Alto 12 | Muy alto 15 |
| 2 Poco probable | Muy bajo 2 | Bajo 4 | Medio 6 | Medio 8 | Alto 10 |
| 1 Raro | Muy bajo 1 | Muy bajo 2 | Bajo 3 | Medio 4 | Medio 5 |

Fuente: (Patzí Alex, 2015)

- Matriz de evaluación de riesgos

En este caso la evaluación de riesgo es la probabilidad x la severidad y como resultado obtenemos el nivel de riesgo.

Tabla 2: Matriz de evaluación de riesgos

| MATRIZ DE RIESGO | | | | | | Color | Nivel de Riesgo | |
|------------------|---|------------|---------|-----------|----------|-----------|-----------------|------------------|
| Probabilidad | | | | | | | | |
| Severidad | | Improbable | Posible | Ocasional | Moderada | Constante | | |
| Insignificante | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 2 a 8 | Riesgo Aceptable |
| Menor | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 10 a 18 | Riesgo Tolerable |
| Moderado | 3 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 20 a 24 | Riesgo Alto |
| Crítico | 4 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 30 a 50 | Riesgo Extremo |
| Catastrófico | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | |

| Riesgo | Severidad | Probabilidad | Nivel de Riesgo |
|--------|--------------|--------------|------------------|
| 1 | Catastrófico | Moderada | Riesgo Extremo |
| 2 | Moderado | Posible | Riesgo Tolerable |

Fuente: (Patzi Alex, 2015)

- **Riesgo Extremo (30-50)**
Situación inesperada que pueda convertirse en fuera de control y representa riesgos para el personal de planta, equipos, instalaciones y al medio ambiente.
- **Riesgo Alto (20-24)**
Aquél riesgo que ha sido reducido a un nivel moderado en donde los controles deben mantenerse en forma permanente.
- **Riesgo Tolerable (10-18)**
No se necesita mejora la acción preventiva, sin embargo, se deben considerar soluciones rentables o mejora que no supongan una carga económica importante.
- **Riesgo Aceptable (2-8)**
Aquél riesgo que ha sido reducido a un nivel soportable por la organización habiendo respetado su política y obligaciones legales, no necesita adoptar ninguna acción.

2.1.5. Incendio

Un incendio es en realidad el calor y la luz (llamas) que se produce cuando un material se quema o pasa por el proceso de combustión.

Entre los tipos de incendio se tiene:

- **Incendio Tipo A**
Son los que se producen con materiales ordinarios como madera, papel, algodón, caucho y ciertos plásticos.
- **Incendio Tipo B**
Son los que se producen con líquidos inflamables, líquidos combustibles, derivados del petróleo, grasas, alquitrán, aceites, pinturas (diluidas en aceite), solventes, lacas, alcohol y gases inflamables.
- **Incendio Tipo C**
Son aquellos en los cuales se generan con energía eléctrica en donde es importante el aislamiento del agente extintor. (Si no habría presencia de energía eléctrica se pueden considerar como incendios tipo A o B).
- **Incendio Tipo D**
Son aquellos en los cuales se generan en metales combustibles como el potasio, litio, sodio, zirconio, titanio y magnesio.
- **Incendio Tipo K**
Son aquellos que se generan en cocinas o ambientes donde se tiene la presencia de grasas y aceites de origen animal y vegetal.

2.1.5.1. Combustibles líquidos

Se considera combustibles líquidos a los hidrocarburos que tienen punto de inflamación superior a los 22.8 °C (73 °F); asimismo en la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego (NFPA) 30

Los líquidos Inflamables deben clasificarse de acuerdo a lo siguiente:

a) Clase I

Clase IA: Líquidos con un punto de inflamación inferior a 73 grados Fahrenheit (22.8 grados Celsius) y un punto de ebullición inferior a 100 grados Fahrenheit (37.8 grados Celsius). Ejemplos: acetona, metanol.

Clase IB: Líquidos con un punto de inflamación inferior a 73 grados Fahrenheit (22.8 grados Celsius) y un punto de ebullición igual o superior a 100 grados Fahrenheit (37.8 grados Celsius). Ejemplos: etanol, gasolina.

Clase IC: Líquidos con un punto de inflamación igual o superior a 73 grados Fahrenheit (22.8 grados Celsius) pero inferior a 100 grados Fahrenheit (37.8 grados Celsius).
Ejemplos: tolueno, xileno.

Los líquidos Combustibles deben clasificarse de acuerdo a lo siguiente:

b) Clase II

Clase II: Líquidos con un punto de inflamación igual o superior a 100 grados Fahrenheit (37.8 grados Celsius) pero inferior a 140 grados Fahrenheit (60 grados Celsius).
Ejemplos: Diesel, aceites lubricantes.

c) Clase III

Clase IIIA: Líquidos con un punto de inflamación igual o superior a 140 grados Fahrenheit (60 grados Celsius) pero inferior a 200 grados Fahrenheit (93.3 grados Celsius).
Ejemplos: queroseno, aceite para calentar.

Tabla 3: Diversidad de combustibles según su Clase

| | |
|-------------------|---|
| Clase I | Dietil éter, óxido de etileno, algunos combustibles crudos livianos, gasolinas para motores y de aviación, tolueno, lacas diluyente para lacas, xileno, algunas pinturas, algunos cementos en base a solvente |
| Clase II | Combustible diésel, diluyente para pinturas |
| Clase IIIA | Combustible para calefacción doméstica |
| Clase IIIB | Aceites de cocina, aceites lubricantes, aceite para motores |

Fuente: (30, NFPA, 2019)

2.1.6. Propagación de incendios

Durante un incendio se libera una gran cantidad de calor, que es una forma de energía; por ello, la manera en que se transfiere de un cuerpo a otro se puede explicar por los métodos convencionales de transferencia de calor. Los mecanismos de transferencia de calor son los siguientes (Cengel, 2011):

a) Conducción:

Es la transferencia de energía de una sustancia con elevada energía hacia otra con menos energía por medio de interacciones o contacto directo. Este método se presenta entre

Sólidos, líquidos y gases.

b) Convección:

Este mecanismo es una combinación entre los fenómenos de transferencia de calor por conducción y transporte de fluidos, donde a mayor velocidad se mueva el líquido o gas, mayor será el coeficiente de transferencia por convección.

c) Radiación:

En este método la energía se transfiere gracias a las ondas electromagnéticas o fotones emitidos por el cuerpo caliente; por ello, no necesita de un fluido que facilite la transferencia de calor.

2.1.6.1. Causas de incendio

El proceso por el cual, una sustancia se quema, es una reacción química entre un material combustible y oxígeno, o sea combustión. En este proceso se libera energía en forma de calor. Un incendio se produce por la presencia de cuatro (04) elementos básicos: calor o fuente de ignición, material combustible, una concentración apropiada de oxígeno y la reacción en cadena. Se acostumbra visualizar la relación de estos 04 elementos como una pirámide en la que cada elemento representa un lado y se unen en una relación simbiótica o mutuamente beneficiosa.

- El primero de estos factores es el combustible: puede ser cualquiera entre millares de materias: papel, madera, diésel, carbón, etc. En su estado gaseoso como gas natural, propano, butano, hidrogeno, etc. En estado líquido como gasolina, kerosene, diésel, alcohol, etc. o estado sólido como carbón, madera, papel, tela, plástico, etc., ninguno de estos materiales sólidos y líquidos arde. Para que ardan necesitan convertirse antes en gas.
- El segundo factor es el calor: este es el que proporciona la temperatura necesaria para convertir en gas al combustible. Algunos combustibles se convierten en gas (se gasifican o se volatilizan) a temperaturas más altas. Se sabe que necesitan menor calor para volatilizar la gasolina y hacer que arda, el que necesita para lograrlo con madera o carbón.
- El tercer factor para que el fuego se produzca, es el oxígeno: para provocar la ignición y comenzar a arder. Se requiere aproximadamente el 16% de oxígeno para la ignición, y se sabe que el aire tiene un 24% de oxígeno. Ciertos materiales contienen en su estructura cierta cantidad de oxígeno para apoyar la combustión.

- El último factor es una fuente de ignición: cualquier instrumento que desencadene el fuego, como por ejemplo chispas por aparatos eléctricos, rayos, elementos incandescentes, etc.

2.1.6.2. Modos de extinción

Teniendo en cuenta los cuatro factores por los cuales se produce un incendio, se debería evitar la presencia en un solo lugar de alguno de los mencionados factores. Si uno de estos no existe o se elimina, no hay o se termina el incendio. Este principio se utiliza para la extinción de incendios:

- Enfriamiento: el agente tradicional es el agua. Se aplica comúnmente en forma de torrente sólido, ducha fina o espuma, para tanques de almacenamiento de combustible se utiliza duchas de enfriamiento.
- Eliminación del Oxígeno: al material que se está quemando se debería cubrir con una manta, con una tapa, tierra, espuma o cuando se utiliza un extintor lo que normalmente hace es cubrir el área del incendio de un gas más pesado que el oxígeno. Para el caso del diésel, de utiliza agentes químicos o una mezcla de agua con espuma.
- Eliminación del material combustible: se debe alejar el material combustible o cerrar la fuente, siempre y cuando esto no ponga en peligro vidas humanas.
- Interrupción de la reacción en cadena: en el desarrollo del incendio, cuando se forma la llama, se producen radicales libres, vitales para que se sostenga el incendio. Los compuestos químicos que se aplicaran como polvo químico que captura radical libre en cadena. Otros el dióxido de carbono para reacciones ligeras.

2.1.7 Sistemas de protección contra incendios

Un sistema de protección contra incendio es un conjunto de varios componentes que están conectados entre sí, con el objetivo de detectar cualquier conato de incendio y activar en forma automática las medidas de lucha contra él, a fin de lograr su extinción.

El DS 2936 CAP.2, ART.20 prevención y protección contra incendios. Estos sistemas comprenden una serie de equipos y dispositivos que permiten la detección y extinción de incendios, con el fin de minimizar los daños y evitar su propagación. Dichos sistemas deben cumplir con los estándares internacionales como la NFPA.

- **Detección y alarma**

A los sistemas de protección contra incendios se les recomienda contar con un dispositivo, preferentemente automático, que alerte al personal sobre el siniestro e indique la ubicación del mismo. (Mendoza, 2014)

- **Extinción de incendios**

Este sistema es el encargado de extinguir el incendio y reducir sus efectos. Está conformado por equipos de extinción portátiles y fijos. Entre los equipos de extinción portátiles se encuentran los extintores, mangueras y boquillas de agua que se instalan sobre hidrantes.

Por otro lado, los equipos de extinción fijos están conformados por monitores de agua, cámaras de espuma y sistemas de rociadores de agua (Andrinich, 2018)

El DS 25502 menciona que los tanques de almacenamiento de hidrocarburos deben tener dos sistemas de protección contra incendios:

2.1.7.1. Sistema de enfriamiento

Es un conjunto de tuberías, accesorios y rociadores destinados a enfriar el tanque de almacenamiento cuando su temperatura se eleve por encima de lo normal, generalmente por un incendio aledaño. Se menciona que los tanques que deben contar con dicho sistema son aquellos que almacenen líquidos Clase I y II y tengan una capacidad superior 1,000 m³. El régimen de aplicación de agua de enfriamiento en tanques de GLP debe ser como mínimo 0.25 gpm/ft² (10.2 lpm/m²) por un tiempo de 4 horas.

Figura 5: Tanque de almacenamiento de hidrocarburo con sistemas
De protección contra incendios



Fuente: Tanques con protección contra incendios (YPFB), 2023

- **Tuberías de agua**

El sistema de tuberías de agua es un conjunto de tuberías fijas procedentes del sistema de bombeo y del abastecimiento de agua para protección contra incendios. La red se compone de tuberías de agua enterradas y de tuberías de agua aéreas.

De acuerdo ITC-MI-IP-02, todas las secciones de la red general de agua contra incendios, se calcularán de modo que garanticen los caudales requeridos en cada punto.

- **Sistema de espuma**

La generación de la espuma se produce en una primera etapa de inducción, en la que se consigue la mezcla entre el agua y el líquido espumógeno a través de un proporcionador, produciendo el agente espumante; en una segunda etapa de generación, se le agrega aire a la mezcla anterior, a la salida del dispositivo de descarga, y se produce la espuma. Los sistemas a base de espuma utilizan los mecanismos sofocación, separación o aislamiento, enfriamiento e inhibición.

2.1.7.2 NFPA

La NFPA (National Fire Protection Association) es internacionalmente reconocida y referenciada en la reglamentación nacional. Esta recopilación de normas es conocida como fuente autorizada de datos técnicos y recomendaciones para el campo de prevención, protección y control del fuego.

NFPA 704 es la norma que explica el "diamante de materiales peligrosos" establecido por la Asociación Nacional de Protección contra el Fuego utilizado para comunicar los riesgos de los materiales peligrosos.

Las cuatro divisiones tienen colores asociados con un significado. El azul hace referencia a los peligros para la salud, el rojo indica la amenaza de inflamabilidad y el amarillo el peligro por reactividad: es decir, la inestabilidad del producto. A estas tres divisiones se les asigna un número de 0 (sin peligro) a 4 (peligro máximo). Por su parte, en la sección blanca puede haber indicaciones especiales para algunos materiales, indicando que son oxidantes, corrosivos, reactivos con agua o radiactivos.

