



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Mecánica y Ciencias de la  
Producción**

**“Diseño de un plan de prevención de explosiones y controles operacionales para la minimización del riesgo de explosión por líquidos y gases inflamables presentes en el área de almacenamiento de combustibles de una empresa de elaboración de bebidas alcohólicas.”**

**PROYECTO DE TITULACIÓN**

**Previo a la obtención del Título de:**

**MAGÍSTER EN GERENCIA DE SEGURIDAD Y SALUD EN EL  
TRABAJO**

**Presentada por:**

**José Alberto Villamar Alay**

**GUAYAQUIL – ECUADOR**

**Año: 2022**

# AGRADECIMIENTO

A Dios, a mi directora de proyecto, la MSc. Dolores Astudillo B., a las personas que colaboraron de una u otra forma para la realización de este trabajo, y a mi familia por su apoyo constante.

# DEDICATORIA

Este trabajo realizado con esfuerzo por varios meses, está dedicado a mis padres, esposa e hijos.

# TRIBUNAL DE TITULACIÓN

---

**Ángel Ramírez M., Ph.D.**  
**DECANO DE LA FIMCP**  
**PRESIDENTE**

---

**Dolores Astudillo B., MSc.**  
**DIRECTOR DE PROYECTO**

---

**Pedro Carrillo T., MSc.**  
**VOCAL**

## DECLARACIÓN EXPRESA

“La responsabilidad del contenido de este proyecto de titulación, me corresponden exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

José Alberto Villamar Alay

## RESUMEN

El presente proyecto se centra en el diseño de un plan de prevención contra explosiones y controles operacionales para la minimización del riesgo de explosión por líquidos y gases inflamables presentes en el área de almacenamiento de combustibles de una planta para la elaboración y comercialización de bebidas alcohólicas. El mencionado plan y los controles operacionales permitirán reducir la probabilidad de ocurrencia de explosiones que pudiesen afectar contra la vida de los trabajadores, afectación a la comunidad y generación de daños o pérdidas de los activos de la organización.

La empresa en análisis opera una planta para la elaboración y comercialización de bebidas alcohólicas en la ciudad de Guayaquil. Inició sus operaciones en 1887 y en el año 2016 formó una alianza estratégica al fusionarse con una aliada internacional, lo que constituyó un gran desarrollo industrial que paralelamente exige el cumplimiento de estándares internacionales de seguridad. Por esta razón se realizó el estudio de clasificación de áreas de alto riesgo y se obtuvo la información pertinente de indicaciones técnicas y los requerimientos de seguridad específicos para el tipo de edificación empleada en el área de almacenamiento de productos inflamables, con lo que se espera asegurar el cumplimiento de las normas técnicas establecidas.

La normativa fundamental para la ejecución de este proyecto es la Norma Internacional IEC 60079-10-1:2015 parte 10-1, la misma que trata los requisitos de clasificación de los emplazamientos peligrosos y reglas de instalación por atmósferas explosivas, presenta los criterios para poder evaluar riesgos de inflamabilidad y proporciona una guía sobre los parámetros de diseño y control que se pueden emplear con la finalidad de reducir los riesgos identificados. Adicionalmente se consideran como referencia en este estudio a las Normativas NFPA 497-2012 y ATEX 137 (99/92/CE) Directiva Europea.

Con base en estos parámetros se analizó las fuentes de ignición y características de las instalaciones que puedan dar origen a una atmósfera explosiva, teniendo como resultado la presencia de varios tipos de zonas identificadas como 0, 1, y 2. La zona 1 se presenta en su mayoría con una estimación del 47.6% en toda el área de estudio, le sigue la zona 0 con el 33,4% y finalmente la zona 2 con un 19%.

Mediante la implementación de matrices de riesgos, se pudo determinar que, de las fuentes de escape de vapores o gases de líquidos o materiales inflamables, el 44,4% presenta una valoración de gravedad de 3 con riesgo de explosión moderado, el 38,9% presenta una gravedad de 5 con riesgo de explosión intolerable, mientras que existe un 16,7% de nivel 1 con riesgo de tipo trivial. A través de estos resultados se determina que es necesario implementar medidas correctivas y de control inmediatamente para la prevención de accidentes laborales.

Como parte de la metodología cualitativa aplicada, se empleó una lista de chequeo (check list) para el análisis de riesgos de las instalaciones eléctricas del área, la cual arrojó como resultado una valoración deficiente, donde de 11 condiciones en análisis sólo 6 se encontraban dentro de los parámetros definidos como aptos y seguros, es decir que se cuenta con un 54% de cumplimiento de condiciones favorables en la evaluación de riesgo.

Finalmente, se prioriza fomentar la gestión de seguridad y salud en el trabajo en la empresa, y la minimización del riesgo de explosión basada en la identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles eficientes obteniendo un 100% en la fijación de los controles operativos requeridos en los equipos y áreas clasificadas, resultados que permiten incrementar la conciencia sobre la percepción del riesgo de explosión que pudiese existir en el área de almacenamiento de combustibles.



2.3.2.1	Grado de escape .....	12
2.3.2.2	Tasa de escape .....	13
2.4	Líquidos y gases inflamables .....	13
2.4.1	Gases inflamables .....	13
2.4.2	Líquido combustible e inflamable .....	13
2.4.3	Límites de inflamabilidad o explosividad .....	14
2.4.4	Punto de inflamación .....	14
2.4.5	Temperatura y presión de funcionamiento .....	15
2.5	Materiales peligrosos .....	15
2.6	Tipos de tanques .....	15
2.7	Espacios y ubicaciones .....	16
2.8	Explosiones por presión .....	16
2.8.1	Esquema del proceso de ignición.....	17
CAPÍTULO 3	.....	19
3	MARCO METODOLÓGICO .....	19
3.1	Recolección de información .....	19
3.1.1	Reportes de seguridad obtenidos de inspecciones previamente realizadas.....	20
3.1.2	Descripción de los procesos.....	20
3.2	Determinación de materiales combustibles e inflamables en la planta .....	20
3.2.1	Hoja de datos de la clasificación de emplazamientos peligrosos.....	22
3.3	Identificación de los equipos presentes en el área.....	24
3.4	Determinación del grado de escape .....	24
3.5	Determinación de la tasa de escape.....	25
3.6	Determinación de la característica del escape.....	27
3.7	Determinación del grado de dilución.....	27
3.8	Determinación de la disponibilidad de la ventilación .....	29
3.9	Estimación de los tipos de zona y extensión de la zona .....	29
3.10	Evaluación de riesgos .....	33
3.10.1	Determinación de las fuentes de escape .....	33
3.10.2	Determinación de los focos de ignición.....	34
3.10.3	Evaluación del riesgo de explosión .....	35
3.10.4	Análisis de riesgo eléctrico .....	36
3.10.4.1	Análisis de riesgo a través del método: lista de chequeo (check list).....	37
3.10.4.2	Análisis de riesgo a través del método: ¿Qué pasa si...? (What if...?).....	38
3.11	Determinación de las medidas de control.....	38

CAPÍTULO 4 .....	40
4 RESULTADOS.....	40
4.1 Sectores con riesgo ATEX .....	40
4.2 Descripción de los equipos presentes en el área de estudio .....	40
4.3 Descripción de las sustancias utilizadas y sus parámetros de explosividad .....	41
4.4 Grado de escape .....	43
4.5 Tasa de escape.....	44
4.6 Características del escape.....	45
4.7 Grado de dilución .....	46
4.8 Disponibilidad de la ventilación .....	47
4.9 Estimación de los tipos de zonas.....	48
4.10 Estudio de clasificación de atmósferas explosivas: Patio de almacenamiento de combustibles.....	48
4.11 Evaluación de riesgos .....	52
4.11.1 Determinación de las fuentes de escape .....	53
4.11.2 Determinación de las fuentes de ignición.....	54
4.11.2.1 Instalaciones eléctricas .....	54
4.11.3 Evaluación del riesgo de explosión .....	55
4.11.4 Análisis del riesgo eléctrico .....	56
4.11.4.1 Análisis de riesgos a través del método: lista de chequeo (check list).....	57
4.11.4.2 Análisis de riesgos a través del método: ¿Qué pasa si...? (What if...?).....	59
4.11.4.3 Registro de área de patio de almacenamiento de combustibles ....	59
4.12 Diseño de controles operacionales para la prevención del riesgo de explosión por líquidos y gases inflamables .....	62
CAPÍTULO 5 .....	68
5 Conclusiones y recomendaciones.....	68
5.1 Conclusiones .....	68
5.2 Recomendaciones.....	69

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## ABREVIATURAS

API	American Petroleum Institute - Instituto Americano del Petróleo
ArcGIS	Sistemas de Información Geográfica
ATEX	Atmósferas explosivas
CE	Comisión Europea
CETIB	Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Barcelona
ED	Extensión Despreciable
GLP	Gas Licuado de Petróleo
IEC	International Electrotechnical Commission - Comisión Electrotécnica Internacional
IMC	Intermediate Metal Conduit - Tubería Eléctrica Intermedio
IMDG	International Maritime Dangerous Goods Code - Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas
IMO	International Maritime Organization - Organización Marítima Internacional
INSST	Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo
ISTAS	Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud
MCC	Motor Control Center - Centros de Control de Motores
MC	Metal Clad - Recubierto Metálico
MI	Mineral Insulated - Mineral aislado
MV	Medium Voltaje - Voltaje Medio
NEC	National Electrical Code - Código Eléctrico Nacional
NFPA	National Fire Protection Association - Asociación Nacional de Protección contra el Fuego
NPT	National Pipe Thread – Hilo de Tubería Nacional
NTE	Norma Técnica Ecuatoriana
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
NTP	Notas Técnicas de Prevención
ODS	Objetivos de Desarrollo Sustentable
PLTC	Power Limited Tray - Cables de Bandeja de Potencia Limitada
P&ID	Piping and Instrumentation Diagram - Diagrama de tuberías e Instrumentación
SDS	Safety Data Sheets - Hojas de Datos de Seguridad
TC	Tray Cable – Cable Bandeja
UNE-EN	Una Norma Española - Norma Europea
ONU	Organización de las Naciones Unidas
RASE	Risk Assessment of Unit Operations and Equipment - Evaluación de riesgos de las operaciones y el equipo de la unidad
RD	Real Decreto
RP	Práctica Recomendada

## SIMBOLOGÍA

°C	Grados centígrados
C	Carbono
CH <sub>4</sub>	Metano
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
°F	Grados Fahrenheit
H	Hora
H <sub>2</sub>	Hidrógeno
H <sub>2</sub> S	Sulfuro de Hidrógeno
Kg	Kilogramo
Kmol	Kilomol
kPa	Kilopascal
<i>k</i>	Factor de seguridad
LII	Límite Inferior de Inflamabilidad
m	Metro
m <sup>2</sup>	Metros cuadrados
m <sup>3</sup>	Metros cúbicos
min	Minuto
mm	Milímetro
MPa	Megapascal
N <sub>2</sub>	Nitrógeno
NH <sub>3</sub>	Amoníaco
O <sub>2</sub>	Oxígeno
s	Segundos
T2	Temperatura – Clase 2 indicada en el NEC
T1	Temperatura – Clase 1 indicada en el NEC
u <sub>w</sub>	Velocidad de ventilación
V	Voltios
W <sub>g</sub>	Tasa de escape
ρ <sub>g</sub>	Densidad del gas

## ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1.1 Vista general de la Planta de Servicios Industriales – Guayaquil.....	1
Figura 1.2 Vista general del área de servicios industriales .....	2
Figura 1.3 Vista del patio de almacenamiento de combustibles .....	3
Figura 1.4 Flujo del proceso de calderas alimentadas desde el patio de almacenamiento de combustibles.....	5
Figura 2.1 Estación de vapor limpio .....	9
Figura 2.2 Distribución de vapor - Estación de medición de vapor .....	10
Figura 2.3 Simbología establecida para zonas de emplazamientos peligrosos .....	12
Figura 2.4 División de gases inflamables en la clasificación IMO. Pictograma .....	13
Figura 2.5 División de líquidos inflamables en la clasificación IMO. Pictograma .....	14
Figura 2.6 Tipos comunes de tanques para el almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles.....	16
Figura 2.7 Representación de una ignición dirigida.....	17
Figura 2.8 Estadísticas de 11 fuentes de ignición .....	18
Figura 3.1 Gráfica para evaluar el grado de dilución.....	28
Figura 3.2 Gráfica para estimar distancias de emplazamientos peligrosos.....	31
Figura 4.1 Vista general del área de sistema de vapor .....	40
Figura 4.2 Clasificación de emplazamientos peligrosos del patio de almacenamiento de combustibles .....	52
Figura 4.3 Acometida eléctrica colgada de luminaria en techo sector de calderas .....	60
Figura 4.4 Tomacorriente 1 tipo residencial en área de patio de almacenamiento de combustibles .....	60
Figura 4.5 Tomacorriente 2 tipo residencial en área de Patio de almacenamiento de combustibles .....	61
Figura 4.6 Interruptor tipo residencial en área de Patio de almacenamiento de combustibles .....	61
Figura 4.7 Bandeja eléctrica área de calderas – conductores desordenados .....	62
Figura 4.8 Simbología para zona de riesgo de atmósferas explosivas.....	67

## ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Consideraciones para la clasificación de las áreas de riesgo.....	10
Tabla 2 Formato de hoja de datos de lista y características de las sustancias inflamables.....	22
Tabla 3 Formato de hoja de datos de lista de fuentes de escape.....	23
Tabla 4 Clasificación del grado de escape y su duración .....	25
Tabla 5 Tasa de escape en equipos (Escapes estructurales) .....	26
Tabla 6 Pérdidas máximas admisibles para válvulas de seguridad.....	26
Tabla 7 Velocidades de la ventilación indicativas en exteriores (uW) .....	28
Tabla 8 Clasificación de zonas según la efectividad de la ventilación .....	30
Tabla 9 Extensión de la zona desde la fuente de escape .....	32
Tabla 10 Valoración del riesgo derivado de una ATEX.....	33
Tabla 11 Tabla de posibles fuentes de escape en el proceso .....	33
Tabla 12 Fuentes de ignición de atmósferas explosivas .....	34
Tabla 13 Tabla de probabilidad de explosión .....	35
Tabla 14 Tabla de riesgo de explosión .....	35
Tabla 15 Nivel de riesgo de explosión .....	36
Tabla 16 Tabla de gravedad de riesgo .....	36
Tabla 17 Formato check list .....	37
Tabla 18 Método de análisis de riesgo: ¿Qué pasa si...? .....	38
Tabla 19 Tiempo de ejecución de las medidas correctivas.....	39
Tabla 20 Tabla de características de las sustancias presentes en el estudio .....	42
Tabla 21 Tabla de grados de escape en el área de estudio .....	43
Tabla 22 Tabla de tasas de escape en el área de estudio .....	44
Tabla 23 Tabla de características del escape en el área de estudio .....	45
Tabla 24 Tabla de grado de dilución en el área de estudio.....	46
Tabla 25 Tabla de disponibilidad de ventilación en el área de estudio .....	47
Tabla 26 Tabla de emplazamientos peligrosos en el área de estudio .....	48
Tabla 27 Fuentes de ignición de atmósferas explosivas .....	49
Tabla 28 Tabla de fuentes de escape en el proceso.....	53
Tabla 29 Matriz de riesgo .....	55
Tabla 30 Lista de chequeo .....	57
Tabla 31 Resultados lista de chequeo .....	58
Tabla 32 Análisis de riesgo ¿Qué pasa si...?.....	59
Tabla 33 Tabla de medidas de control de las áreas operativas.....	63
Tabla 34 Tabla de acciones de control de la matriz de riesgo .....	65

## ÍNDICE DE PLANOS

Plano 1	Mapa de riesgos y evacuación de la planta
Plano 2	Instalaciones eléctricas del sistema de vapor

# CAPÍTULO 1

## 1 GENERALIDADES

### 1.1 Descripción de la empresa y actividad en el sector industrial

La empresa en estudio se caracteriza por operar una planta para la producción y comercialización de bebidas a nivel nacional teniendo como principal actividad la elaboración de cervezas, maltas y aguas de mesa. Cuenta con presencia industrial en la ciudad de Quito y Guayaquil con plantas de producción propias en ambas localidades, además de contar con 15 centros de distribución a nivel nacional.

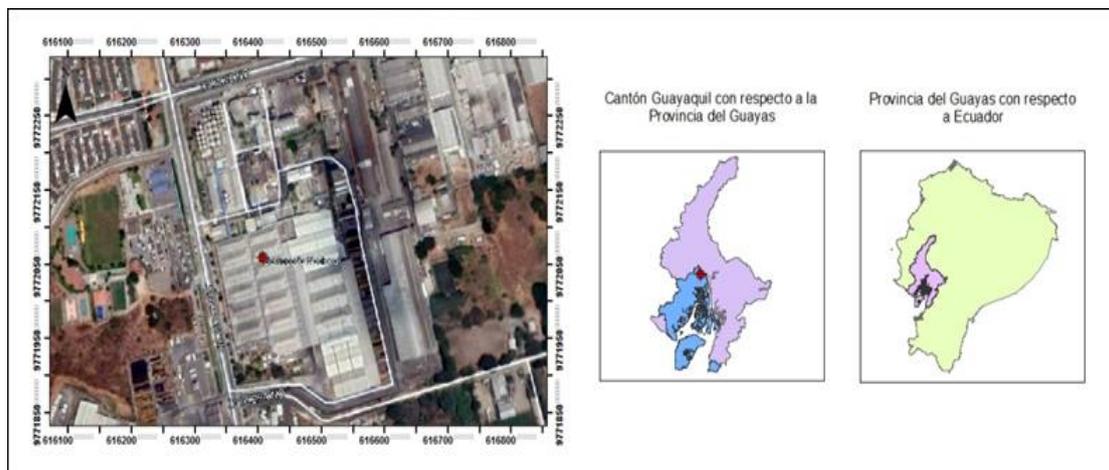
Dentro de las instalaciones industriales existe la presencia de zonas de riesgo, en ese contexto de acuerdo con la normativa NFPA 497: Práctica recomendada para la clasificación de líquidos inflamables, gases o vapores inflamables y de áreas peligrosas clasificadas para instalaciones eléctricas en áreas de procesamiento químico, las áreas peligrosas se generan por la presencia de vapores o gases de líquidos o materiales inflamables cuya clasificación requiere que su punto de inflamación sea menor de 37,8 °C o 100 °F (National Fire Protection Association, 2012).

Para el caso del área de servicios industriales se tienen materiales combustibles más no inflamables (amoníaco y fuel oil), sin embargo, por las características de peligrosidad de estos materiales se procederá a realizar la clasificación de las áreas peligrosas.

La Directiva 1999/92/CE, también conocida como ATEX 137, plantea y desarrolla la “aplicación de medidas para promover la mejora de la seguridad y de la salud de los trabajadores en el trabajo, incluida la prevención de riesgos profesionales, la información y la formación, así como la implementación de la organización y de los medios necesarios” de acuerdo con la Directiva marco 89/391/CEE (2000).

#### 1.1.1 Ubicación del área de estudio

El área de estudio se localiza en la Planta de Servicios Industriales dentro de las instalaciones de la empresa que se encuentra ubicada en el cantón Guayaquil, provincia del Guayas, como se muestra en la Figura 1.1.



**Figura 1.1 Vista general de la Planta de Servicios Industriales – Guayaquil**

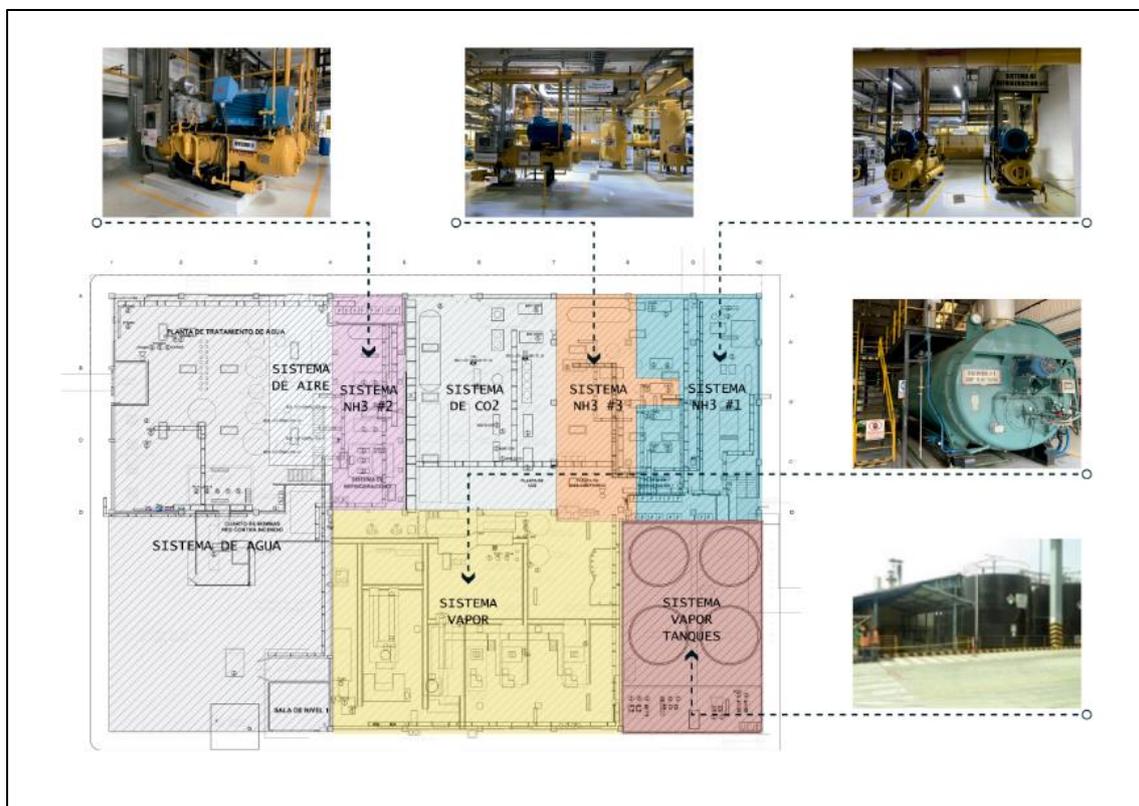
Fuente: Autor – ArcGIS

### 1.1.2 Descripción de la planta industrial

La planta industrial cervecera consta de varios procesos que van desde el manejo de la materia prima, fermentación, maduración, levadura, filtración y estabilización, cerveza terminada y envasado; distribuidas en varias áreas entre las cuales se encuentra el área de servicios industriales.

Dentro de esta área se encuentran todos aquellos elementos necesarios para la producción y abarcan los sistemas de aire y tratamiento de aguas, sistemas de refrigeración (NH<sub>3</sub>), sistema de vapor y almacenamiento, tal como se muestra en la Figura 1.2.

Para el análisis de las áreas de riesgo de explosión, como proyecto piloto se considera el área de patio de almacenamiento de combustibles, área encargada de alimentar a todo el sistema de vapor.