Figura 6: Clasificación de Riesgo



Fuente: (NFPA 704, 2023)

2.1.7.3. Normativas, reglamentos y leyes

Para el Diseño de un Sistema de Protección Contra Incendios, se considerarán las siguientes normativas, reglamentos y leyes:

- Constitución Política de Bolivia del 2009, artículo 46.
- Decreto de Ley 16998, Ley General de Higiene, Seguridad Ocupacional y Bienestar del 2 de agosto de 1979

- Reglamento de Gestión de Riesgo del 15 de noviembre de 2014
- Ley 449 Ley de Bomberos, Artículo 31 “Sistema de Prevención y Protección contra Incendios” del 04 de diciembre de 2013.
- Reglamento Del Sistema De Prevención y Protección Contra Incendios – SIPPC
- D.S. 25048 Reglamento para la Construcción y Operación de Terminales Almacenaje de Combustibles Líquidos
- NFPA 11: Norma para espumas de Baja, Media y Alta Expansión.
- NFPA 13 Norma para la Instalación de Sistemas de Rociadores
- NFPA 14: Norma para la Instalación de Sistemas de Tubería vertical y mangueras.
- NFPA 15 Norma para sistemas fijos de aspersores de agua para protección contra incendios.
- NFPA 20: Norma para la selección de bombas que se suministran líquido a sistemas privadas de protección contra incendios.
- NFPA 24: Norma para la Instalación de Tuberías para Servicio Privado de Incendios y sus Accesorios.
- NFPA 25: Norma para la inspección prueba y mantenimiento de sistemas hidráulicos de protección contra incendios.
- NFPA 30A: Código de Líquidos Inflamables y Combustibles

2.1.8. Equipos requeridos según la NFPA

Según la NFPA 11 y la ITC MI-IP-02, todos los tanques atmosféricos verticales que almacenen productos inflamables o combustibles deben protegerse con sistemas fijos y/o semifijos de suministro de espuma física para extinción de incendios, de aplicación superficial y/o subsuperficial dependiendo del producto contenido.

La espuma contra incendios está formada básicamente por tres componentes: espumógeno, agua y aire. Se pueden clasificar las espumas en función de la base con la que se fabrica el espumógeno utilizado. La generación de la espuma se produce en una primera etapa de inducción, en la que se consigue la mezcla entre el agua y el líquido espumógeno a través de un proporcionador, produciendo el agente espumante; en una segunda etapa de generación, se le agrega aire a la mezcla anterior, a la salida del dispositivo de descarga, y se produce la espuma

Los sistemas a base de espuma utilizan los mecanismos sofocación, separación o aislamiento, enfriamiento e inhibición.

En el enfriamiento se produce la ruptura de la espuma, que drena el agua contenida y absorbe el calor del combustible, enfriando las superficies metálicas adyacentes. Con la inhibición se consigue la eliminación de la reacción en cadena entre el combustible y el aire.

2.1.8.1. Espumógeno

Los espumógenos son concentrados líquidos que, mezclados en la proporción adecuada con agua, son capaces de producir una espuma mediante la incorporación de aire con las propiedades extintoras para la protección contra incendios.

Las espumas se clasifican por su relación de expansión o relación del volumen final de espuma con respecto a su volumen original antes de añadir aire a la mezcla. Hasta una relación de expansión de 1:20, se denominan espumas de baja expansión. Con una relación de expansión de entre 1:20 y 1:200, son de media expansión, y finalmente están las de alta expansión con una relación entre 1:200 y 1:1000

Por las indicaciones de la norma la NFPA 11, y debido a que es un fuego de clase B (fuegos que se producen en líquidos combustibles), se aplicará una espuma física de baja expansión en inyección superficial en el tanque siniestrado.

Existen diferentes tipos de espumógenos, entre los que se puede clasificar los siguientes tipos definidos en el Anexo A de la Norma UNE 1568-3:

- Espumógenos proteínicos (P)
Son líquidos derivados de materiales proteínicos hidrolizados
- Espumógenos fluoroproteínicos (FP)
Son concentrados proteínicos con agentes tensoactivos fluorados añadidos.
- Espumógeno sintético (S): Basados en mezcla de agentes tensoactivos hidrocarburos y no contienen compuestos fluororgánicos.
- Espumógenos resistentes al alcohol (AR):
Pueden ser adecuados para ser utilizados con combustibles de hidrocarburos y adicionalmente son resistentes a la destrucción cuando se aplican
- sobre la superficie de combustibles miscibles con agua.

- Espumógenos formadores de película acuosa (AFFF): Normalmente se basan en mezclas de agentes tensoactivos fluorados y surfactantes hidrocarbonados y tienen la capacidad de formar una película acuosa sobre la superficie de algunos hidrocarburos.
- Espumógenos fluoroproteínicos formadores de película (FFFP): Son espumógenos Fluoroproteínicos que tienen la capacidad de formar una película acuosa sobre algunos combustibles hidrocarburos.
- Espumógenos sin fluor (F3): Estos espumógenos se dedican a lograr clasificación de prestación de extinción y se destinan aplicaciones similares a las espumas AFFF y/o AR sin usar compuestos fluororgánicos. Estos espumógenos se basan en mezclas de agentes hidrocarbonados tensoactivos y estabilizadores no fluorados.

La formación del espumante, se realizan en unas proporciones adecuadas de agua y espumógeno. Las más conocidas son concentraciones del 1%, 3% y 6%. Atendiendo a la concentración de 3%, quiere decir que por cada 97 partes de agua se añaden 3 partes de espumógeno para formar la solución completa.

La relación de expansión también es una característica importante en la aparición de los diferentes tipos de espumas y en las aplicaciones de estas. La relación de expansión es la relación de volumen inicial de espumante y el volumen final de la espuma. Existen diferentes tipos de espumas en virtud de su relación de expansión:

- Espumas de baja expansión: Este tipo de espumas recibe valores de relación de expansión 20:1.
- Espumas de media expansión: Para este tipo la relación de expansión ocupa valores en un rango de 20:1 hasta 100:1.
- Espumas de alta expansión: El rango de expansión varía entre 200:1 y 2000:1.

2.1.8.2. Red de espuma

La red de espuma se inicia con la línea de agua que parte del colector de impulsión de las bombas hacia los proporcionadores de espumógeno, donde se produce la mezcla al 3% en v/v de espumógeno con agua para producir espumante. La red continúa por un lado hacia el puesto de control de espumante con válvulas de activación manual, de retención y corte; y por otro lado, al cargadero donde finaliza con unos rociadores.

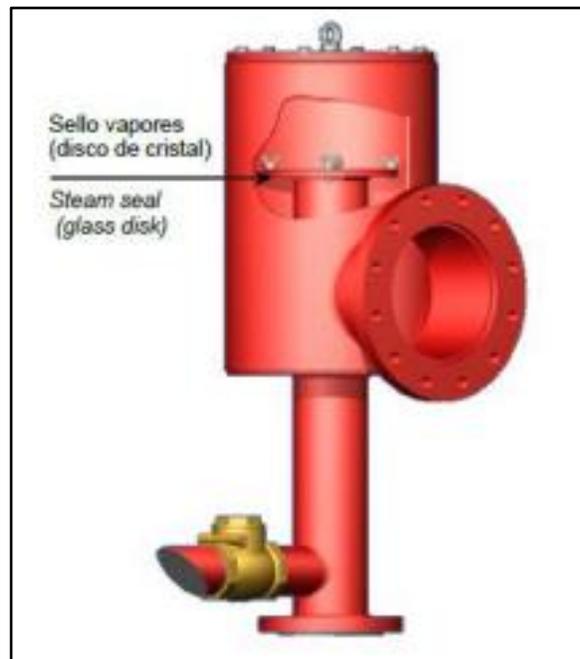
Desde el puesto de control parten 4 líneas de espuma hacia las cámaras de formación de espuma. El sistema de espuma está compuesto por los siguientes elementos.

- Sistema de dosificación
Depósito de almacenamiento de espumógeno. Equipo de dosificación de espumógeno.
- Sistema de distribución de espuma.
Tuberías espuma.
- Cámaras de espuma.
- Rociadores agua-espuma.

2.1.8.3. Cámaras de espuma

Las cámaras de espuma son los elementos que se colocan en los tanques y que se encargan de la aplicación de espuma en la superficie del líquido afectado por el incendio. Es donde se produce la mezcla de aire con el líquido agua-espuma.

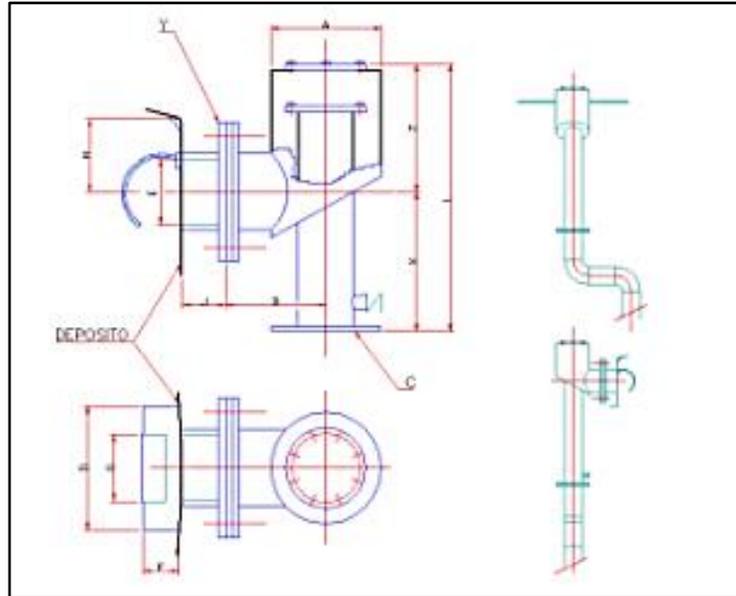
Figura 7: Planos en 3D de las cámaras de espuma



Fuente: (Fernandez Daza Pedro, 2022)

2.1.8.4. Instalación de la cámara en el tanque

Figura 8: Esquema de conexión de la cámara en el tanque.



Fuente: (Fernandez Daza Pedro, 2022)

Las bocas se fijarán al tanque y se equiespaciaron alrededor de la periferia del tanque y su tamaño será tal que proporcionen el mismo caudal, aproximadamente. Las bocas se fijarán en la parte alta de la virola y se situaran o conectarán de forma que se evite la posibilidad de que el contenido del tanque penetre en las líneas de espumante.

Figura 9: Foto de conexión de cámara de espuma al tanque.



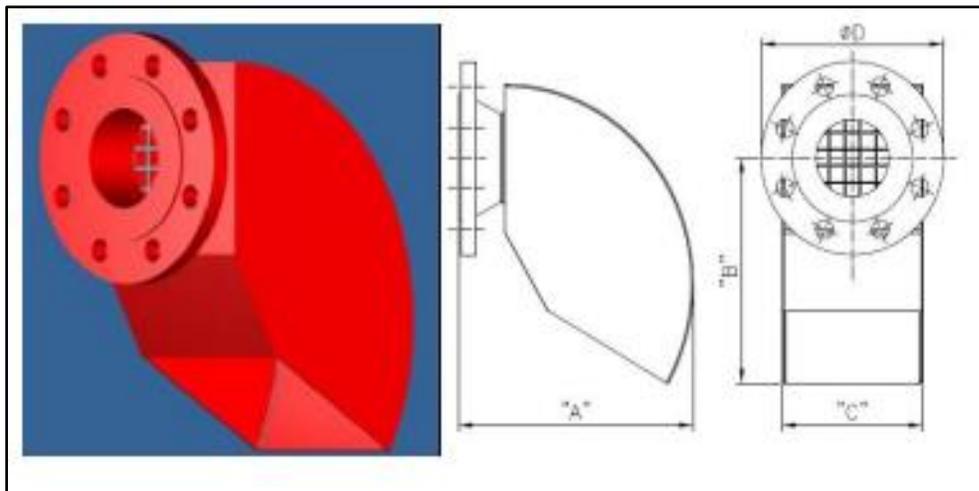
Fuente: (Fernandez Daza Pedro, 2022)

2.1.8.5. Vertedera de espuma

Las bocas de descarga o vertederas es el elemento final del sistema de protección contra incendio a base de espuma en tanques. Se encargan de la descarga de espuma en el tanque, con el objetivo de extender eficientemente la espuma sobre la superficie del combustible sin generar cúmulos aislados de espumas disperso. En cuanto a la localización de las vertederas de espuma, estas estarán separadas en cada tanque en un ángulo de 180° y se aconsejan instalarse debajo de la junta débil del tanque (unión techo-virola)

Según la Norma UNE 13565-2.

Figura 10: Planos y dibujo 3D de vertedera de espuma.



Fuente: (Fernandez Daza Pedro, 2022)

2.1.8.6. Catálogos de Cámara de Espuma

Existen varios fabricantes y catálogo de cámara de espuma, como ser:

- FOREDE es uno de los fabricantes y proveedores de cámaras de espuma más profesionales de China desde hace más de 15 años
- ZENSITEC Especialistas en Sistemas Contra Incendio en Oil&Gas, Energía y Minería. Desarrollos en México, Perú, Colombia, Argentina, Bolivia y Uruguay.
- SHENZHEN WINAN INDUSTRIAL DEVELOPMENT CO., LTD. Especializados en la fabricación de equipos de extinción de incendios durante 20 años y nos dedicamos a proporcionar a los clientes productos de alta calidad y fiables.

2.1.8.7 Red de hidrantes

El hidrante es un equipo contra incendios cuya misión es la de suministrar una gran cantidad de agua por minuto, permite la conexión de equipos contra incendio y el llenado de las cisternas de agua de los camiones bomba propios de los bomberos.

El caudal de agua para cada hidrante será de dos mil litros por minuto (2000 l/min), se le instalará a cada hidrante adicionalmente un tanque de reserva de espumógeno 3,6 m³, para de esta manera facilitar la extinción de cualquier incendio más rápidamente.

Figura 11: Hidrante con Monitor y Armario de Equipo Auxiliar



Fuente: (Catálogo Integra Seguridad protección y Control)

2.1.8.8. Cámara de bombas

Tipos de Bombas contra incendio provee ZENSITEC

ZENSITEC provee bombas contra incendio con certificado UL y FM Approved conforme a NFPA20 de los siguientes tipos:

- Bombas Horizontales Split Case o de cascara partida
- Bombas En Suction o Bombas de succión axial o back-pull-out
- Bombas Verticales en línea
- Bombas Verticales Split case
- Bombas de turbina Vertical

Características principales de bomba jockey NFPA-20:

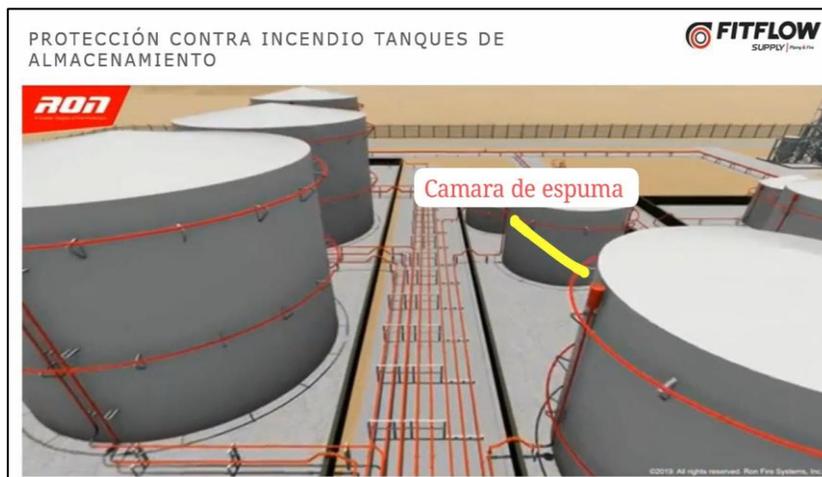
- Presión de descarga suficiente para mantener la presión de diseño en stand-by
- Presión 10 Psi por encima la de la bomba principal
- Caudal nominal de la bomba jockey mayor a cualquier posible goteo o pérdida esperable de la red
- Caudal bomba jockey: 2% al 10% del caudal de la bomba principal
- No debe cubrir la demanda del dispositivo de incendio de menor caudal
- Debe poseer una válvula de retención Check valve en la descarga
- La bomba jockey debe ser centrífuga y puede ser horizontal o vertical
- Arranca y para automáticamente (a diferencia de la bomba principal que arranca automáticamente pero debe ser parada manualmente)
- No es necesario que la bomba jockey tenga certificado UL ni tampoco es necesario que el controlador de la bomba jockey tenga certificado UL. Pero si debe ser bombas confiables con alguna aprobación o sello de seguridad.

2.1.8.9. El anillo de enfriamiento

Es un circuito cerrado de tuberías con la finalidad de distribuir agua y minimizando riesgos específicos. Por sus propiedades físicas y capacidad refrigerante el agua es el material más utilizado para la protección contra incendios en las instalaciones.

El empleo de agua en los anillos de enfriamiento: proporciona el enfriamiento suficiente para una disipación efectiva del calor, en rangos que pueden retrasar o evitar la deformación de los elementos metálicos y el incendio del producto contenido.

Figura 12: Instalación de anillo con cámara de espuma

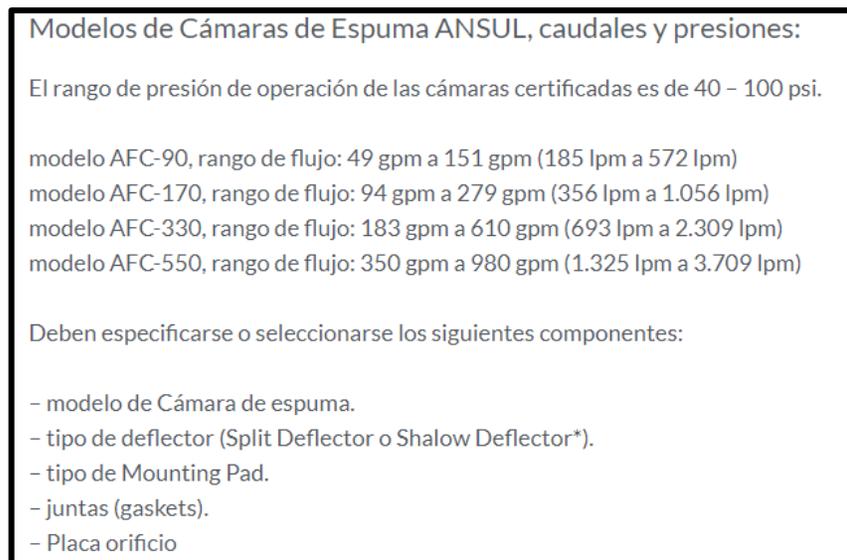


Fuente: (www.fundinova.com, 2023)

La cámara de espuma es un dispositivo de descarga de espuma con aspiración de aire, que cubre un gran rango de flujo desde 150 a 2400 litros por minuto a 2,8 a 7 kg/sq.cm. De presión de entrada. La cámara de espuma contiene un sellado de vapor para evitar la entrada de vapor en la cámara de espuma y en el tubo de solución de espuma. Cada cámara de espuma está suministrada con una placa con orificio, diseñada para el flujo y la presión de entrada requerida. El orificio es sustituible en el lugar en caso de un cambio en los parámetros de diseño. (Zensitic, especialista en sistema contra incendio. 2023)

Entre los tipos de cámara de espuma se encontró:

Figura 13: modelo y tipos de cámara de espuma



Fuente: (zensitic, 2023)

2.1.9. Hidrantes

Los hidrantes de columna son aquellos que se encuentran conectados a una red de abastecimiento, la cual suministrará agua solamente en caso de que la válvula principal sea accionada, por lo que en el interior de la columna del hidrante no habrá agua hasta ese momento. Este tipo de hidrante se compone de los siguientes elementos:

- Cabeza: Es la parte del hidrante que se encuentra sobre el nivel de tierra en la cual se sitúan las bocas de salida.

- Cuerpo de válvula: Parte del hidrante que se conecta a la tubería de suministro.
- Carrete: Es la unión entre la cabeza y el cuerpo de válvula del hidrante.
- Válvula principal: Permite e impide el paso de agua.
- Boca de salida: Salidas con racor para la conexión de las mangueras.
- Válvula de drenaje: Válvula que permite el vaciado del agua acumulada en la columna del hidrante.
- Nivel de rotura: Es aquel que consta de elementos más frágiles que separará la cabeza y el carrete en caso de impacto para evitar daños en la instalación.

Figura 14: Red hidrante



Fuente: (fitflow proteccion contra incendio, 2020)

2.2 MARCO CONTEXTUAL

2.2.1 Descripción de la planta de almacenamiento

- **UBICACIÓN DE LA PLANTA**

La planta de YPFB COMERCIAL VILLAZÓN está Ubicada en el Departamento de Potosí, Provincia Modesto Omiste en la Av. Circunvalación Zona YPFB.

Villazón es un municipio del sur de Bolivia, ubicada en el departamento de Potosí, capital de la provincia Modesto Omiste. Al otro lado del río, en territorio Argentino, se encuentra la ciudad de La Quiaca. Provincia de Jujuy.

Figura 15: Planta YPFB Comercial Villazón



Fuente: (Google earth, s.f.)

- **SISTEMA DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES**

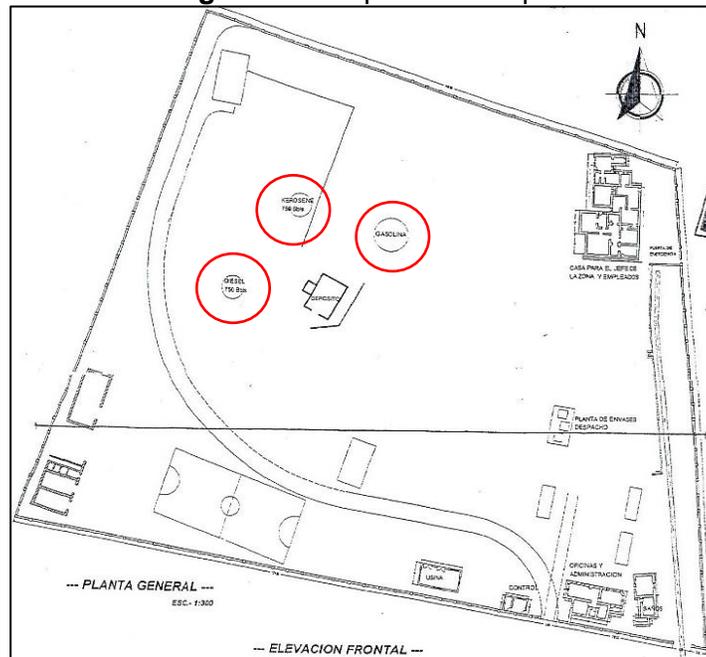
Actualmente la planta de Villazón cuenta con un patio de tanques de almacenamiento de una superficie de 16.200 m². Con una capacidad nominal que cuentan con tres tanques, uno de Diesel de casi medio millón de litros y dos de gasolina, cada una con 125,000.00 litros.

Tabla 4: Descripción de los tanques

| TANQUES | COMBUSTIBLE | ANTIGUEDAD | CAPACIDAD (LTS) |
|---------|-------------|------------|-----------------|
| 1011 | G.E. | 1963 | 115,446.00 |
| 1012 | G.E. | 1963 | 114,877.00 |
| 1013 | D.O. | 1980 | 498,458.00 |

Fuente: Elaboración propia

Figura 16: Esquema de la planta



Fuente: (Ing. Cruz Villca Jhilmar, 2023)

- **DESCRIPCION DE LA PLANTA DE ALMACENAMIENTO**

Como se puede observar en la Tabla 3, para G.E. y D.O. se cuenta con 3 tanques de almacenamiento, los cuales son del tipo vertical, debido a las características del producto. Dichos tanques son los siguientes: Los tanques de almacenamiento que se pretende proteger con el sistema contra incendios. Y el motivo de desarrollo de esta monografía tiene las siguientes características:

Tabla 5: Descripción del tanque de almacenamiento 1011

| TANQUES DE ALMACENAMIENTO PARA HIDROCARBUROS | | | | | | | | |
|--|----------|--|---|--|--|--|--|---|
| LIQUIDOS-VILLAZÓN | | | | | | | | |
| TANQUE | PRODUCTO | CAPACIDAD NOMINAL POR TANQUE (m ³) | CARGA MUERTA POR TANQUE (m ³) | CARGA MUERTA POR DUCTO (m ³) | Capacidad total operativa por tanque (m ³) | Capacidad total operativa por producto (m ³) | Capacidad de recepción (m ³ /día) | Capacidad de despacho (m ³ /día) |
| 1011 | GE | 119,3 | 5,8 | 11,6 | 101,4 | 202,8 | 85 | 15 |

Fuente: (Ing. Cruz Villca Jhilmар, 2023)

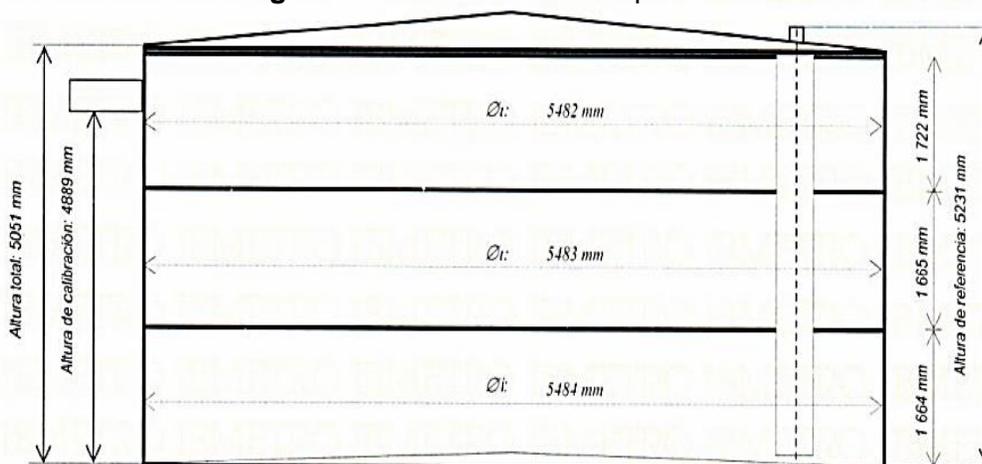
- GASOLINA ESPECIAL (G.E)**

Figura 17: tanque 1011



Fuente: (Ing. Flores José Alberto, 2023)

Figura 18: Dimensión del tanque 1011



Fuente: (Ing. Cruz Villca Jhilmар, 2023)