**Figura 1.2 Vista general del área de servicios industriales**

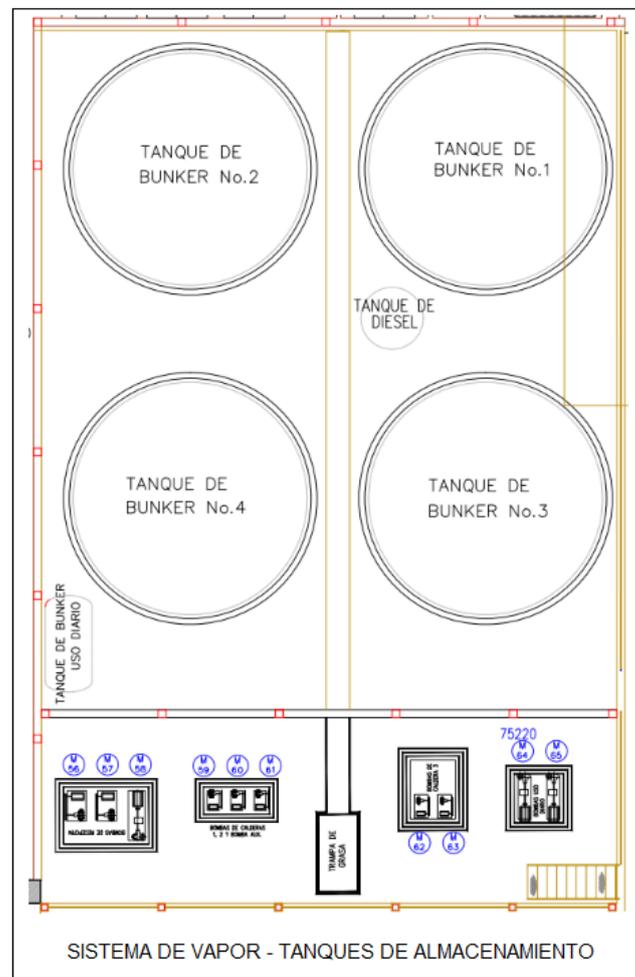
Fuente: Autor

### 1.1.3 Patio de almacenamiento de combustibles

En la planta junto al área de servicios industriales se encuentra el patio de almacenamiento de combustibles que son utilizados para los calderos y otros equipos auxiliares.

El patio de almacenamiento de combustibles del sistema de vapor se encuentra en la clasificación de las áreas riesgosas debido a que en el interior del sector circula combustible hacia las calderas.

En esta área se almacenan aproximadamente 150.000 galones de búnker distribuidos en 5 tanques incluido el tanque de uso diario, 500 galones de diésel y 100 kilogramos de GLP, como se muestra a continuación en la Figura 1.3.



**Figura 1.3 Vista del patio de almacenamiento de combustibles**

Fuente: Empresa

En el área existe alta circulación por parte de los operadores de servicios industriales, puesto que se realizan actividades como la verificación de los arranques de las bombas, descarga de combustibles desde los vehículos cisternas hacia los tanques de almacenamiento, mantenimiento correctivo con generación de chispas o fuentes de ignición, mantenimiento preventivo que involucra la utilización de equipo eléctrico mayor a 24 voltios, verificaciones de las mediciones de los niveles de los tanques, mantenimiento estructural de tanques y limpieza de los cubetos de derrames; entre otras actividades que se puedan presentar de acuerdo a requerimientos. Por lo tanto, el personal se encontraría expuesto a los riesgos derivados del manejo de líquidos inflamables y gases.

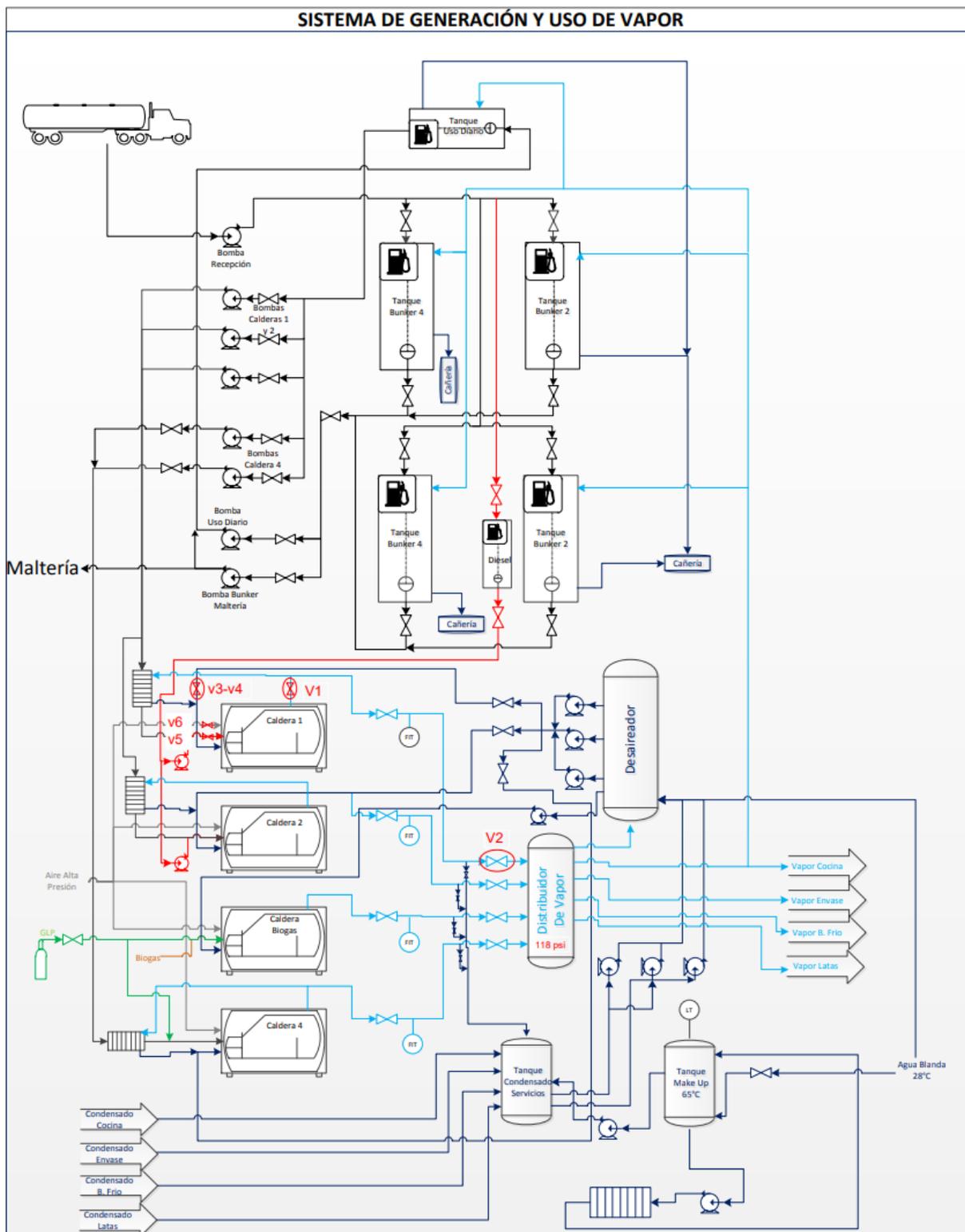
Es necesario determinar si se trata de un área con riesgo de explosión y establecer su nivel de riesgo; consecuentemente definir si los equipos eléctricos existentes y las medidas administrativas y operativas ya aplicadas son adecuadas para minimizar el riesgo de explosión, suceso que puede causar muerte o lesiones permanentes en los operadores, generar daños materiales graves en las instalaciones de la planta y afectar directamente a la comunidad situada cercanamente a su entorno.

#### **1.1.4 Equipos en el sistema de patio de almacenamiento de combustibles**

Los equipos o dispositivos que comprenden el patio de almacenamiento de combustibles y el sistema de vapores adjunto son los que se indican a continuación:

- Tanque de búnker 1, 2, 3 y 4
- Tanque de uso diario
- Válvulas de alivio y conexiones de tanques
- Sistema de tuberías
- Bomba de recepción
- Bomba búnker maltería
- Bomba búnker caldera N°1 y 2
- Bomba búnker 1 caldera N°4
- Bomba búnker 2 caldera N°4
- Tanques de GLP
- Válvulas GLP
- Sistema de tuberías de proceso búnker
- Tanque de diésel
- Válvula de alivio y conexiones de diésel
- Bomba de diésel

Para comprender el sistema de generación y uso de vapor mediante el funcionamiento de calderas alimentadas desde el patio de almacenamiento de combustibles se considera como guía el flujo del proceso como se exhibe en la Figura 1.4.



**Figura 1.4 Flujo del proceso de calderas alimentadas desde el patio de almacenamiento de combustibles**

Fuente: Empresa

## 1.2 Objetivos

### 1.2.1 Objetivo general

Diseñar un plan de prevención de explosiones y controles operacionales para la minimización del riesgo de explosión por líquidos y gases inflamables presentes en el área de almacenamiento de combustibles de una empresa de elaboración de bebidas alcohólicas.

### 1.2.2 Objetivos específicos

- Analizar los procesos que se llevan a cabo en el área de almacenamiento de combustibles, para determinar si estos pueden generar fuentes de ignición.
- Analizar las sustancias químicas presentes en el área de almacenamiento de combustibles, para determinar si sus características pueden dar origen a una atmósfera explosiva.
- Determinar las áreas peligrosas alrededor de los equipos donde se almacenan y circulan los combustibles con su respectiva zona de extensión.
- Identificar el nivel de riesgos y las medidas de control en un área donde existen líquidos y gases inflamables.
- Realizar la evaluación del riesgo de explosión en el área de almacenamiento de combustibles y determinar los controles operativos necesarios en cada área clasificada para minimizar el riesgo de explosión.

## 1.3 Preguntas de investigación

- ¿Existe la posibilidad de determinar la presencia de atmósferas explosivas dentro del área de almacenamiento de combustibles?
- ¿Qué características presentan las sustancias químicas almacenadas para ser consideradas como fuentes potencialmente explosivas?
- ¿Existen fuentes de escape? ¿Cuáles son?
- ¿Cuáles focos de ignición de atmósferas explosivas se encuentran en el área de estudio?
- ¿Cómo se clasifican los tipos de emplazamientos peligrosos dentro del patio de almacenamiento de combustibles?
- ¿Es posible determinar la extensión de la zona alrededor de los equipos del área de estudio?
- ¿Cuál es el nivel de riesgo de explosión por cada fuente de escape?
- ¿De qué manera se puede prevenir y minimizar el riesgo de explosión por líquidos y gases inflamables dentro del proceso industrial?

## 1.4 Justificación del estudio

En toda actividad industrial se encuentran riesgos derivados de sus procesos, los cuales pueden afectar a la seguridad y salud de los trabajadores, provocando accidentes laborales o enfermedades profesionales, así como causar daños materiales y paros indeseados del proceso.

En ese contexto se puede mencionar que uno de los riesgos presentes en el proceso de elaboración de bebidas alcohólicas, es la formación de atmósferas explosivas por la presencia de vapores, neblinas o gases de líquidos con cualidades inflamables o combustibles.

Dentro de la planta industrial se determina como área de estudio al patio de almacenamiento de combustibles, debido a que se encuentran sustancias inflamables como el búnker, GLP, diésel y biogás. Por tal motivo se deben determinar los emplazamientos y zonas peligrosas para así poder identificar posibles fugas o escapes, de manera que se puedan establecer medidas de prevención y minimización de riesgos alineadas a los estándares internacionales de seguridad.

## **1.5 Estructura del proyecto**

En el Capítulo 1 se revisa la estructura del proyecto, tal como la descripción de la empresa, su actividad en el sector industrial y la descripción del área de estudio, esto como punto de partida para la definición de los objetivos, la determinación de las preguntas de investigación las cuales el presente estudio pretende responder y que derivan a justificar el desarrollo de este proyecto.

Dentro del Capítulo 2 se repasa el marco teórico, el mismo que consta de normativas internacionales, directivas y guías específicas que son referidas como herramientas para plantear y establecer la metodología y el proceso de evaluación a emplear en las áreas de estudio involucradas.

Posteriormente, en el Capítulo 3 se establece la metodología de la investigación a emplear, la cual se basa en realizar inspecciones de los equipos e instalaciones, analizar los procesos involucrados y clasificar las sustancias combustibles e inflamables utilizadas, así como sus formas de almacenamiento y transporte. Además de obtener valoraciones de los riesgos presentes en el lugar para consecuentemente poder establecer si se debe definir como área peligrosa y si se cuenta con suficiencia de medidas de control.

En el Capítulo 4 se describen los resultados obtenidos, se presenta el plan de prevención contra explosiones a partir del estudio de clasificación de atmósferas explosivas, con respecto al área de almacenamiento de combustibles. Adicionalmente se revisan los controles operacionales para la minimización del riesgo de explosión, por líquidos y gases inflamables y se definen las correspondientes medidas de control. Finalmente se determinan las valoraciones de riesgo con el uso de metodologías cualitativas y la obtención de medidas de control específicas respectivas.

Con este análisis, en el Capítulo 5 se describen las conclusiones y recomendaciones derivadas del plan contra explosiones que debe implementarse en conjunto con los controles operacionales en un 100% para minimizar el riesgo potencial de explosión que existe.

# CAPÍTULO 2

## 2 MARCO TEÓRICO

### 2.1 Normativa internacional

#### 2.1.1 UNE-EN 60079-10-1

Atmósferas explosivas Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos, atmósferas explosivas gaseosas. Esta normativa forma parte de la serie de la Norma IEC 60079, sirve de referencia para la clasificación de los emplazamientos en los que pueden ocasionarse riesgos a causa de gases o vapores inflamables, ésta es una propuesta de normativa legal internacional que puede usarse como soporte en la revisión de la selección e instalación de materiales adecuados que sean utilizados en contornos o emplazamientos peligrosos; considerando básicamente las posibles fuentes de ignición asociadas a los equipos (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2015).

#### 2.1.2 UNE-EN 60079-14

Atmósferas explosivas. Parte 14: Diseño, elección y realización de las instalaciones eléctricas. Esta normativa forma parte de la serie de Norma IEC 60079, indica directrices que permiten realizar idóneamente las inspecciones iniciales de las instalaciones eléctricas que se encuentran en emplazamientos peligrosos y espacios clasificados como posibles atmósferas explosivas revisando el diseño que se haya elegido, la selección y el montaje utilizado (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2016).

#### 2.1.3 Directiva 1999/92/CE

La Directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y del Consejo se refiere a las disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas, es una normativa conocida también como ATEX 137, en cuanto a la prevención de explosiones y protección contra las mismas, indica implementar medidas de carácter organizativo y técnico, considerando principios básico como impedir que se formen atmósferas explosivas, evitar la ignición de posibles atmósferas explosivas, y atenuar los efectos perjudiciales de una explosión, esto manteniendo siempre un orden de prioridades y asegurando la seguridad y salud de los trabajadores (Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2000).

#### 2.1.4 NFPA 497

NFPA 497 es una práctica recomendada para la clasificación de líquidos inflamables, gases o vapores inflamables y de áreas peligrosas clasificadas para instalaciones eléctricas en áreas de procesamiento químico, tiene como objetivo dar indicaciones sobre los parámetros que establecen la extensión y el grado de un área peligrosa clasificada (National Fire Protection Association, 2012).

#### 2.1.5 NFPA 70

La denominada NFPA 70 es un código eléctrico nacional o (NEC: National Electrical Code), tiene como alcance cubrir los requisitos generales para la revisión, aprobación, instalación, uso, acceso y áreas para conductores y equipos eléctricos, priorizando la

seguridad eléctrica en todas las instalaciones residenciales, comerciales e industriales (National Fire Protection Association, 2010).

De acuerdo con la National Fire Protección Association (2010), este documento presenta regulaciones sobre cableado eléctrico, protección de sobrecorriente, puesta a tierra e instalación de equipos; dando indicaciones o requisitos específicos en trabajos como por ejemplo la identificación de terminales, conductores puestos a tierra en sistemas de cableado de instalaciones, conexiones o la instalación de paneles de control industrial.

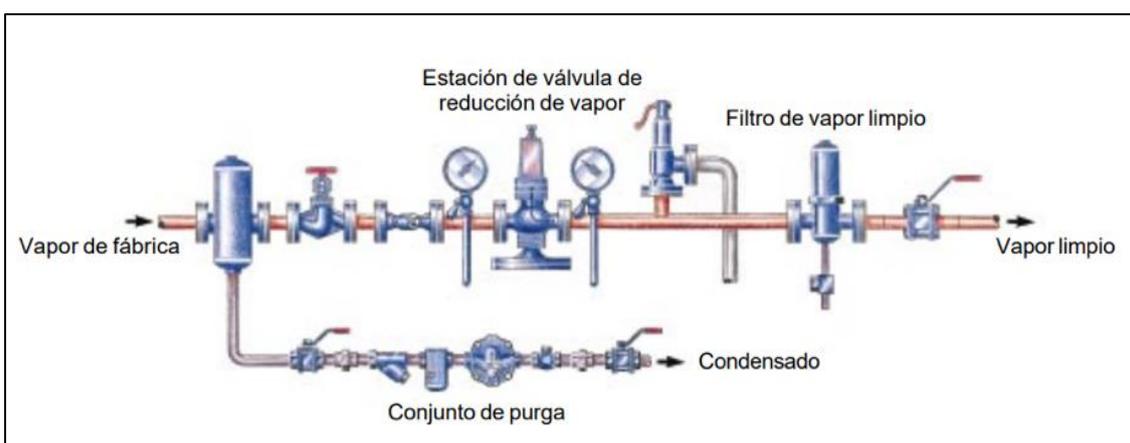
### 2.1.6 API RP 505

El Instituto Americano de Petróleo entre sus regulaciones tiene a la práctica recomendada para la clasificación de ubicaciones para instalaciones eléctricas en instalaciones petroleras clasificadas como Clase I, Zona 0, Zona 1 y Zona 2; la misma que tiene como alcance la clasificación de las ubicaciones para aquellos equipos eléctricos que se encuentran instalados de manera permanente y temporalmente en lugares que puede existir el riesgo de ignición a causa de la presencia de gas o vapor inflamable en mezcla con el aire, siendo esto en condiciones atmosféricas normales; riesgo que puede ser controlado o minimizado si se encuentran definidas y claras las ubicaciones de las posibles fuentes de acumulación y liberación (American Petroleum Institute, 2012).

## 2.2 Sistemas de vapor

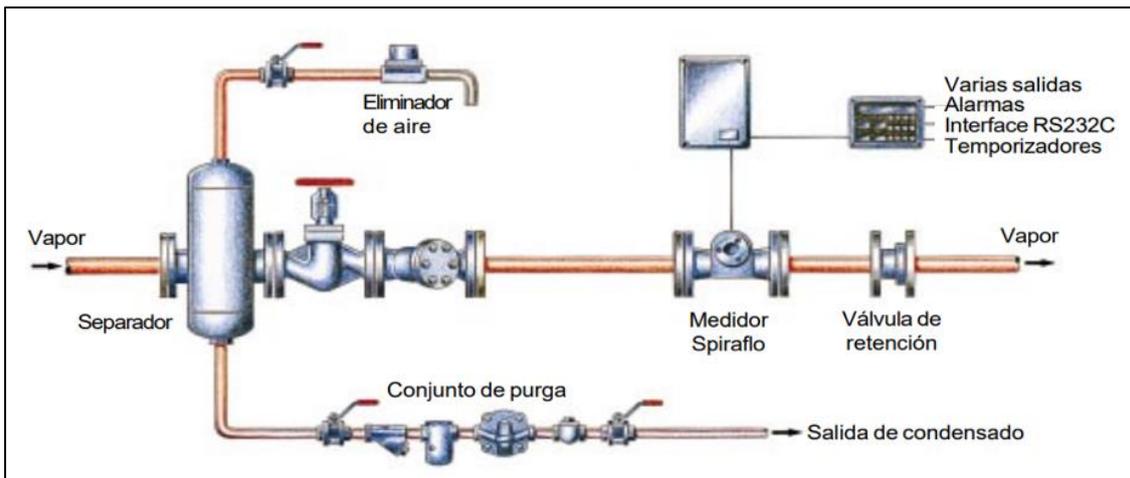
Los sistemas de vapor pueden ser por generación, distribución o condensado. La presión del vapor que se puede generar en una caldera generalmente es aprovechada para producir movimiento y transportar energía (Spirax Sarco, s.f.).

Según Morales-Toyo (2018), en la industria de la cerveza las reacciones químicas complejas son parte del proceso de producción, es la parte fundamental que da asistencia a la transformación de las materias primas en el producto terminado deseado. El uso del vapor es esencial para los procesos de calentamiento, limpieza y pasteurización por la eficiencia en la transferencia de calor.



**Figura 2.1 Estación de vapor limpio**

Fuente: Spirax Sarco



**Figura 2.2 Distribución de vapor - Estación de medición de vapor**  
Fuente: Spirax Sarco

### 2.3 Clasificación de las áreas riesgosas

De acuerdo con el Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea (2000), en su directiva ATEX 137 se establecen como áreas de peligrosas a aquellas donde puedan formarse atmósferas potencialmente explosivas. Se clasifican en zonas tomando en consideración sus características como la frecuencia en la que se genera y su persistencia en el tiempo. Esta clasificación determina el alcance de las medidas preventivas y aquellas precauciones que deben emplearse para mejorar la seguridad y salud de los trabajadores potencialmente expuestos.

Como se muestra en la Tabla 1, existen tres zonas dentro de la clasificación las cuales difieren entre sí según la probabilidad de que exista una atmósfera explosiva. Las zonas seguras, donde pueda excluirse el riesgo de atmósferas explosivas, son definidas como "zona no clasificada".

**Tabla 1**  
**Consideraciones para la clasificación de las áreas de riesgo**

Clasificación ATEX de las áreas de riesgo				
Substancia inflamable	Clasificación de Zona	de	Probabilidad de presencia de atmósferas explosivas	Presencia de atmósferas explosivas en un año
Gas, vapor, neblinas	0		Presente continuamente o por largos periodos, frecuente.	Más de 1000 horas
Gas, vapor, neblinas	1		Común que ocurra en operación normal, ocasional.	10-1000 horas
Gas, vapor, neblinas	2		No es común que ocurra en operación normal, solo en periodos cortos.	Menos de 10 horas

Fuente: Directiva 1999/92/CE – ATEX 137

### 2.3.1 Clasificación del área por tipo de zona

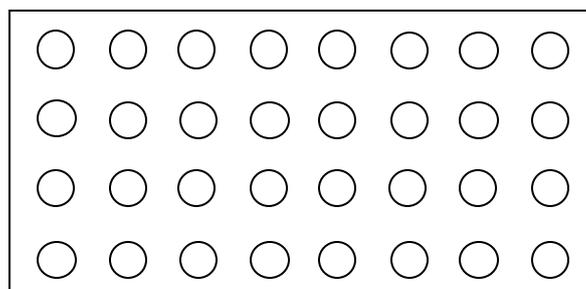
Conforme a la directiva 1999/92/CE del Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea (2000), la clasificación se divide en varias zonas, a continuación, se detallan los criterios de la selección para cada una de estas etapas.

- *Zona 0*: Área de trabajo en la que una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla está presente de modo permanente, o por un período de tiempo prolongado, o con frecuencia.
- *Zona 1*: Área de trabajo en la que es probable, en condiciones normales de explotación, la formación ocasional de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla.
- *Zona 2*: Área de trabajo en la que no es probable, en condiciones normales de explotación, la formación de una atmósfera explosiva consistente en una mezcla con aire de sustancias inflamables en forma de gas, vapor o niebla o en la que, en caso de formarse, dicha atmósfera explosiva sólo permanece durante breves períodos de tiempo.

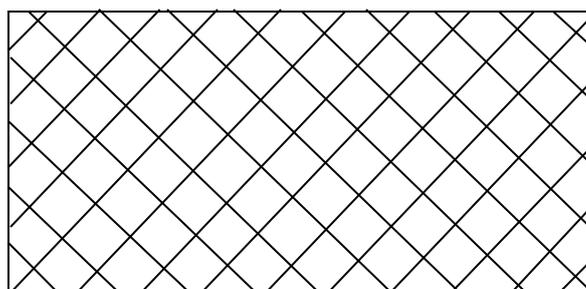
Es importante tener en cuenta que la clasificación del área se realiza en condiciones normales de funcionamiento del equipo o instalación. En otras palabras, al analizar las causas de las fugas, solo se deben considerar aquellas que puedan estar presentes durante el funcionamiento normal del dispositivo.