Tabla 6: Descripción del tanque de almacenamiento 1012

| TANQUES DE ALMACENAMIENTO PARA HIDROCARBUROS | | | | | | | | |
|--|----------|--|---|--|--|--|--|---|
| LIQUIDOS-VILLAZÓN | | | | | | | | |
| TANQUE | PROCUETO | CAPACIDAD NOMINAL POR TANQUE (m ³) | CARGA MUERTA POR TANQUE (m ³) | CARGA MUERTA POR DUCTO (m ³) | Capacidad total operativa por tanque (m ³) | Capacidad total operativa por producto (m ³) | Capacidad de recepción (m ³ /día) | Capacidad de despacho (m ³ /día) |
| 1012 | GE | 119,3 | 5,8 | 11,6 | 101,4 | 202,8 | 85 | 15 |

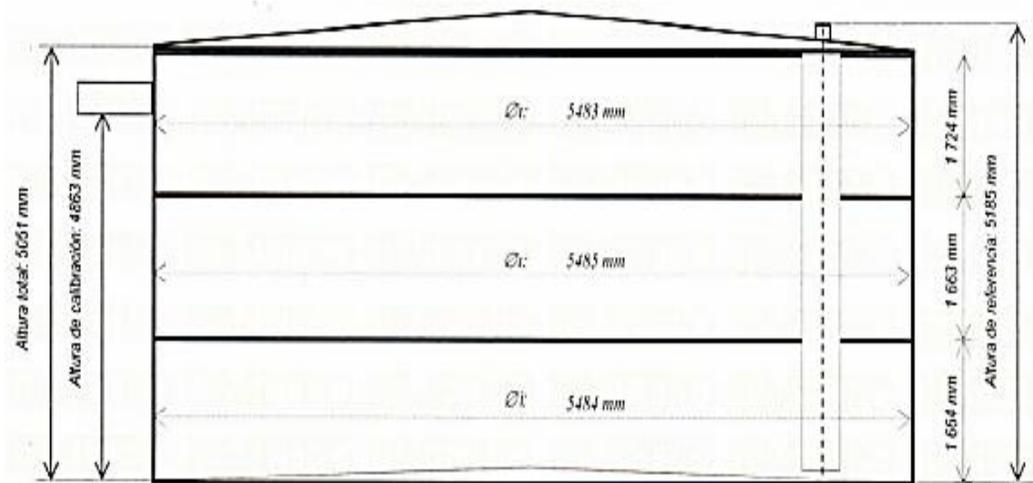
Fuente: (Ing. Cruz Villca Jhilmар, 2023)

Figura 19: tanque 1012



Fuente: (Ing. Flores José Alberto, 2023)

Figura 20: Dimensión del tanque 1012



Fuente: (Ing. Cruz Villca Jhilmар, 2023)

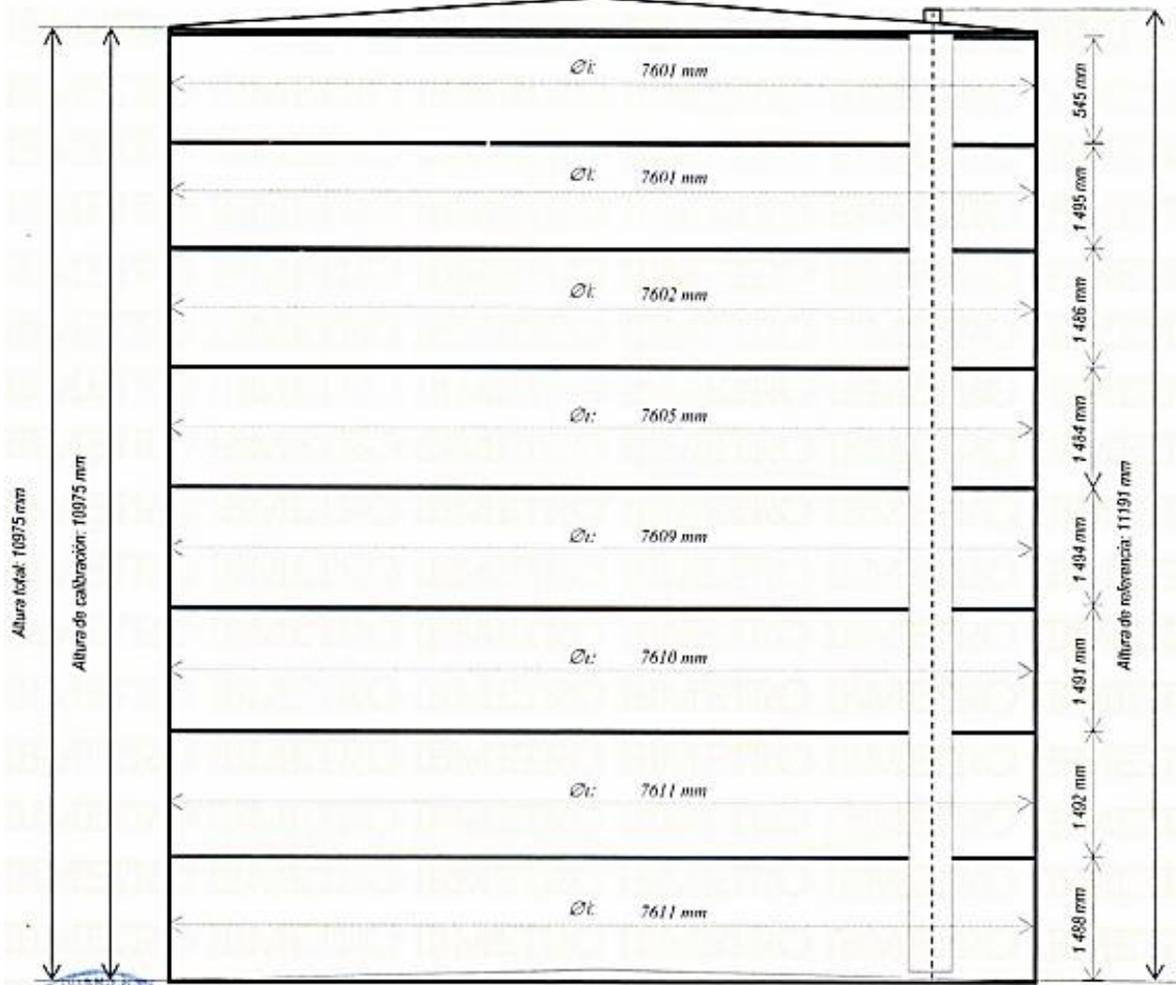
- DIESEL OIL (D.O.)

Tabla 7: Descripción del tanque de almacenamiento 1013

| TANQUES DE ALMACENAMIENTO PARA HIDROCARBUROS | | | | | | | | |
|--|----------|--|---|--|--|--|--|---|
| LIQUIDOS-VILLAZÓN | | | | | | | | |
| TANQUE | PROCUETO | CAPACIDAD NOMINAL POR TANQUE (m ³) | CARGA MUERTA POR TANQUE (m ³) | CARGA MUERTA POR DUCTO (m ³) | Capacidad total operativa por tanque (m ³) | Capacidad total operativa por producto (m ³) | Capacidad de recepción (m ³ /día) | Capacidad de despacho (m ³ /día) |
| 1013 | DO | 475,9 | 10,7 | 10,7 | 404,5 | 404,5 | 165 | 40 |

Fuente: (Ing. Cruz Villca Jhilmар, 2023)

Figura 21: Dimensión del tanque 1013



Fuente: (Ing. Cruz Villca Jhilmар, 2023)

Figura 22: tanque 1013



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.2.2. Diagnostico

Actualmente la planta de Villazón no dispone con un sistema contra incendios para protección de los tanques, y es lo que se propone en la monografía, por lo tanto, un accidente que involucre un incendio y/o explosión en los tanques de almacenamiento de G.E. y G.O. afectaría de manera catastrófica.

Si bien el personal que trabaja en la planta está bien capacitado para realizar diferentes procesos de manera eficaz y segura, no obstante, existe personal externo que ingresa a esa área como los choferes de las cisternas para el cargo o entrega de combustibles y otros servicios, estos representan un riesgo considerable, ya que puede existir otros factores de riesgos ya sean naturales o antropogénicos, con su implementación se trata de conseguir tres fines:

- Salvar vidas humanas
- Minimizar las pérdidas económicas producidas por el fuego
- Conseguir que las actividades de la empresa puedan reanudarse en el plazo de tiempo más corto posible

El nivel de probabilidad estadística de ocurrencia de un accidente que involucre incendio y/o explosión, tenemos los siguientes valores:

Nivel de Probabilidad: 8
 Nivel de Consecuencia: 4

Estos valores serán utilizados para poder visualizar el nivel de riesgo que han sido clasificados

Tabla 8: Nivel de riesgo

| | |
|--|------------------|
| | RIESGO EXTREMO |
| | RIESGO ALTO |
| | RIESGO TOLERABLE |
| | RIESGO ACEPTABLE |

Fuente: (EPA 2009)

La matriz que se utiliza para la evaluación del riesgo es la que se muestra en la Tabla 9

Tabla 9: Matriz evaluación de riesgo

| | | MATRIZ DE RIESGO | | | | | | |
|----------------|---|------------------|---------|-----------|----------|-----------|---------|------------------|
| | | Probabilidad | | | | | | |
| | | Improbable | Posible | Ocasional | Moderada | Constante | | |
| Severidad | | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | Color | Nivel de Riesgo |
| Insignificante | 1 | 2 | 4 | 6 | 8 | 10 | 2 a 8 | Riesgo Aceptable |
| Menor | 2 | 4 | 8 | 12 | 16 | 20 | 10 a 18 | Riesgo Tolerable |
| Moderado | 3 | 6 | 12 | 18 | 24 | 30 | 20 a 24 | Riesgo Alto |
| Crítico | 4 | 8 | 16 | 24 | 32 | 40 | 30 a 50 | Riesgo Extremo |
| Catastrófico | 5 | 10 | 20 | 30 | 40 | 50 | | |

| Riesgo | Severidad | Probabilidad | Nivel de Riesgo |
|--------|--------------|--------------|------------------|
| 1 | Catastrófico | Moderada | Riesgo Extremo |
| 2 | Moderado | Posible | Riesgo Tolerable |

Fuente: (Alex P., 1015)

Por lo tanto se puede verificar que actualmente el Nivel de Riesgo de Incendio y/o Explosión de los tanques de almacenamiento de G.E. y D.O. se lo consideran como RIESGO CRITICO.

Por lo expuesto anteriormente es indispensable el estudio técnico para la aplicación de un sistema de inyección de espuma, por lo cual es seleccionado en función del tipo de producto almacenado y de acuerdo a la recomendación de normativas internacionales para minimizar el nivel de consecuencia de un accidente que involucre incendio y/o explosión. Que se muestra en la siguiente tabla.

Tabla 10: Sistema de inyección de espuma en función del tipo de producto almacenado

| | LÍQUIDOS INFLAMABLES | | LÍQUIDOS COMBUSTIBLES | |
|--------------------------|--|--|--|--|
| PRODUCTO | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Gasolinas ▪ Crudo ▪ Recuperado de trampas | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Polares | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Diésel ▪ Diáfano ▪ Turbosina | <ul style="list-style-type: none"> ▪ Combustóleo ▪ Asfalto ▪ Residuos pesados calientes |
| TIPOS DE TANQUE | Atmosférico vertical de techo fijo con o sin membrana interna flotante | Atmosférico vertical de techo fijo con membrana interna flotante | Atmosférico vertical de techo fijo | Atmosférico vertical de techo fijo |
| | Atmosférico vertical de techo flotante | Atmosférico vertical de techo flotante | Atmosférico vertical de techo flotante | |
| INYECCIÓN SUPERFICIAL | Sí | Sí | Sí | Sí |
| INYECCIÓN SUBSUPERFICIAL | Sí para tanque atmosférico vertical de techo fijo con o sin membrana flotante (NO para atmosférico vertical de techo flotante) | No | Sí | No |

Fuente: (JOSE S. 2016)

2.3. INFORMACION Y DATOS OBTENIDOS

Entre los productos almacenados se encuentran en la siguiente tabla:

Tabla 11: características del riesgo

| TANQUES | COMBUSTIBLE | PUNTO DE INFLACION | DIAMETRO (m) | ALTURA (m) |
|---------|-------------|--------------------|--------------|------------|
| 1011 | G.E. | 40 °C | 5.48 | 5.05 |
| 1012 | G.E. | 40° C | 5.48 | 5.05 |
| 1013 | D.O. | CRUDO | 7.69 | 10.97 |

Fuente: (Elaboración propia, 2023)

En la siguiente monografía se propone una implementación de un sistema contraincendios en la planta de almacenamiento de combustibles líquidos Villazón. Para esto a continuación se presentara la propuesta desarrollada.

Realizando un análisis de los resultados en un sistema contraincendios se puede apreciar en la tabla 7 la evaluación del nivel de riesgo mediante APR (análisis preliminar de riesgo), Se obtuvo un nivel de riesgo crítico según al producto almacenado en los tanques de la planta de Villazón.

A continuación se determinó las áreas de operación para G.E y D.O. para poder seleccionar la cámara de espuma mediante el diámetro de orificio.

- Determinación del área de operación para G.E.

$$A = \pi * R^2 = 3,1416 * 2,74^2 = 23,59 m^2$$

- Determinación del área de operación para D.O.

$$A = \pi * R^2 = 3,1416 * 3,84^2 = 46,32 m^2$$

- determinación de la densidad y el tiempo de descarga para tanques que contienen hidrocarburos.