#### 2.3.1.1 Simbología recomendada para las zonas de emplazamientos peligrosos

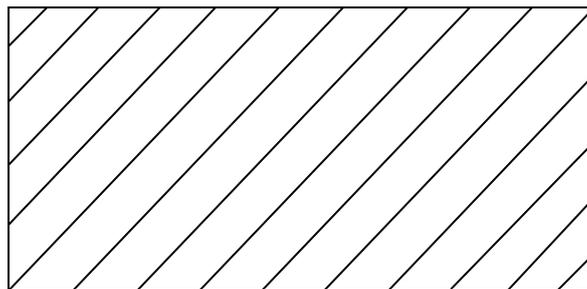
De acuerdo con la Asociación Española de Normalización y Certificación (2015), en su normativa EN 60079-10-1:2015, la representación gráfica recomendada de los emplazamientos peligrosos se realiza tal como se observa en la figura 2.3:



Zona 0



Zona 1



Zona 2

### Figura 2.3 Simbología establecida para zonas de emplazamientos peligrosos

Fuente: Directiva 1999/92/CE – ATEX 137

#### 2.3.2 Influencia del grado de la fuente de escape

Los elementos básicos para establecer los tipos de zonas peligrosas son la identificación de la fuente de escape y la determinación del grado o grados de escape.

Fuente de escape se denomina a todo aquel punto o lugar desde el cual un gas, vapor, niebla o líquido inflamables puede liberarse a la atmósfera de tal forma que se podría formar una atmósfera explosiva gaseosa (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1999).

En la nota técnica de prevención 370 del Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (1999), se establece que la probabilidad de presencia de una atmósfera explosiva gaseosa depende principalmente del grado de escape y de la ventilación. Esto se identifica como una zona. Las zonas se reconocen como zona 0, zona 1, zona 2 y zona no peligrosa.

Cuando se solapan zonas creadas por fuentes adyacentes de escape y son de diferente clasificación zonal, en la zona del solape son de aplicación los criterios de clasificación más severos. Cuando las zonas solapadas sean de la misma clasificación, normalmente se aplicará esta clasificación común.

##### 2.3.2.1 Grado de escape

Para cada fuente de escape se establece la frecuencia y duración (grado de escape) de emisión de sustancias inflamables y se comprueba la posibilidad de eliminar o limitar lo más posible los escapes de grado continuo y de grado primario, o al menos se comprueba si se pueden reducir los caudales.

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (1999), en la guía NTP 370 menciona que existen tres grados básicos de escape, que se mencionan a continuación en orden decreciente de frecuencia de ocurrencia y/o duración del escape de la sustancia inflamable:

- *Grado continuo:* Escape continuo o que se espera que ocurra frecuentemente o durante largos períodos.
- *Grado primario:* Escape que se espera que ocurra periódica u ocasionalmente durante el funcionamiento normal.
- *Grado secundario:* Escape que no se espera que se produzca en funcionamiento normal y, que si ocurre, es probable que lo haga infrecuentemente y durante períodos cortos.

### 2.3.2.2 Tasa de escape

Se denomina tasa de escape a la cantidad de sustancia inflamable (gas, vapor o niebla inflamable) emitida por unidad de tiempo desde una fuente de escape (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo, 2003).

Las sustancias inflamables pueden escapar de los sistemas de contención de modo diverso en relación con el estado y la velocidad de emisión.

## 2.4 Líquidos y gases inflamables

### 2.4.1 Gases inflamables

Los gases que encontrándose a 20°C y teniendo una presión de referencia de 101.3 kPa y mezclados en una proporción igual o inferior al 13% en volumen con el aire, son los que se conocen como inflamables, también pueden presentar una gama de inflamabilidad de al menos el 12% con el aire, sin considerar el límite inferior de inflamabilidad. Como se observa en la Figura 2.4 este grupo de gases pertenece a la División 2.1 de la clasificación IMO y entre ellos se encuentra el GLP (Norma Técnica Ecuatoriana, 2013).



**Figura 2.4 División de gases inflamables en la clasificación IMO. Pictograma**

Fuente: NTE INEN 2266:2013

### 2.4.2 Líquido combustible e inflamable

De acuerdo con la norma NFPA 497 de la National Fire Protection Association (2012), se entiende como líquido combustible a aquel que se encuentra a un punto de inflamación en copa cerrada de 37.8°C, 100°F o temperaturas mayores; mientras que un líquido que se encuentra a un punto de inflamación copa cerrada menor a una temperatura de 37.8°C, 100°F se lo considera como un líquido inflamable. Se representa tal como se muestra en la figura 2.5.



**Figura 2.5 División de líquidos inflamables en la clasificación IMO. Pictograma**

Fuente: NTE INEN 2266:2013

### 2.4.3 Límites de inflamabilidad o explosividad

El Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (1995), mediante su nota técnica de prevención 369 determina que para que se forme una atmósfera explosiva, la concentración de gases, vapores o nieblas inflamables en aire debe de estar dentro de un determinado rango, delimitado por los límites inferiores y superiores de explosividad:

- *Límite inferior de inflamabilidad (LII)*: Es la concentración mínima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por debajo de la cual, la mezcla no es explosiva.
- *Límite superior de inflamabilidad (LSI)*: Es la concentración máxima de gases, vapores o nieblas inflamables en aire por arriba de la cual, la mezcla no es explosiva.

Estos límites se suelen expresar en porcentajes de volumen del gas o vapor en el volumen de la mezcla.

Si se procura que ciertas mezclas de gases o vapores combustibles en el aire no creen una atmósfera explosiva, su concentración debe mantenerse muy por debajo del *LII* o por encima de *LSI*.

La primera opción generalmente se usa fuera de la instalación (sala de bombas o compresores, cabina de pintura, túnel de secado, etc.) con ventilación adecuada o medios de escape.

Mientras que la segunda opción se emplea en el interior de los equipos (tanque o depósitos, reactores, tuberías, etc.), porque los vapores o gases inflamables ocupan una mayor parte o la totalidad del volumen del equipo, o porque el aire se mueve con el gas inerte utilizado internamente.

### 2.4.4 Punto de inflamación

Se denomina punto de inflamación, punto de destello o punto de ignición a la mínima temperatura de un líquido a la cual, bajo ciertas condiciones normalizadas, un líquido desprende vapores en una cantidad tal que se puede formar una mezcla vapor/aire inflamable (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1995).

### 2.4.5 Temperatura y presión de funcionamiento

- *Temperatura:* Una temperatura de funcionamiento es la temperatura a la cual opera un dispositivo eléctrico o mecánico (Branco, Ritchie, & Sklenička, 1996).
- *Presión:* Presión ejercida cuando un sólido o líquido está en equilibrio con su propio vapor (Britannica, T. Editors of Encyclopaedia, 2022).
- *Funcionamiento:* Situación en la que el material funciona dentro de sus parámetros de diseño (Asociación Española de Normalización y Certificación, 2015).

### 2.5 Materiales peligrosos

Aquellos productos químicos peligrosos o desechos peligrosos, los cuales, por sus características fisicoquímicas, corrosivas, tóxicas, reactivas, explosivas, inflamables, biológico infecciosas, pueden llegar a derivar en un riesgo de afectación a la salud humana, al ambiente y los recursos naturales o a su vez, a la destrucción de bienes; son denominados materiales peligrosos. Esto hace obligatorio y prioritario el control de su uso y la limitación a la exposición que se pueda tener con los mismos; una información amplia de las características de los materiales se revisa inicialmente en las Hojas de Seguridad o SDS (Norma Técnica Ecuatoriana, 2013).

Para el almacenamiento y manejo general de los materiales peligrosos se debe revisar la compatibilidad respectiva que va acorde a la naturaleza del producto y sus características químicas; por lo cual no se deben colocar, apilar o almacenar juntos los materiales indicados a continuación:

- Materiales tóxicos con alimentos o semillas o cultivos agrícolas comestibles.
- Combustibles con comburentes.
- Explosivos con fulminantes o detonadores.
- Líquidos inflamables con comburentes.
- Material radioactivo con otro cualquiera.
- Sustancias infecciosas con ninguna otra.
- Ácidos con bases.
- Oxidantes, comburentes con reductores.
- Otros materiales peligrosos. Anexo A (Norma Técnica Ecuatoriana, 2013).

### 2.6 Tipos de tanques

Se denominan tanques accesibles a los que se encuentran sellados contra fugas de gas y vapor, en condiciones normales de funcionamiento; sin embargo, se puede acceder fácilmente a su interior en casos de inspección y mantenimiento.

Los tanques sellados se conocen así por su sello contra fugas de gas y vapor y que no tienen provisiones para el mantenimiento e inspección desde dentro de la ubicación; mientras que los tanques de tapa cerrada son aquellos con un número limitado de pequeñas aberturas o penetraciones, por medio de las cuales el gas se filtra ocasionalmente dentro de la ubicación (American Petroleum Institute, 2012).

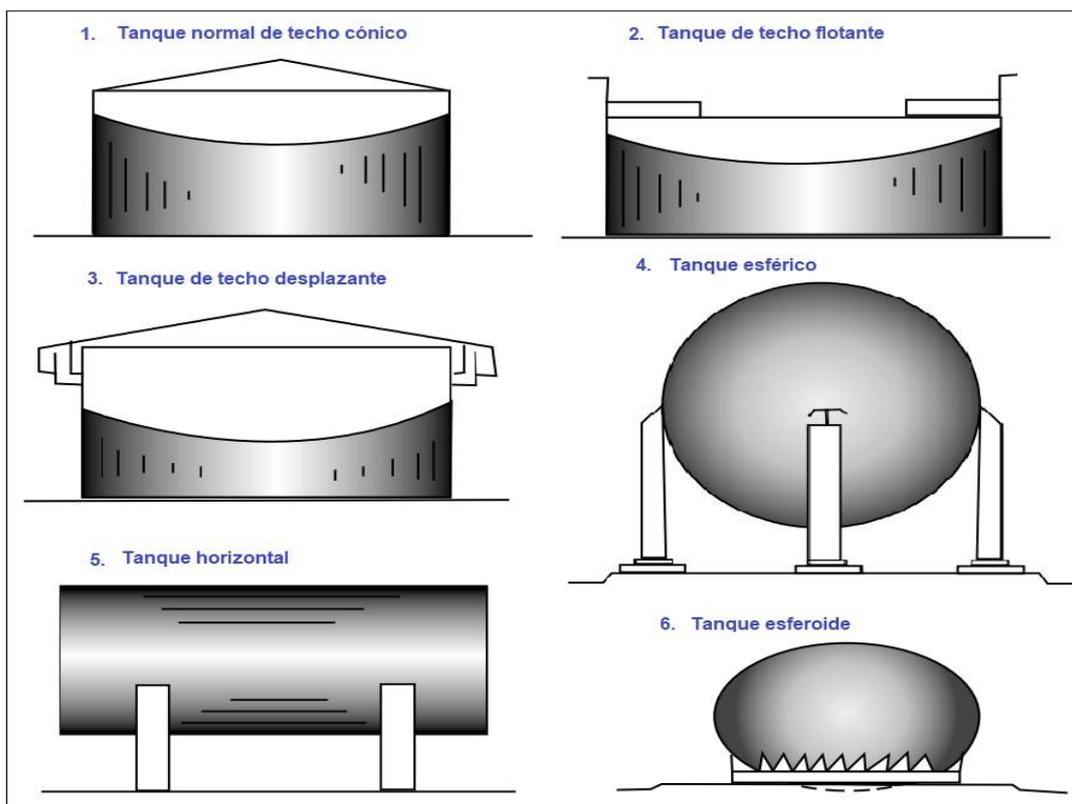
## 2.7 Espacios y ubicaciones

Por definición las ubicaciones abiertas o al aire libre son esencialmente libres de estructuras u obstrucciones, no se impide la ventilación natural y la dispersión o dilución de gases y vapores es rápida, sin áreas estancadas.

En cuanto a las ubicaciones semicerradas, marcadamente diferentes de las abiertas, tienen condiciones naturales de ventilación y cuentan con estructuras como techos, mamparos y cortavientos con una distribución que puede dar lugar a la dispersión del gas. Y los espacios cerrados son aquellos que pueden estar delimitados por pisos, cubiertas y mamparos con disponibilidad de puertas o ventanas (American Petroleum Institute, 2012).

## 2.8 Explosiones por presión

Se conoce como expansión explosiva del vapor de un líquido en ebullición o boiling liquid expanding vapor explosion (BLEVE) a una forma de explosión mecánica, esto puede ser producido por la ignición de una mezcla de gas o aire inflamable confinado en algún equipo, tanque o dispositivo de una instalación o en cualquier estructura cerrada. Una forma de que exista una explosión se presenta con el calentamiento externo de un depósito hermético que contiene material inflamable, alcanza su sobrepresión y debilita la resistencia; escenario que puede suceder por efectos físicos o la interacción en procesos de manufactura con químicos o materiales inflamables o combustibles, en determinadas condiciones, en instalaciones industriales (Grant & Dougal, s.f.). En la figura 2.6 se representan los tipos comunes de tanques para el almacenamiento de sustancias peligrosas.

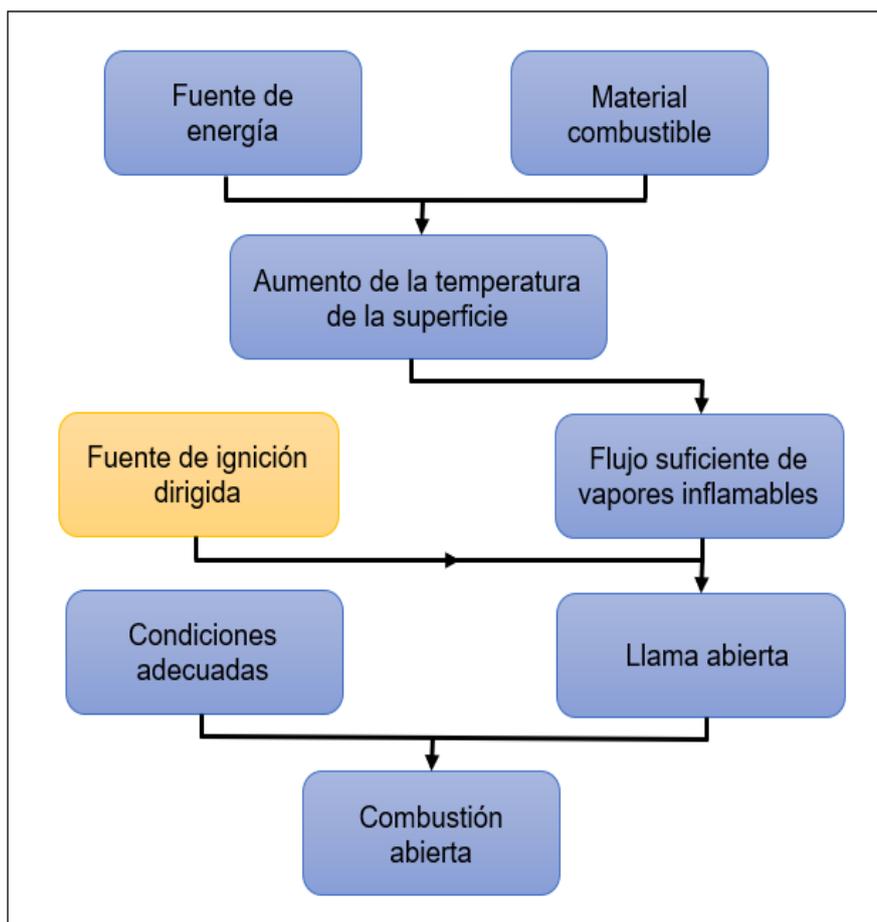


**Figura 2.6 Tipos comunes de tanques para el almacenamiento de líquidos inflamables y combustibles**

Fuente: Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, Madrid

### 2.8.1 Esquema del proceso de ignición

De acuerdo con Grant & Douglas (s.f.), para que se presente un proceso de ignición, la fuente de ignición debe calentar la superficie y conseguir la combustión de los vapores. Puede darse también que los vapores estén por encima del punto de ignición y mezclándose con el aire se produce una ignición espontánea. El calentamiento por fricción, equipos eléctricos defectuosos o instalaciones eléctricas inadecuadas se consideran como comunes fuentes de ignición; las condiciones requeridas para tener una combustión abierta, la cual en ambientes determinados puede convertirse en una explosión, se las puede visualizar en el flujo básico descrito en la Figura 2.7.



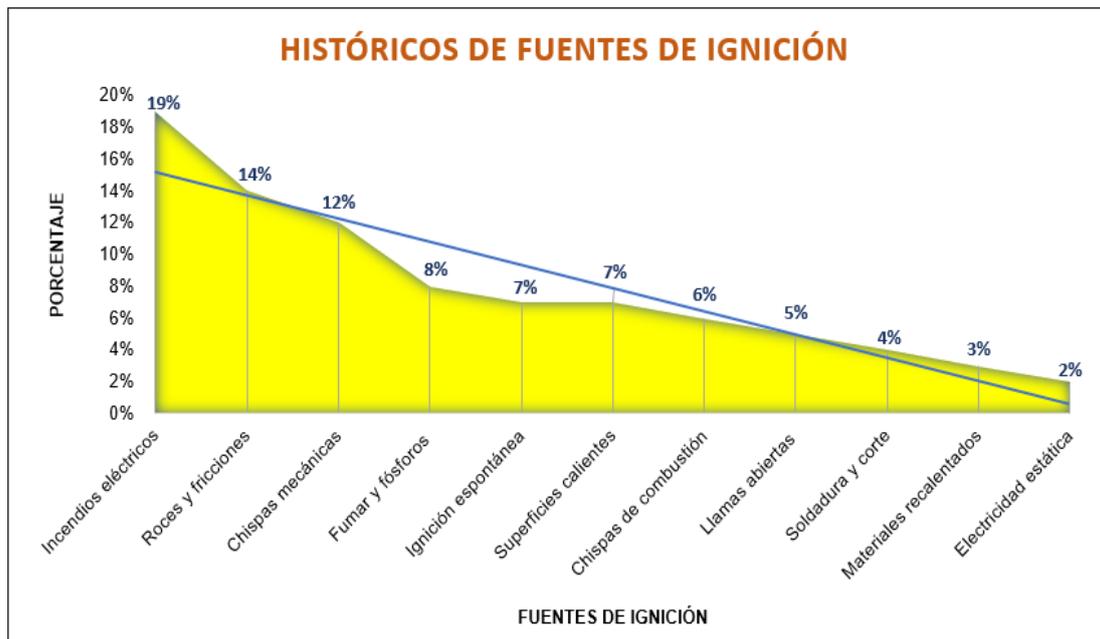
**Figura 2.7 Representación de una ignición dirigida**

Fuente: Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo, Madrid

Los líquidos combustibles e inflamables son también representantes de fuentes potenciales de riesgo, la combustión y explosión de estas sustancias puede evitarse técnicamente con la eliminación de las fuentes de ignición, el almacenamiento del líquido en un depósito o sistema cerrado en buenas condiciones, además una ventilación adecuada en la instalación imposibilita alcanzar la concentración peligrosa de vapor.

De acuerdo con el Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo (2019), cuando se trata de riesgo de incendio y explosión se debe considerar daños que pueden ocasionarse adicionalmente sobre los stakeholders o partes interesadas de la empresa, como proveedores, clientes, medio ambiente y comunidades cercanas a la planta industrial o instalaciones involucradas. Se conocen datos estadísticos de fuentes de

ignición que en conjunto alcanzan un 87% de eventos de incendios en instalaciones industriales, los cuales se pueden observar en el análisis porcentual de once fuentes de ignición en la Figura 2.8.



**Figura 2.8 Estadísticas de 11 fuentes de ignición**

Fuente: Instituto Sindical de Trabajo, Ambiente y Salud – Incendio y explosión

Las fuentes de ignición pueden activar de diferentes maneras una atmósfera explosiva, esto dependerá de su naturaleza, entre las principales se encuentran las superficies calientes, llamas y gases, chispas, materiales eléctricos, entre otras.

# CAPÍTULO 3

## 3 MARCO METODOLÓGICO

La metodología para el diseño de un plan de protección contra explosiones se basó en realizar inspecciones y entrevistas con los operadores del área de servicios industriales, analizar los procesos involucrados y distinguir las sustancias químicas utilizadas y sus formas de almacenamiento y transporte.

Con la información obtenida de las entrevistas e inspecciones, se realizó la clasificación de las áreas peligrosas en base a la norma establecida por la National Fire Protection Association (2012) NFPA 497: Práctica recomendada para la clasificación de líquidos inflamables, gases o vapores inflamables y de áreas peligrosas (Clasificadas) para instalaciones eléctricas en áreas de procesamiento químico.

La norma UNE EN 60079-10-1 de la Asociación Española de Normalización y Certificación (2016). Atmósferas explosivas Parte 10-1 Clasificación de emplazamientos, Atmósferas explosivas gaseosas; es fundamental formando parte de la serie de la Norma IEC 60079, que da referencia a la clasificación de los emplazamientos en los que pueden ocasionarse riesgos a causa de gases o vapores inflamables.

Si se tiene una atmósfera que por circunstancias locales o de funcionamiento se puede convertir en explosiva se denomina atmósfera potencialmente explosiva, y esta situación encajó elementalmente en la planta industrial que se analizó; por consiguiente, se incluyó una metodología de evaluación de riesgos, identificando la existencia y probabilidad de formación de una atmósfera explosiva y de activación de todas las posibles fuentes de ignición. Para realizar la evaluación de aquellos riesgos que se deriven de atmósferas explosivas se utilizaron cuestionarios de chequeo o listas de comprobación denominadas Safety Check Lists, complementando el análisis con la utilización de métodos tanto cualitativos como cuantitativos.

En un análisis de riesgos lo fundamentalmente importante es asegurarse de que se contemplen todos los posibles riesgos, garantizando seguridad en los espacios de trabajo y acreditando con ello mayor productividad, por lo cual se implementó la metodología RASE, Explosive Atmosphere: Risk Assessment of Unit Operations and Equipment, la misma que ayudó a revisar todos los posibles escenarios para la evaluación (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 2010).

### 3.1 Recolección de información

Como primer paso se desarrolló una investigación descriptiva mediante visitas e inspecciones al área de almacenamiento de combustibles con la finalidad de especificar propiedades, características y rasgos importantes del fenómeno estudiado para así determinar si existen condiciones que requieran acciones de mejora.

De igual modo se realizó la revisión de los reportes de seguridad, con el objetivo de tener un conocimiento de los equipos e instalaciones existentes en el patio de almacenamiento de combustibles, así como su frecuencia de mantenimiento para prevenir posibles fugas de vapores o gases causantes de atmósferas explosivas.

De acuerdo con la NFPA 70, las áreas donde exista riesgo de explosión deben de contar con instalaciones eléctricas en buen estado y con protección contra explosiones, así

como una correcta capacitación en los operadores que trabajan el sitio. Estos datos son muy importantes para poder determinar las falencias en el sistema, establecer si el área es segura para almacenar los combustibles y determinar si es necesario implementar medidas preventivas y correctivas en el área de estudio.

### **3.1.1 Reportes de seguridad obtenidos de inspecciones previamente realizadas**

- Equipo eléctrico inadecuado, por lo cual se considera que puede generar una fuente de ignición.
- Falta de inspección y mantenimiento de dispositivos de seguridad, como son mangas de viento y sensor de nivel alto-alto de llenado de los tanques de búnker.
- Falta de conocimiento por parte de los operadores sobre las medidas de control para áreas donde existe riesgo de explosión, probable incumplimiento legal en caso de que el resultado de este proyecto determine que se trata de un área clasificada como peligrosa con riesgo de explosión.
- Tomacorrientes y luminarias cerca de los sistemas de bombeo de combustible que no tienen protección contra explosiones.
- Canalización eléctrica sobrecargada, es decir se observó una cantidad excesiva de cable pudiendo generar puntos calientes, de acuerdo con el estándar de referencia NFPA 70 (National Fire Protection Association, 2017).
- Falta de procedimientos de trabajo documentados para los contratistas de mantenimiento que ingresan al área de combustibles, donde se determine la prohibición de generación de fuentes de ignición durante operación normal y el bloqueo de fuentes de energías.

En referencia a lo observado, en conjunto con la alta dirección de la empresa se confirmó que el área de almacenamiento de combustibles se tome como base para el diseño de un plan de protección contra explosión, considerando los tanques de almacenamiento y bombas existentes.

### **3.1.2 Descripción de los procesos**

En el área de almacenamiento de combustibles circula combustible hacia las calderas. Nieto Palomo (2016), define a la caldera como un recipiente metálico, cerrado, destinado a producir vapor o calentar agua, mediante la acción del calor a una temperatura superior a la del ambiente y presión mayor que la atmosférica.