Tabla 12: Densidad y tiempo de descarga

| PROTECCIÓN DE TANQUES DE TECHO FIJO QUE CONTIENEN HIDROCARBUROS CON CAMARA DE ESPUMA | | | |
|--|-----------------------------|---------------------|-------------------------------------|
| TIPO DE HIDROCARBUROS | Densidad de descarga mínima | | Tiempo mínimo de descarga (minutos) |
| | L/min.m ² | Gpm/ft ² | |
| Punto de inflamación entre 37,8 °C y 60 °C(100 °F y 140 °F) | 4,1 | 0,1 | 30 |
| Punto de inflamación inferior a 37,8 °C (100 °F) o líquidos calentados por encima de su punto de inflamación | 4,1 | 0,1 | 55 |
| Petróleo Crudo | 4,1 | 0,1 | 55 |

Fuente: (Engineered fire piping, 2023)

Mediante el tipo de hidrocarburo que se encuentra en el tanque, La densidad obtenida para el combustible almacenado de G.E. y D.O. es de 4,1 L/min.m². El tiempo mínimo de descarga (minutos) para G.E. es de 30 min y para el D.O. es 55 min

Para la cantidad de espuma requerida se determina a continuación:

- Cantidad de espuma para el sistema principal

$$Qp = A * \text{densidad de descarga}$$

$$Qp = 23,59 \text{ m}^2 * 4,1 \frac{\text{L}}{\text{min}} \cdot \text{m}^2 = 97 \text{ L/ min AFFF 3\%}$$

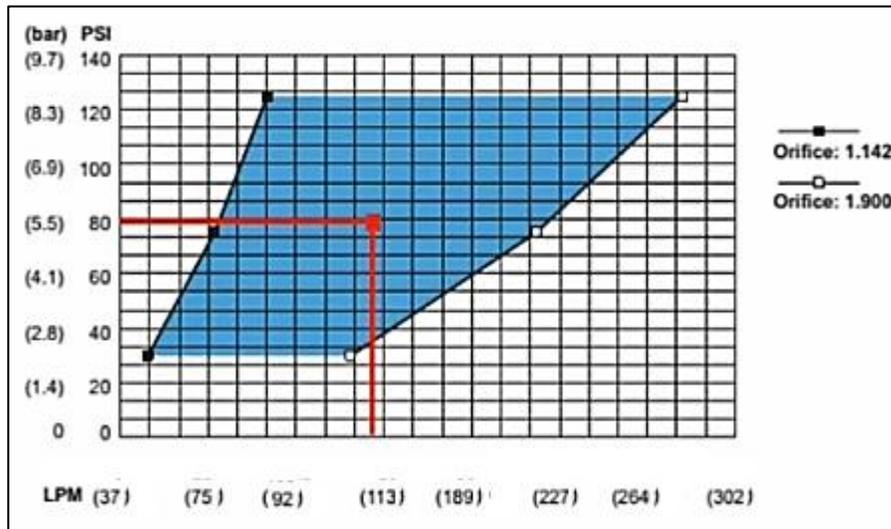
- Reserva de espuma

$$R = \text{Caudal de mezcla} * \text{tiempo de descarga} * \% \text{espumogeo}$$

$$R = 97 * 30 * 0,03 = 8,7 \text{ L}$$

El caudal de descarga por las cámaras es de 97 L/min y la presión de cámaras de espuma son entre 40 y 100 Psi, por lo tanto se toma una presión de 80 Psi en donde se puede calcular el diámetro del orificio con la siguiente gráfica.

Figura 23: diámetro de orificio



Fuente: (Engineered fire piping, 2023)

Se seleccionó la cámara de espuma de acuerdo al diámetro de orificio del siguiente catálogo: FOMTEC AFFF 3% un KC ANTINCENDRI SRL. MODEL KCS 4”.

Figura 24: cámara de espuma

FOMTEC AFFF 3% S, 3 Percent

FIXED FOAM DISCHARGE OUTLETS

| Description | Fuel | Orifice Diam In. | Inlet Pressure psi |
|--------------------------------------|--------------|------------------|--------------------|
| K C ANTINCENDRI SRL, Model KCS, 2.5" | Hydrocarbons | 0.600-1.050 | 30-125 |
| K C ANTINCENDRI SRL, Model KCS, 3" | Hydrocarbons | 0.906-1.531 | 30-125 |
| K C ANTINCENDRI SRL, Model KCS, 4" | Hydrocarbons | 1.142-1.900 | 30-125 |
| K C ANTINCENDRI SRL, Model KCS, 6" | Hydrocarbons | 1.900-2.481 | 30-125 |

PROPORTIONERS-BLADDER TANKS WITH CONTROLLERS

K C ANTINCENDRI SRL, Model MXC bladder tanks with the following controllers:

| Description | Controller Size, in. | Orifice Size, in. | Flow, gpm |
|--------------------------------|----------------------|-------------------|-----------|
| K C ANTINCENDRI SRL, Model KFP | 2 | 0.190 | 50-225 |
| K C ANTINCENDRI SRL, Model KFP | 2-1/2 | 0.252 | 50-375 |
| K C ANTINCENDRI SRL, Model KFP | 3 | 0.362 | 50-750 |
| K C ANTINCENDRI SRL, Model KFP | 4 | 0.485 | 50-1250 |
| K C ANTINCENDRI SRL, Model KFP | 6 | 0.700 | 50-2300 |
| K C ANTINCENDRI SRL, Model KFP | 8 | 0.975 | 70-4500 |

Fuente: (Engineered fire piping, 2023)

Se selecciona 1 bomba mantenedora de presión o bomba jockey de presurización, con motor eléctrico, para mantener la presión del sistema en 12 bar (12,23 kg/cm²) como mínimo. Por la activación de un sistema, arrancará la bomba jockey para reponer dicha presión.

Características:

- Caudal nominal máximo: 800 m³/h
- Presión máxima proporcionada: 15 Bar
- Presión máxima soportada : 10/16 Bar
- Temperatura máxima agua: 40°C
- Tensión: 400V Trif+N 50 Hz (otras bajo demanda).

Una vez seleccionada el tipo de cámara de espuma y el tipo de bomba, existen 3 tipos de espuma contra incendio como ser:

- Espumógeno de proteínas
- Fluoroproteína formada de película (FFFP) concentrado al 3%
- Fluoroproteína formadora de película resistente al alcohol (AFFF-AR)

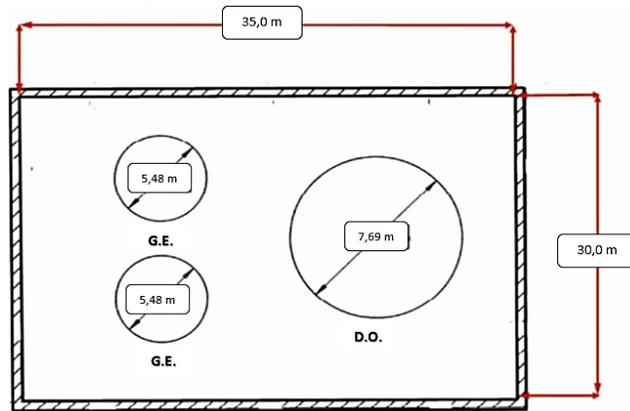
Analizando las tres alternativas, las más usadas para incendios de tanques de combustibles es, Fluoroproteína formada de película (FFFP) concentrado al 3% de baja expansión, donde sería 97 partículas de agua y 3% de concentrado.

Una vez seleccionado se determinan las dimensiones del cubeto de 30 m x 35 m. cuya misión es retener el posible líquido derramado o en cuanto se utilice los sistemas contraincendios

Dos tanques con GE. De 5,48 m de diámetro

1 tanque de DO. 7,69 m de diámetro

Figura 25: dimensiones de cubeto



Fuente: (Elaboración propia)

- CALCULO DEL AREA DE CUBETO

Supongamos que el incendio y derrame del tanque es de mayor diámetro. Podríamos descontar el área de los dos tanques más pequeños que suponemos siguen en pie.

At= largo x ancho

$$A_t = 30 \times 35 = 1050 \text{ m}^2$$

El área de cada uno de los tanques pequeños es:

$$A = \pi \times R^2 = \pi \times 2,74^2 = 23,59 \text{ m}^2$$

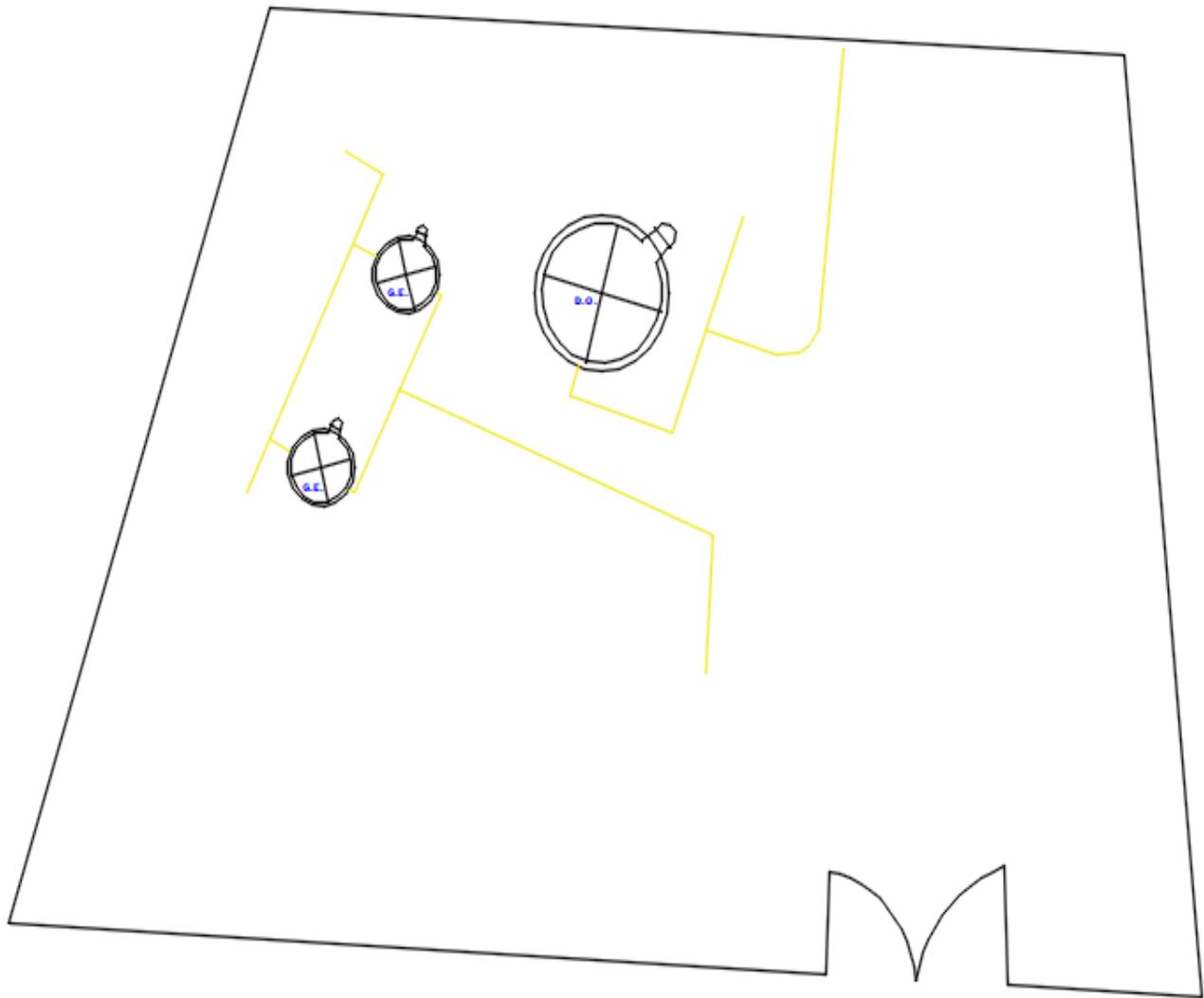
Luego el total del área de los tanques pequeños es de 47,18 m²

El área a proteger es de:

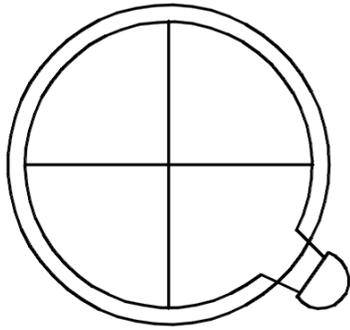
$$A = 1050 \text{ m}^2 - 47,18 \text{ m}^2 = 1002,82 \text{ m}^2.$$

2.3.1. PLANOS

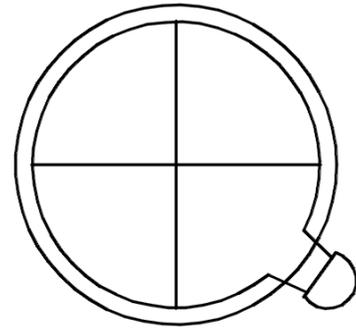
- Plano inicial de tanques de almacenamiento en planta Villazón.