El principio básico de funcionamiento de las calderas consiste en una cámara donde se produce la combustión, con la ayuda del aire comburente y a través de una superficie de intercambio se realiza la transferencia de calor (Nieto Palomo, 2016).

En el área se encuentran 4 calderas que generan vapor hacia la fábrica de cerveza, sector de bodega y filtración, empaque y utilitarios.

## **3.2 Determinación de materiales combustibles e inflamables en la planta**

De acuerdo con la National Fire Protection Association (2012), en la normativa NFPA 497: Práctica recomendada para la clasificación de líquidos inflamables, gases o vapores inflamables y de áreas peligrosas clasificadas para instalaciones eléctricas en áreas de procesamiento químico, un líquido inflamable es aquel que tenga un punto de inflamación menor de 37.8°C, mientras que un líquido combustible tiene un punto de inflamación de 37.8°C o mayor. En un área peligrosa clasificada como Clase I, el material combustible presente es un gas o vapor inflamable.

Adicionalmente, con respecto a lo necesario para una ignición, se indica que en un área de Clase I se deben cumplir las tres condiciones siguientes para que el material combustible se incendie por la instalación eléctrica:

1. Debe haber un material combustible presente.
2. Este debe estar mezclado con el aire en las proporciones requeridas para producir una mezcla inflamable.
3. Debe haber liberación de energía suficiente para incendiar la mezcla (National Fire Protection Association, 2012).

### 3.2.1 Hoja de datos de la clasificación de emplazamientos peligrosos

Para una adecuada clasificación de los emplazamientos peligrosos y zonas riesgosas, se recomendó emplear los siguientes formatos de hojas de datos, tal como se encuentra dispuesta en la normativa IEC 60079-10-1:2015. Para la caracterización de las sustancias inflamables se utilizó la Tabla 2. Mientras que, para determinar las fuentes de escape existentes en el proceso se empleó el formato establecido en la Tabla 3.

**Tabla 2**  
**Formato de hoja de datos de lista y características de las sustancias inflamables**

Planta:													Plano de referencia:
Emplazamiento:													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sustancias inflamables							Volatilidad <sup>a</sup>		LII		Características Ex.		
	Nombre	Composición	Masa molar (kg/kmol)	Densidad relativa gas/aire	Punto de destello (°C)	Temperatura de ignición (°C)	Punto de ebullición (°C)	Presión de vapor a 20°C (kPa)	Volumen (%)	(kg/m <sup>3</sup> )	Grupo de material	Clase de temperatura	Cualquier otra información importante y observaciones
1													
2													
3													

<sup>a</sup> Normalmente se da el valor de la presión de vapor, pero en su ausencia se puede utilizar el punto de ebullición.

Fuente: Norma Europea EN 60079-10-1:2015

**Tabla 3**  
**Formato de hoja de datos de lista de fuentes de escape**

Planta:															Plano de referencia:		
Emplazamiento:																	
1	2	3	4	5	6	7	8		9	10	11	12	13	14		15	16
Fuente de escape						Sustancia inflamable			Ventilación			Emplazamiento peligroso					
Descripción	Ubicación	Grado de escape <sup>a</sup>	Tasa de escape (kg/s)	Característica del escape (m <sup>3</sup> /s)	Referencia <sup>b</sup>	Temperatura y presión de funcionamiento		Estado <sup>c</sup>	Tipo <sup>d</sup>	Grado de dilución <sup>e</sup>	Disponibilidad	Tipo de zona 0-1-2	Extensión de la zona (m)		Referencia <sup>f</sup>	Cualquier otra información importante y observaciones	
						(°C)	(kPa)						Vertical	Horizontal			
1																	
2																	
3																	
4																	
5																	

<sup>a</sup> C-Continuo; S-Secundario; P-Primario.  
<sup>b</sup> Cítese el número de la lista de la parte I.  
<sup>c</sup> G-Gas; L-Líquido; LG-Gas Licuado; S-Sólido.  
<sup>d</sup> N-Natural; AG- General Artificial; AL- Local Artificial.  
<sup>e</sup> Alta; Media; Baja.  
<sup>f</sup> Indíquese la referencia del código si se ha utilizado, o refiérase el cálculo.

Fuente: Norma Europea EN 60079-10-1:2015

### **3.3 Identificación de los equipos presentes en el área**

Como punto de partida se realizó una visita técnica a las instalaciones de la empresa, para conocer más de cerca el proceso de la elaboración de bebidas alcohólicas. Dentro de este recorrido, se identificaron las instalaciones, equipos y sistemas de seguridad presentes en el área de estudio.

Posteriormente se realizaron entrevistas a los ingenieros del departamento de mantenimiento, quienes permitieron acceder a la información sobre las características de cada equipo correspondiente al patio de almacenamiento de combustibles.

Una vez obtenida esta información, se procedió a verificar su correcto funcionamiento, así como aquellas fallas que presenten, ya sean escapes de vapores o gases que presenten características de peligrosidad, puesto que cabe mencionar que en el área de servicios industriales se tienen materiales combustibles como el amoníaco y fuel oil.

Para la identificación de escapes accidentales, se procedió a buscar cualquier goteo de sustancias líquidas entre las bridas, tuberías o conexiones de los equipos; cualquier presencia de niebla o emisiones de vapores, así como la identificación de cualquier olor característico de gases como el amoníaco y, cualquier sonido semejante a un silbido producido por la presión ejercida de salida del gas.

Todos los datos recolectados durante las inspecciones sirvieron para la evaluación de las zonas peligrosas, así como para determinar las acciones correctivas y medidas preventivas para mitigar el riesgo de explosión.

### **3.4 Determinación del grado de escape**

Conforme con el Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo (1999), una fuente de escape puede dar lugar a cualquiera de los grados de escape, sean estos de grado continuo, grado primario o grado secundario, o una combinación de más de uno.

El grado de escape generalmente determina el tipo de zona. En un emplazamiento adecuadamente ventilado, un grado continuo de escape generalmente lleva a una clasificación de zona 0, un grado primario a la zona 1 y un grado secundario a la zona 2.

Por lo cual, para su determinación se empleó la Tabla 4 como guía, de acuerdo con los parámetros establecidos en la normativa NTP 370.

**Tabla 4**  
**Clasificación del grado de escape y su duración**

<b>Grado de escape</b>	<b>Duración del escape</b>	<b>Ejemplos</b>
<b>Continuo</b>	Más de 1000h/año $P > 10^{-1}$	La superficie de un líquido inflamable en un tanque cerrado con ventilación permanente a la atmósfera.
		La superficie de un líquido inflamable que está abierto a la atmósfera continuamente o durante largos períodos.
<b>Primario</b>	De 10 a 1000h/año $10^{-1} > P > 10^{-3}$	Sellos de bombas, compresores y válvulas si se espera que en funcionamiento normal fuguen sustancias inflamables.
		Puntos de drenaje de agua de recipientes que contengan gases o líquidos inflamables, que puedan liberar sustancias inflamables a la atmósfera cuando drenen agua en funcionamiento normal.
		Puntos de muestreo que presumiblemente puedan liberar sustancias inflamables a la atmósfera en funcionamiento normal.
<b>Secundario</b>	Menos de 10h/año $10^{-5} > P > 10^{-3}$	Válvulas de seguridad, venteos y otras aberturas de donde se espere que puedan liberarse sustancias inflamables durante el funcionamiento normal.
		Sellos de bombas, compresores y válvulas en los que no se espera que liberen sustancias inflamables en funcionamiento normal.
		Bridas, uniones y accesorios de tuberías donde no se esperan escapes de sustancias inflamables en funcionamiento normal.
		Puntos de muestreo en los que no se espera que se produzcan escapes de sustancias inflamables en funcionamiento normal.
<b>Ausencia de escape</b>	Menos de 0,1 h/año $P > 10^{-5}$	N/A

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo - NTP 370

### 3.5 Determinación de la tasa de escape

De acuerdo con Asociación Española de Normalización y Certificación (2016), en la norma UNE-EN 60079-10-1 se define a “una fuente de escape como un punto o lugar desde el cual se puede escapar a la atmósfera gas, vapor o líquido inflamables de tal forma que se pueda formar una atmósfera de gas explosiva”. Escape se podría entender como un fallo o accidente. Sin embargo, para esta norma la palabra escape tiene connotaciones de generador de gases explosivos, sin tener que ser necesariamente originados por un fallo.

De acuerdo con los datos estadísticos de las normas NFPA 497 y API RP 500 se tomaron los datos de los típicos de fuentes de escape tal como se mencionan en las Tablas 5 y 6:

**Tabla 5**  
**Tasa de escape en equipos (Escapes estructurales)**

<b>Componentes</b>	<b>Tipos de sustancias</b>	<b>Escapes estructurales kg/s</b>
<i>Conexiones (con juntas o fileteadas), accesorios de tuberías</i>	Gas	$1.9 \times 10^{-3}$
	Productos petrolíferos ligeros	$2.1 \times 10^{-3}$
	Productos petrolíferos pesados	$5.2 \times 10^{-10}$
	Gas y/o productos petrolíferos en plataforma marina (offshore)	$3.0 \times 10^{-9}$
<i>Válvulas manuales y automáticas (excluidas las válvulas de seguridad y de salida a la atmósfera)</i>	Gas	$5.6 \times 10^{-7}$
	Productos petrolíferos ligeros	$1.0 \times 10^{-7}$
	Productos petrolíferos pesados	$1.0 \times 10^{-9}$
	Gas y/o productos petrolíferos en plataforma marina (offshore)	$1.1 \times 10^{-7}$
<i>Venteos, drenajes, purgas y tomamuestras interceptados por válvulas</i>	Gas	$5.6 \times 10^{-3}$
	Productos petrolíferos ligeros	$1.8 \times 10^{-7}$
	Productos petrolíferos pesados	$5.0 \times 10^{-9}$
	Gas y/o productos petrolíferos en plataforma marina (offshore)	$5.1 \times 10^{-3}$
<i>Venteos de válvulas de seguridad cerradas, válvulas de salida a la atmósfera cerradas, juntas de combas y compresores, escotillas, bocas de hombre, etc.</i>	Gas	$1.5 \times 10^{-3}$
	Productos petrolíferos ligeros	$5.2 \times 10^{-7}$
	Productos petrolíferos pesados	$3.0 \times 10^{-9}$
	Gas y/o productos petrolíferos en plataforma marina (offshore)	$5.4 \times 10^{-7}$

Fuente: Manual Práctico Clasificación de zonas en atmósferas explosivas, CETIB

**Tabla 6**  
**Pérdidas máximas admisibles para válvulas de seguridad**

<b>Válvula de seguridad</b>	<b>Presión nominal MPa</b>	<b>Junta externa Pérdidas máx. admisibles kg/s</b>
<i>Válvulas con orificio de descarga de diámetro <math>\leq 7.8</math> mm</i>	0.103-6.896	$1.4 \times 10^{-7}$
	10.3	$2.2 \times 10^{-7}$
	13.0	$2.8 \times 10^{-7}$
	17.2-41.4	$3.6 \times 10^{-7}$
<i>Válvulas con orificio de descarga de diámetro <math>&gt; 7.8</math> mm</i>	0.103-6.896	$7.1 \times 10^{-3}$
	10.3	$1.1 \times 10^{-7}$
	13.0	$1.4 \times 10^{-7}$
	17.2-41.4	$1.8 \times 10^{-7}$
	20.7	$2.2 \times 10^{-7}$
	27.6	$2.8 \times 10^{-7}$
	38.5	$3.6 \times 10^{-7}$
	41.4	$3.6 \times 10^{-7}$

Fuente: Manual Práctico Clasificación de zonas en atmósferas explosivas, CETIB

### 3.6 Determinación de la característica del escape

La característica del escape del área de almacenamiento de combustibles se determinó de acuerdo con la fórmula establecida en la norma UNE-EN-60079-10-1 de la Asociación Española de Normalización y Certificación (2015).

$\frac{W_g}{\rho_g k LII}$  que es una característica del escape expresada en m<sup>3</sup>/s.