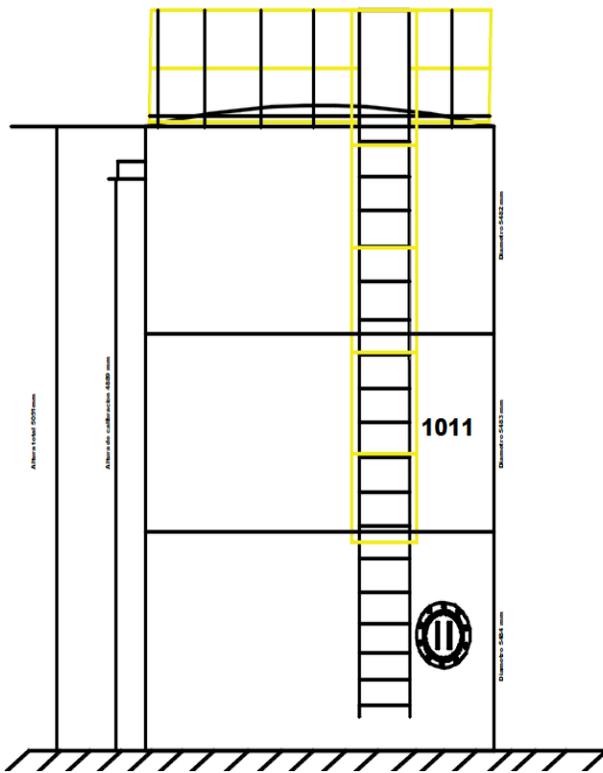
Fuente: Elaboracion propia



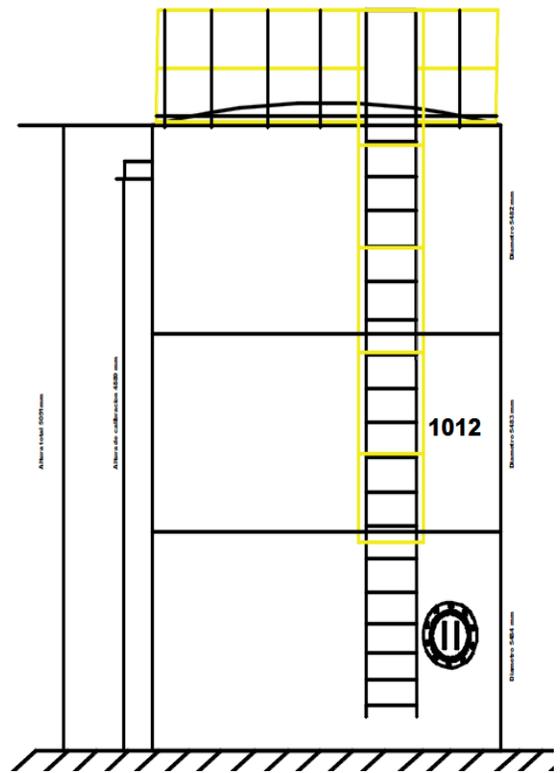
vista de planta de techo
GASOLINA ESPECIAL



vista de planta de techo
GASOLINA ESPECIAL



vista de frente

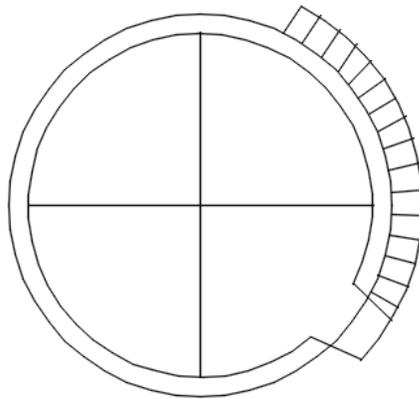


vista de frente

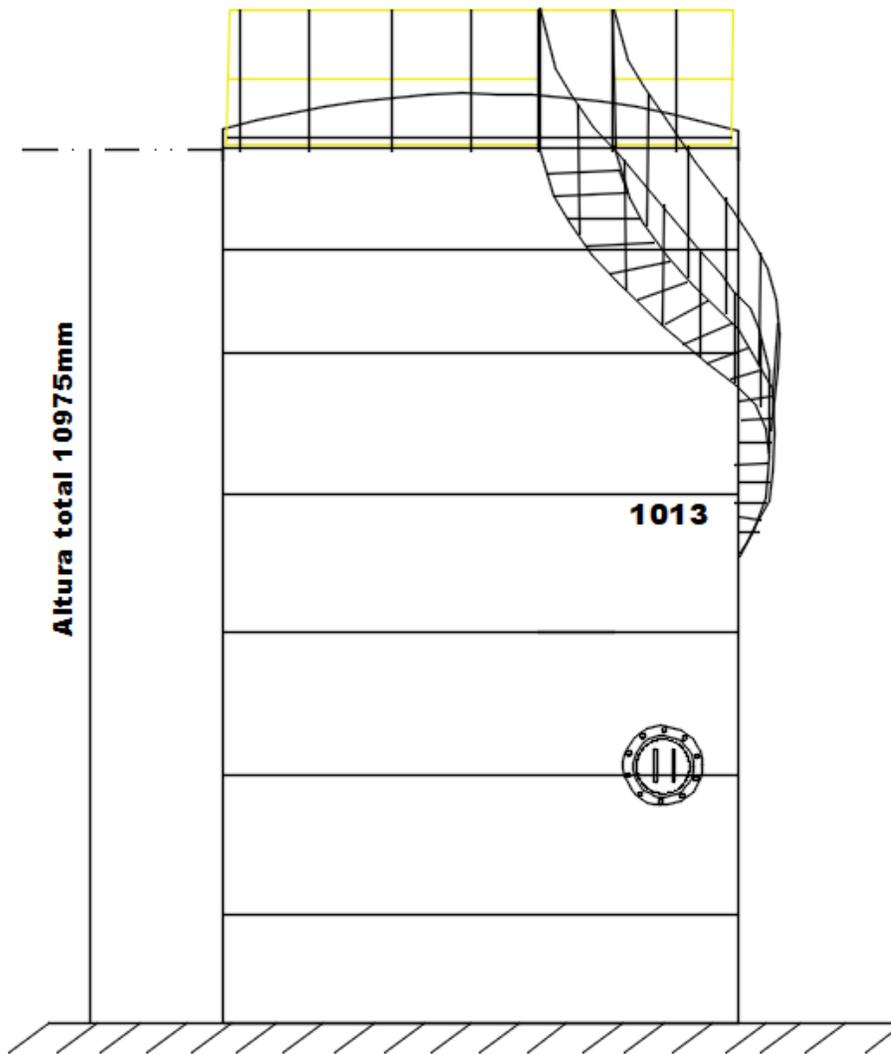


La fuerza que transforma Bolivia

Fuente: Elaboracion propia, 2023



vista de planta de techo
DIESEL OIL



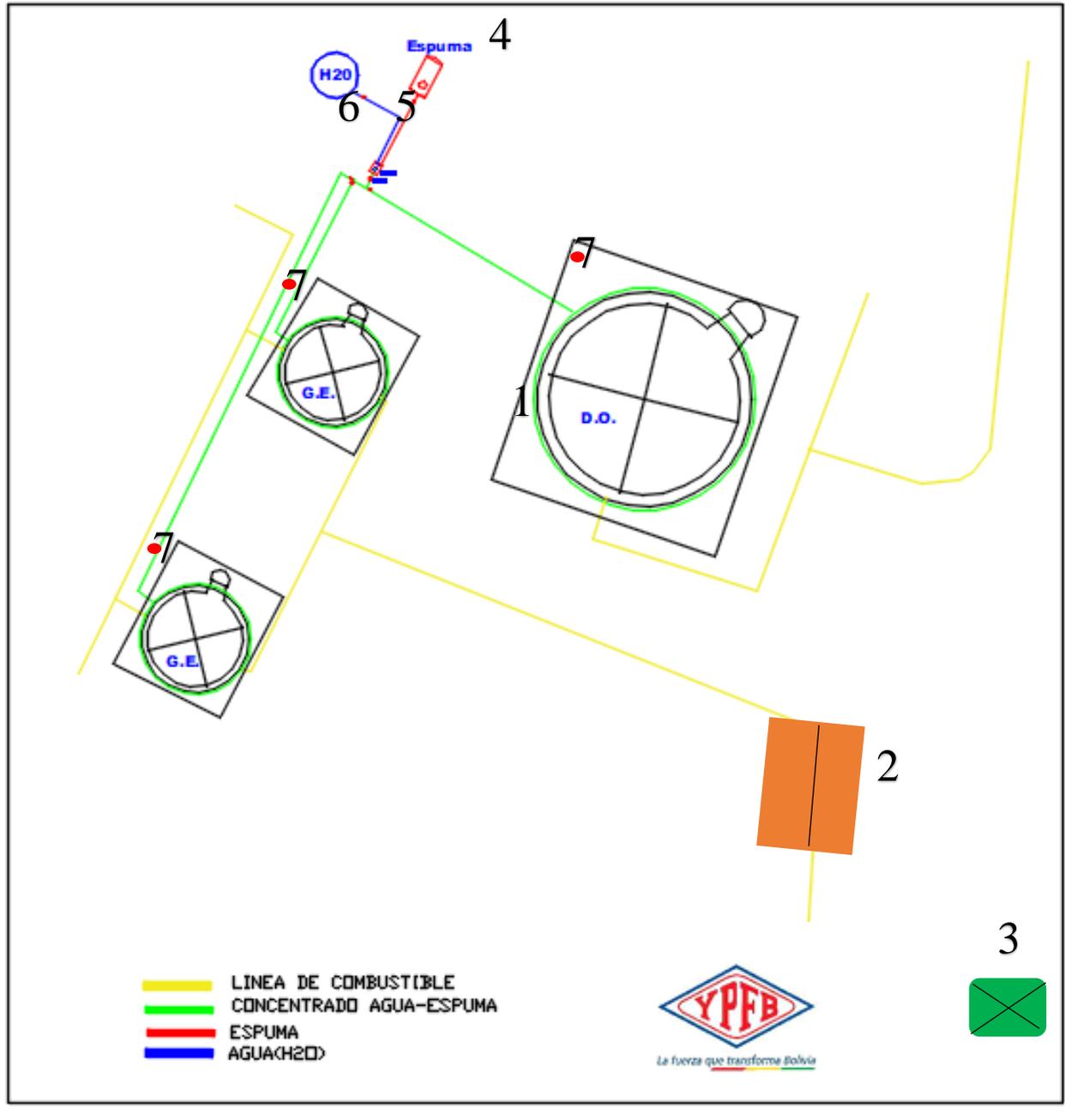
vista de frente



Fuente: Elaboración propia, 2023

2.3.2. Esquema del sistema de espuma

ESQUEMA DE SISTEMA DE CONTRAINCENDIO ESPUMOGEO

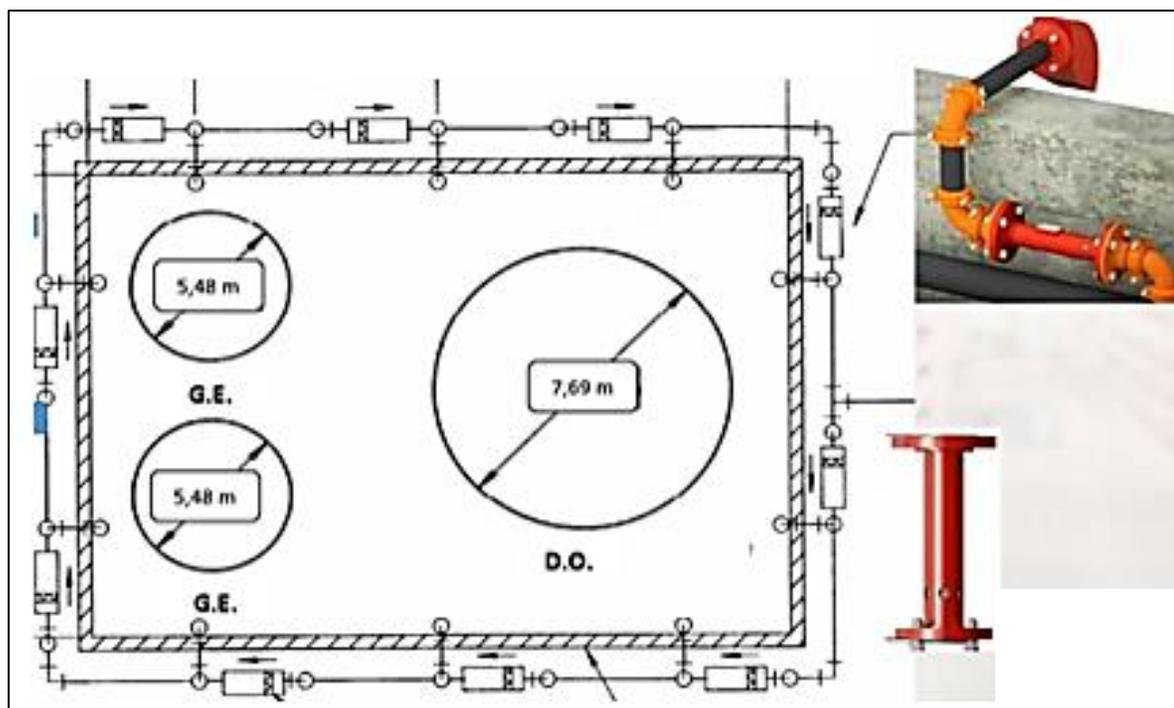


Fuente: Elaboracion propia

Las partes que se muestran en el plano son las siguientes:

- 1 cubeto y tanques de almacenamiento
- 2 cargador de cisternas
- 3 puertas de acceso y control de seguridad
- 4 depósito de agua y espuma
- 5 dosificador de espuma (Firedos)
- 6 puesto de control de bombas y válvulas
- 7 cámara de espuma

Figura 26: Esquema de cubeto de tanques de almacenamiento



Fuente: (Elaboración propia)

2.4. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

2.4.1. ANALISIS

En la monografía nos basamos en la Norma NFPA 11, todos los tanques atmosféricos verticales que almacenen productos inflamables o combustibles deben protegerse con sistemas fijos y/o semifijos de suministro de espuma física para extinción de incendios.

La implementación de un sistema contraincendios en la planta de almacenamiento de combustibles líquidos Villazón, se hizo solo para los tanques:

- Gasolina Especial (G.E.)
- Diesel Oil (D.O.)

La generación de la espuma se produce por la mezcla de tres agregados principales:

- Agua
- Espumógeno
- Aire

Estos tres tipos de componentes se mezclan entre sí, dando lugar a diferentes tipos de espuma, en función de las proporciones en la que se combinen. Es por eso por el cual, la espuma recibe diferentes valores de expansión, ya que estos dependen de la relación de volúmenes en la que se mezclan el agua y el espumógeno.

La combinación de estos tres agregados se inicia con el agua procedente de la red de la planta que es mezclada con el espumógeno en las proporciones específicas en un equipo dosificador. A continuación, el espumante (mezcla de agua y espumógeno) es dirigido al generador de espuma donde se le aplica aire, produciendo un aumento del volumen del producto final.

La espuma al ser una solución poco densa y más ligera que los líquidos combustibles sobre los que se aplica, puede flotar sobre ellos, produciendo una capa sobre la superficie del combustible, con la finalidad de evitar el contacto de este con el aire, para imposibilitar la combustión, refrigerar el fluido y cortar el flujo de vapores que posibiliten la reaparición de la llama.

Según el análisis de riesgo los mantenimientos a los tanques de combustibles tienen que ser constantes y rigurosos. El personal tiene que estar técnicamente preparado. Y capacitado en Corrosión, cursos de SMS capacitados en normas y leyes.

2.4.2. DISCUSIÓN

Comparando los resultados obtenidos:

Al realizar un análisis de riesgo mediante APR según el producto almacenado en la planta de Villazón se obtuvo un nivel de riesgo crítico. En la investigación de EVALUACIÓN DE RIESGO DE TANQUES DE ALMACENAMIENTO DE CRUDO EN AMBIENTE COSTERO DE ACUERDO CON METODOLOGÍAS API581 Y EEMUA159. Por ADRIANA CATALINA CHAPARRO CASTAÑEDA. Concluyo que el nivel de riesgo del tanque TK001 es Intermedio resultado de la evaluación de las variables que relacionan cálculos de probabilidad y consecuencia de falla, basado en un modelo de cálculo que incluye API581, complementado con EEMUA159 y el estándar de inspección de tanques de almacenamiento de crudo API653.

Para la selección de equipos según norma NFPA, se obtuvieron las más principales como ser cámaras de espuma, bomba, tipo de espuma y grado de concentrado a ser utilizado para el sistema contra incendio. En el informe de pasantía de "DISEÑO DE SISTEMA CONTRA INCENDIO EN PLANTAS INDUSTRIALES SEGÚN NORMAS INTERNACIONALES Y LOCALES", por Ramón R. Martínez Gutiérrez. Sirvió como referencia para realizar la selección de las bombas del sistema contra incendio que se diseñó, pero se tuvo en cuenta que los parámetros considerados para la selección de las bombas fueron obtenidos luego del cálculo correspondiente de acuerdo a las características del patio de tanques de almacenamiento.

2.5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

2.5.1. CONCLUSIONES

- Se realizó la descripción de los tipos de tanque de almacenamiento de hidrocarburos y posteriormente sobre los principios generales sobre el sistema de protección contra incendio, llegando a la conclusión que los tanques se clasifican según su diseño dependiendo de la operación a realizar, sobre los sistemas contra incendio se evidencia que existen tres tipos de extintores como ser el agua, espuma y polvos químicos.
- Se determinó la evaluación del nivel de riesgo identificando, el tipo de tanques y su almacenamiento de combustible que existe en la planta de Villazón, así mismo características de un sistema de enfriamiento en tanques de almacenamiento de hidrocarburos, determinando el sistema de inyección con espuma.
- Se determinaron los parámetros mínimos de operación según normas NFPA 11 para la selección de la cámara de espuma de acuerdo al diámetro de orificio del catálogo véase figura 23 lo cual se seleccionó un KC ANTINCENDRI SRL. MODEL KSC 4". Por ende, el tipo de bomba jockey de presurización, con motor eléctrico de Caudal nominal máximo: 800 m³/h y Presión máxima proporcionada: 15 Bar
- Se realizó un estudio técnico sobre sistema de enfriamiento en un tanque vertical de la Planta de almacenamiento Villazón, determinando primeramente su funcionamiento, características, que se emplean el tipo de sistema aplicable según NFPA 11 donde se decidió aplicar el ESPUMOGEO, ya que este estudio es una propuesta para que a futuro lo puedan tomar en cuenta y se convierta en un proyecto técnico.

2.5.2. RECOMENDACIONES

- Es importante evaluar el nivel de riesgo, porque es importante definir una estrategia de espumado que incluya el tipo de espuma a utilizar (por ejemplo, espuma de baja, media o alta expansión), así como las áreas críticas que requieren protección.
- Utilizar cámara de espuma adecuada por lo cual existen diferentes tipos. Es importante elegir la cámara de espuma adecuada de acuerdo a su diámetro del tanque, para el tipo de incendio que se pueda presentar en dicha instalación.
- Es fundamental capacitar al personal encargado de operar el sistema contraincendios con espuma. Esto incluye la formación en el uso de los equipos, el conocimiento de los procedimientos de seguridad y el manejo adecuado de la espuma.
- Realizar un mantenimiento regular del sistema contraincendios con espuma. Esto incluye inspecciones periódicas, pruebas de funcionamiento, simulaciones y revisiones de los equipos y componentes.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- CENGEL, Yunus A. y CIMBALA, John M. Mecánica de Fluidos: Fundamentos y Aplicaciones. México. Editorial Mc Graw Hill Interamericana de México S.A. Cuarta Edición. 2012
- LIRA SILVA, Jesús. Adecuación del Sistema Contra Incendios de la Planta MPE-1 en PDVSA-Morichal al sur del estado Monagas. Tesis de grado. Venezuela. Universidad de Oriente. 2009.
- MONCADA PEREZ, Jaime / ANDRES MONCADA, Jaime. Manual de Protección Contra Incendio en Español. Bogotá. QuadGraphics. Quinta Edición - Primera Reimpresión. 2012.
- (NFPA 15), N. F. (2012). NFPA 15: Standard for Water Spray Fixed Systems for Fire Protection
- API 2030, A. P. (2014). Application of Fixed Water Spray Systems for Fire Protection in the Petroleum and Petrochemical Industries.
- J. Casal, E. M. (1999). Análisis del Riesgo en Instalaciones Industriales
- E. Ricardo M. (2015). Evaluación del nivel de riesgo y propuesta de un sistema contra incendios para tanques de almacenamiento para minimizar el riesgo de incendio y explosión.

FICHA DE EMERGENCIA

Producto: GASOLINA ESPECIAL**Versión:** 3**Aspecto:** Líquido claro ligeramente amarillo, de olor característico.

1.- FICHA DE EMERGENCIA



Riesgo a la salud: 1 Ligeramente peligroso
Riesgo al incendio: 3 Puede inflamarse en condiciones casi normales
Reactividad: 0 Estable
Riesgo específico:



Descripción de clase y subclase de riesgo:
Líquido inflamable



Número de riesgo: **33**
 Número ONU: **1203**

2.- EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL

EPP: **Específico:** Guantes impermeables (PVC, polietileno o neopreno), uso de respirador con filtro químico para vapores orgánicos, anteojos protectores de seguridad especialmente diseñados para protección contra salpicaduras de líquidos.

3.- RIESGO

Fuego: Líquido y vapor inflamable, los contenedores pueden explotar si son sometidos al calor. Se puede encender por calor, chispa, llama o descarga electrostática. El contacto con agentes oxidantes puede producir explosión. Temperatura de auto inflamación = 250°C.

Salud: El contacto repetido o prolongado con la piel puede causar irritación y dermatitis. La inhalación crónica puede causar daños al hígado y a los riñones. La ingestión causa irritación gastro intestinal, pérdida de consciencia y puede causar neumonía. El contacto con los ojos causa irritación e inflamación.

Medio Ambiente: Altamente volátil, sus vapores son perjudiciales al medio ambiente, el producto es altamente tóxico para la vida acuática, debido a la presencia de hidrocarburos aromáticos. Puede afectar el suelo y por percolación, degradar la calidad del agua subterránea.

4.- EN CASO DE ACCIDENTES

Derrame:

- Evacuar o aislar el área de peligro.
- Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección.
- Detener el derrame si puede hacerlo sin riesgo.
- Absorber el remanente o los derrames pequeños con arena o tierra.
- Colocar en una instalación apropiada los desechos.

Fuego:

- Medios de extinción adecuados son: espuma para hidrocarburos, polvo químico seco y dióxido de carbono (CO2).
- Evacuar o aislar el área de peligro.
- Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección.
- Usar equipo de protección personal incluyendo un equipo de respiración autocontenido.
- Retirar el material combustible de los alrededores.
- Retirar los contenedores si puede hacerlo sin riesgo, en caso contrario, enfriarlos con agua en forma de rocío.
- No introducir agua en los contenedores.

Contaminación:

- Recoger lo vertido con tierra u otros materiales absorbentes inertes.
- No lanzar por la cloaca o los cursos de agua.
- Introducir el material en un contenedor apropiado para desecho.
- Remover hacia un área segura y abierta para que se realice la evaporación natural.
- Si el producto contamina lagos, ríos o alcantarillas, informar a las autoridades pertinentes, según la legislación local.

Primeros Auxilios:

- Trasladar al afectado al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial.
- Retirar la ropa y calzados contaminados. Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos.
- Lavar la boca con agua, suministrar abundante agua. No inducir el vómito.
- Lavar los ojos con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico.

Informaciones al Médico: Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, en base a su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto.

Teléfonos en caso de emergencias
(Línea Gratuita)

Ref. Guillermo Elder Bell | Santa Cruz | 800 10 7772
 Ref. Gualberto Villarroel | Cochabamba | 800 10 7100

*Llamadas desde el exterior marcar prefijos:
 (591-3) Santa Cruz ó (591-4) Cochabamba

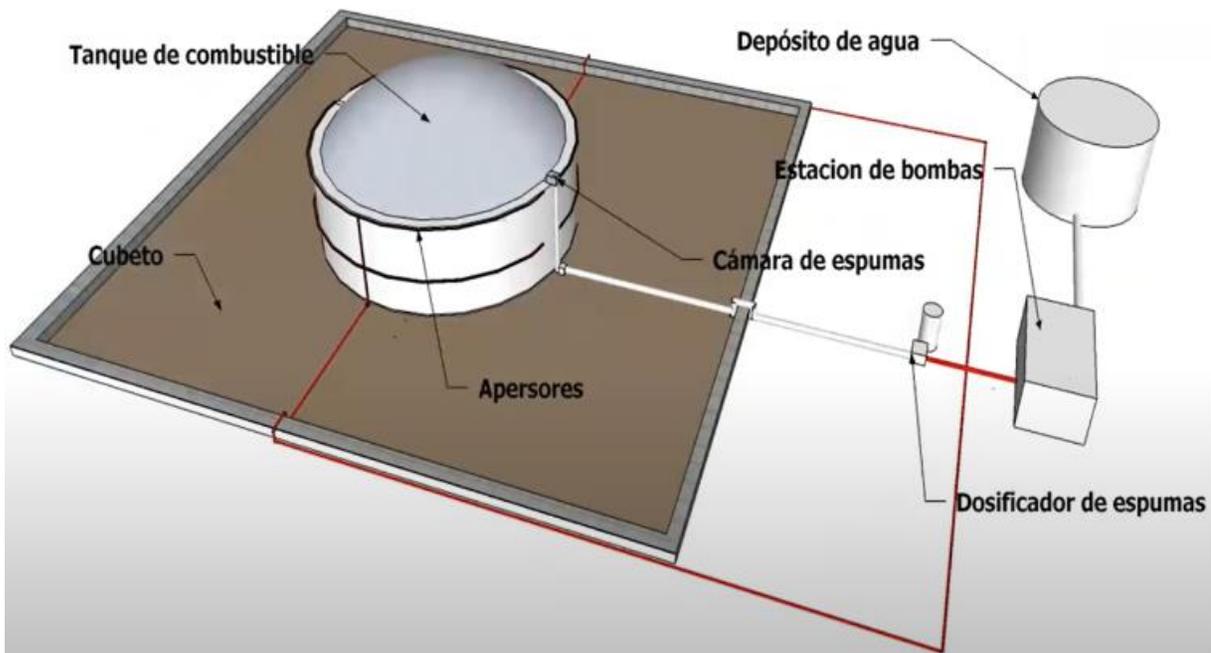
FICHA DE DATOS DE SEGURIDAD

DIESEL

| | |
|---|--|
| Producto: DIESEL OIL Aspecto: Líquido, amarillo cristalino de olor característico. Fuente: YPFB Refinación | |
| FICHA DE EMERGENCIA | |
| Riesgo a la salud: 0 Material no peligroso (riesgo normal) Riesgo al Incendio: 2 Material que requiere ser calentado para su inflamación Reactividad: 0 Estable Riesgo específico: ----- |  |
| Descripción de clase y subclase de riesgo: Líquido inflamable | Número de riesgo: 33 Número de ONU: 1202 <div style="text-align: center; margin-top: 10px;">  </div> |
| COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN SOBRE LOS INGREDIENTES | |
| EPP: | Específico: Gafas de seguridad para químicos con protección lateral, ropa de protección química, guantes impermeable de nitrilo/viton, para bajas concentraciones use tapa bocas, si la concentración excede los límites de seguridad use respirador adecuado. |
| RIESGO | |
| Fuego: | Líquido y vapor inflamable, los contenedores pueden explotar si son sometidos al calor. Puede encender por calor, chispa, llama o descargar electrostática. Punto de inflamabilidad = 71 °C. |
| Salud: | La ingestión o inhalación ocasionan irritación, puede presentarse bronco aspiración y producir neumonitis química. Produce irritación de piel y ojos y se absorbe a través de la piel, puede llegar a ser fatal. Altera el sistema nervioso central. |
| Medio Ambiente: | Moderadamente volátil, mortal para la vida acuática todo tipo de vida animal, en las fuentes de agua por tratarse de un compuesto menos denso que el agua flota y disminuye la transferencia de oxígeno, alterando las condiciones aeróbicas. Al ser absorbido a través de la piel de hace bioacumulabe y produce la muerte de la fauna y peces. |
| EN CASO DE ACCIDENTES | |
| Derrame | <ul style="list-style-type: none"> Evacuar o aislar el área de peligro Restringir el acceso a persona innecesarias y sin la debida protección. Detener el derrame si puede hacerlo sin riesgo Absorber el remanente o los derrames pequeños con tierra diatomácea, arena o tierra. Colocar en una instalación apropiada los desechos. |

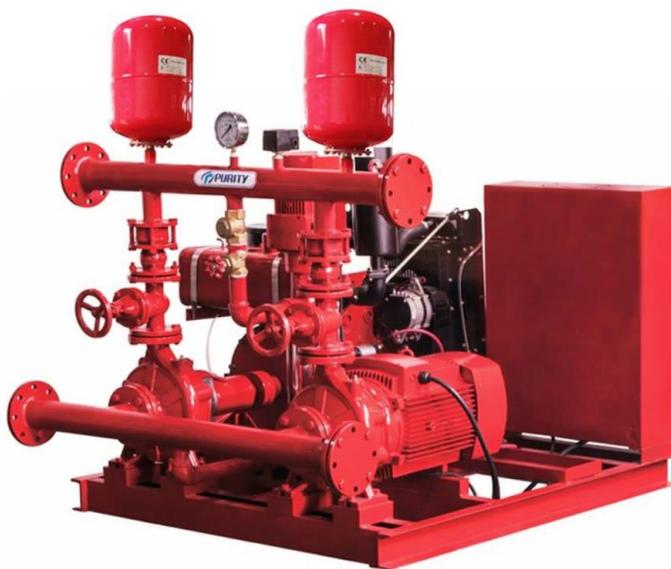
| | |
|--|--|
| Fuego: | <ul style="list-style-type: none"> • Medios de extinción adecuados son: Polvo químico seco, CO2, plv polivalente ABC. • Evacuar o aislar el área de peligro • Restringir el acceso a personas innecesarias y sin la debida protección. • Usar equipo de protección personal incluyendo un equipo de respiración autocontenido • Retirar el material combustible de los alrededores • Retirar los contenedores si puede hacerlo sin riesgo, caso contrario, enfriarlos con agua en forma de rocío. • No introducir agua en los contenedores. |
| Contaminación: | <ul style="list-style-type: none"> • Recoger lo vertido con tierra u otros materiales absorbentes inertes • No lanzar por la cloaca o los cursos de agua • Introducir el material en un contenedor apropiado para desecho • Remueva para un área segura y abierta para que la evaporación natural se realice. • Si el producto contamina lagos, ríos o alcantarillas, informar a las autoridades pertinentes, según la legislación local. |
| Primeros auxilios: | <ul style="list-style-type: none"> • Trasladar al afectado al aire fresco. Si no respira administrar respiración artificial. • Retirar la ropa y calzado contaminados. • Lavar la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos. • Lavar la boca con agua. Si está consciente, suministrar abundante agua. No inducir vómito. • Lavar los ojos con abundante agua, mínimo durante 15 minutos. Levantar y separar los párpados para asegurar la remoción del químico. |
| Informaciones al médico: | <ul style="list-style-type: none"> • Después de proporcionar los primeros auxilios, es indispensable la comunicación directa con un médico especialista en toxicología, que brinde información para el manejo médico de la persona afectada, en base a su estado, los síntomas existentes y las características de la sustancia química con la cual se tuvo contacto. |
| Teléfonos en caso de emergencias: Ref. Gualberto Villarroel 800 10 7100 | |

Esquema de un sistema de enfriamiento a base de espuma



Fuente: (diario de federación de sistema contraincendios)

Bomba jockey de contra incendio



CÁMARA DE ESPUMA (FOAM CHAMBER) MODELO - FCA y FCA-S (MODEL - FCA & FCA-S)



DATOS TÉCNICOS

| | |
|--|---|
| MODELOS | FCA-65, FCA-80 y FCA-100 Construcción de acero al carbono FCA-S 65, FCA-S 80 y FCA-S 100 Construcción de acero inoxidable |
| TAMAÑO DE ENTRADA | 65, 80, 100 NB TRABAJO |
| PRESIÓN | Min 2.8 Kg/cm ² (40 PSI) Max 7 Kg/cm ² (100 PSI) |
| BRIDA | ANSI B16.5 Clase 150# CONEXIÓN |
| PESO | 65 NB - 34.5 Kg (Aprox) 80 NB - 49.5 Kg 100 NB - 72.0 Kg |
| SELLADO DE VAPOR ROTURA | 0.7 a 1.75 Kg/sq.cm. (10 PSI a 25 PSI) |
| PRESIÓN | Presión de agua corriente / solución agua espuma en entrada en cámara de espuma |
| MÁXIMO PRESIÓN TRASERA PERMISIBLE EN SELLADO DE VAPOR | 0.07 Kg/cm ² (1.0 PSI) |
| SELLADO DE VAPOR | Vidrio |
| Deflector | Deflector sólido o dividido |
| ACABADO | Rojo RAL 3000 |
| APROBACIÓN | ListadoUL |
| PEDIDO | a) Modelo y tamaño b) Flujo y presión en entrada de cada cámara de espuma c) Especificación de brida de entrada, salida d) Tipo de deflector e) Concentrado de espuma utilizado f) Número de depósito / número de etiqueta |



CARACTERÍSTICAS

- Listado UL
- Construcción de alto rendimiento con elección de acero al carbono y material de acero inoxidable
- Sello de vapor de vidrio frangible
- Flujo de aire controlado proporcional al flujo de líquido para la calidad óptima de espuma y ruptura de sellado de vapor en tolerancias estrechas de presión para una fiabilidad aumentada.
- Placa de orificio reemplazable en campo con cámara de espuma
- Intercambiable con cámara de espuma HD modelo FC

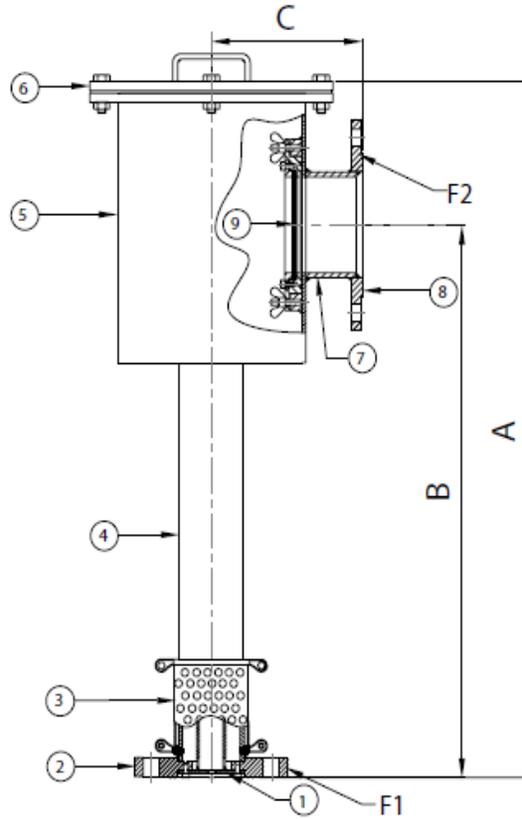
APLICACIÓN

La cámara de espuma se utiliza en una de las aplicaciones más comunes para proteger depósitos de almacenaje de líquido del techo vertical fijado (cono), con o sin techo flotante interno con el sistema de

expansión de espuma bajo. La aplicación de espuma se basa en que el riesgo comprende la superficie total del combustible. Las directrices del diseño del sistema de espuma utilizadas generalmente están de acuerdo con el estándar NFPA-11.

Las cámaras de espuma están definidas por NFPA-11 como salidas de descarga del tipo II para el suministro de espuma a la superficie del líquido inflamable. Las cámaras de espuma son muy utilizadas con el inductor de espuma en línea, el sistema dosificador de espuma de presión de equilibrio, mezclador de depósito de membrana o dispensador de espuma

Fuente: (Fernandez Daza Pedro, 2022)



DIMENSIONES DE CÁMARA DE ESPUMA
en milímetros (Aproximados)

LIST DE PIEZAS

| TAMAÑO DE ENTRADA | TAMAÑO DE SALIDA | A | B | C |
|-------------------|------------------|------|-----|-----|
| F1 | F2 | | | |
| 65NB | 100NB | 756 | 600 | 175 |
| 80NB | 150NB | 1093 | 908 | 225 |
| 100NB | 200NB | 1221 | 996 | 275 |

| ELEM. N° | DESCRIPCIÓN | ESPECIFICACION DE MATERIAL | |
|----------|------------------------------|----------------------------|------------------|
| | | FCA | FCA-S |
| 1 | MONGAJE ORIFICIO | ACERO INOXIDABLE | ACERO INOXIDABLE |
| 2 | BRIDA DE ENTRADA | ACERO | ACERO INOXIDABLE |
| 3 | MONTAJE DE FILTRO | ACERO INOXIDABLE | ACERO INOXIDABLE |
| 4 | CÁMARA DE CREACIÓN DE ESPUMA | TUBO DE ACERO | TUBO SS |
| 5 | CÁMARA DE ESPUMA | ACERO | ACERO INOXIDABLE |
| 6 | CUBIERTA INSPECCIÓN | ACERO | ACERO INOXIDABLE |
| 7 | TUBO DE DESCARGA | TUBO DE ACERO | TUBO SS |
| 8 | BRIDA DE SALIDA | ACERO | ACERO INOXIDABLE |
| 9 | MONTAJE DE SELLADO DE VAPOR | VIDRIO | VIDRIO |

NOTA:

1. Las tuberías utilizadas son ERW (tubería sin soldadura es opcional)
2. Las cámaras de espuma están abiertas a la atmósfera y no tienen dispositivo de cierre interno, por lo tanto se ofrece una prueba hídrica durante la inspección.

Características del cálculo pérdidas de carga

| | | | |
|--|-----------------|------------------|--------------------|
| Densidad agua (kg/m ³) | 1 000 | | |
| Viscosidad cinemática agua (kg/m.s) | 0,001 | | |
| ASPIRACIÓN | | | |
| Velocidad en la aspiración (m/s) | 1,5 | | |
| Diámetro tubería aspiración (m) | 600 | | |
| Reynolds | 900 000 | > 4000 | Régimen turbulento |
| f _p para tubo liso | 0,02779 | | |
| ACCESORIOS | CANTIDAD | K | Ka |
| Válvula de pie | 1 | 0,0041685 | 0,0041685 |
| Codo de 90° de radio largo | 1 | 20f _p | 0,5558 |
| Válvula de compuerta | 2 | 8f _p | 0,44464 |
| Tubo recto o reductor con reducción excéntrica | 1 | 0,00041685 | 0,00041685 |
| TOTAL | | | 0,793 |
| PÉRDIDAS PRIMARIAS (m.c.a) | 0,037 | 0,152 | |
| PÉRDIDAS SECUNDARIAS (m.c.a) | 0,115 | | |
| IMPULSIÓN | | | |
| Velocidad en la impulsión (m/s) | 2,2 | | |
| Diámetro tubería de impulsión (m) | 500 | | |
| Reynolds | 1 100 000 | > 4000 | Régimen turbulento |
| f _p para tubo liso | 0,02709 | | |
| ACCESORIOS | CANTIDAD | K | Ki |
| Cono difusor concéntrico | 1 | 0,0002709 | 0,0002709 |
| Válvula de retención | 1 | 3f _p | 0,32508 |
| Tubo en T | 2 | 20f _p | 1,0836 |
| Válvula de compuerta completamente abierta | 1 | 8f _p | 0,86688 |
| Codo de 90° de radio largo | 3 | 20f _p | 2,1672 |
| TOTAL | | | 4,443 |
| PÉRDIDAS PRIMARIAS (m.c.a) | 2,007 | 3,104 | |
| PÉRDIDAS SECUNDARIAS (m.c.a) | 1,097 | | |
| H_{Total} (m.c.a) 3,256 | | | |

Fuente: (Sanchez Martinez Jose, 2016)

Planta engarrafadora Villazón



Fuente: (Ing. Flores José Alberto, 2023)

Isla de descarga



Fuente: (Ing. Flores José Alberto, 2023)

Instalación de red hidrante

PROTECCIÓN CONTRA INCENDIO TANQUES DE ALMACENAMIENTO