En donde,

- $W_g$  es la tasa de escape.
- $\rho_g$  es la densidad del gas.
- $k$  es el factor de seguridad atribuida al  $LII$ , típicamente entre 0,5 y 1,0.
- $LII$  es el Límite Inferior de Inflamabilidad que se determina en la SDS.

### 3.7 Determinación del grado de dilución

La Asociación Española de Normalización y Certificación (2015), establece que el grado de dilución es una medida de la capacidad de la ventilación o de las condiciones atmosféricas para diluir un escape a un nivel seguro. Por lo tanto, a un mayor escape le corresponde un menor grado de dilución para un tamaño del escape dado.

Los grados de dilución no sólo dependen de la ventilación, sino que también de la naturaleza y el tipo de escape de gas esperado.

En la norma UNE-EN-60079-10-1 se reconocen los tres grados de dilución siguientes:

- *Dilución alta*: La concentración cerca de la fuente de escape se reduce rápida y prácticamente no habrá ninguna persistencia después que el escape haya parado.
- *Dilución media*: La concentración está controlada resultando una zona de límite estable mientras el escape se está produciendo, y la atmósfera explosiva gaseosa no persiste indebidamente después que el escape haya parado.
- *Dilución baja*: Existe una concentración significativa mientras se está produciendo el escape y/o persistencia significativa de la atmósfera inflamable después que el escape haya parado.

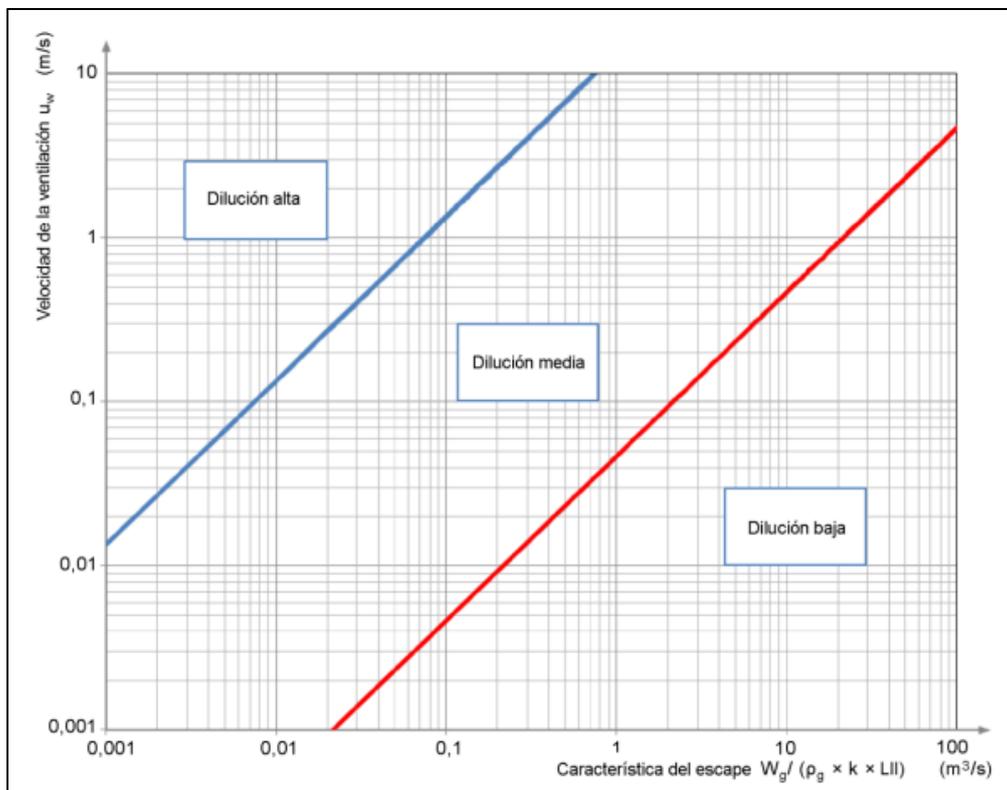
Para realizar la evaluación del grado de dilución se empleó la Figura 3.1, utilizando la velocidad de ventilación estimada de acuerdo con la Tabla 7 y con el cálculo de la característica del escape realizado para cada fuente de escape.

**Tabla 7**  
**Velocidades de la ventilación indicativas en exteriores ( $u_w$ )**

Tipo de ubicaciones en el exterior	Emplazamiento sin obstáculos			Emplazamiento con obstáculos		
	$\leq 2\text{ m}$	$> 2\text{ m}$ hasta 5 m	$> 5\text{ m}$	$\leq 2\text{ m}$	$> 2\text{ m}$ hasta 5 m	$> 5\text{ m}$
Velocidades de la ventilación indicativas para estimar la dilución de los escapes de gas/vapor más ligero que el aire	0,5 m/s	1 m/s	2 m/s	0,5 m/s	0,5 m/s	1 m/s
Velocidades de la ventilación indicativas para estimar la dilución de los escapes de gas/vapor más pesado que el aire	0,3 m/s	0,6 m/s	1 m/s	0,15 m/s	0,3 m/s	1 m/s
Velocidades de la ventilación indicativas para estimar la velocidad de evaporación de los charcos de líquido en cualquier altura	-	$> 0,25\text{ m/s}$	-	-	$> 1\text{ m/s}$	-

Generalmente los valores de la tabla se pueden tener en cuenta con una disponibilidad de ventilación justa

Fuente: Norma Europea EN 60079-10-1:2015



**Figura 3.1 Gráfica para evaluar el grado de dilución**

Fuente: Norma Europea EN 60079-10-1:2015

El grado de dilución se obtuvo mediante la búsqueda de la intersección de los valores respectivos que se muestran en el eje horizontal y vertical. La línea que divide el área del gráfico entre “dilución alta” y “dilución media” representa un volumen inflamable de 0,1 m<sup>3</sup>, por lo que cualquier punto de intersección a la izquierda de la curva implica un volumen inflamable aún menor.

En lugares al aire libre donde no hay restricciones significativas al flujo de aire, el grado de dilución se clasifica como medio si no se cumple la condición para dilución alta. En situaciones al aire libre generalmente no se producirá un grado de dilución bajo. Las situaciones en las que hay restricciones al flujo de aire, por ejemplo, en pozos, se consideran de la misma forma que un emplazamiento cerrado.

### 3.8 Determinación de la disponibilidad de la ventilación

La ventilación es un movimiento de aire y su sustitución por aire fresco debido a los efectos del viento, gradientes de temperatura o medios artificiales (por ejemplo, ventiladores o extractores).

En la norma EN-60079-10-1:2015 se menciona que la disponibilidad de ventilación tiene influencia sobre la presencia o formación de atmósferas explosivas en cualquier situación. Por lo que para su determinación se definieron tres niveles:

- *Disponibilidad buena*: la ventilación está presente de manera continua, sin interrupciones.
- *Disponibilidad media (justa)*: se espera que la ventilación exista durante el funcionamiento normal. Las interrupciones permiten que se produzcan de manera poco frecuente y durante períodos cortos.
- *Disponibilidad mala*: la ventilación no cumple con el estándar de ventilación buena o media, sin embargo no se espera que existan interrupciones durante largos períodos.

Generalmente, para una ventilación natural con un viento estimado de 0,5 m/s la disponibilidad se consideró como buena (estas condiciones corresponden para un día de calma). Además, fue importante considerar que en emplazamientos interiores o al aire libre cuando existe disponibilidad de ventilación natural se obtiene, como mínimo, una disponibilidad media.

Para poder valorar la disponibilidad de la ventilación de tipo artificial, se consideró la fiabilidad del equipo y la disposición de tener equipos de emergencia, que en caso de paro o fallo pueda entrar en funcionamiento sin alterar el proceso. De igual manera se identificó si existían o no sistemas que en caso de fuga o emisión detengan el proceso o apliquen medidas de seguridad para evitar que exista riesgo de inflamabilidad por escape de alguna sustancia. En estos casos se consideró una disponibilidad buena (Pérez Carbonell, 2005).

### 3.9 Estimación de los tipos de zona y extensión de la zona

La Asociación Española de Normalización y Certificación (2015), dispone que la estimación de los tipos de zona y su extensión se establece mediante el cruce entre el grado y disponibilidad de ventilación y el grado de escape de la fuente de emisión que se clasifica según: zona 0, zona 1 o zona 2. A continuación se presenta la Tabla 8, la misma que fue utilizada para clasificar las zonas de acuerdo con la efectividad de ventilación.

**Tabla 8**  
**Clasificación de zonas según la efectividad de la ventilación**

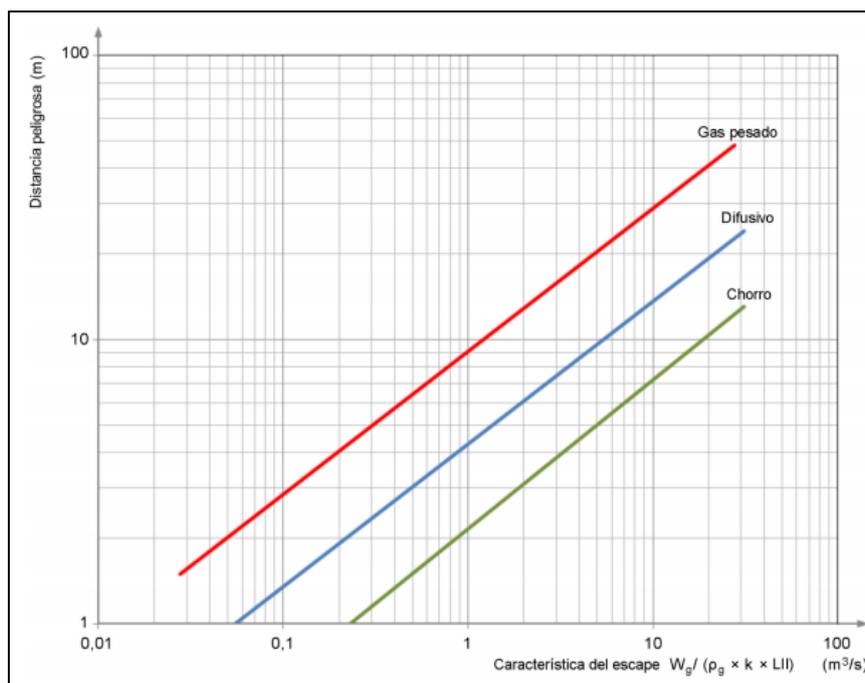
<b>Zonas según el grado de escape y la efectividad de la ventilación</b>							
<b>Grado de escape</b>	<b>Efectividad de la ventilación</b>						
	<i>Dilución alta</i>			<i>Dilución media</i>			<i>Dilución baja</i>
	<b>Disponibilidad de ventilación</b>						
	<i>Buena</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Buena</i>	<i>Media</i>	<i>Baja</i>	<i>Buena, media o baja</i>
Continuo	No peligrosa (Zona 0 ED) <sup>a</sup>	Zona 2 (Zona 0 ED) <sup>a</sup>	Zona 1 (Zona 0 ED) <sup>a</sup>	Zona 0	Zona 0 + Zona 2	Zona 0 + Zona 1	Zona 0
Primario	No peligrosa (Zona 1 ED) <sup>a</sup>	Zona 2 (Zona 1 ED) <sup>a</sup>	Zona 2 (Zona 1 ED) <sup>a</sup>	Zona 1	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 + Zona 2	Zona 1 o Zona 0 <sup>c</sup>
Secundario <sup>b</sup>	No peligrosa (Zona 2 ED) <sup>a</sup>	No peligrosa (Zona 2 ED) <sup>a</sup>	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1 e incluso Zona 0 <sup>c</sup>
<sup>a</sup> Zona 0 ED, 1 ED O 2 ED indica una zona teórica que en condiciones normales sería de extensión despreciable. <sup>b</sup> La zona 2 creada por un escape de grado secundario puede superar la atribuida a escapes de grado continuo o primario; en este caso debería tomarse la distancia mayor. <sup>c</sup> Será zona 0 si la ventilación es tan débil y el escape es tal que prácticamente la atmósfera explosiva gaseosa esté presente de manera permanente (es decir, es una situación próxima a la de "ausencia de ventilación").							
"+" significa "rodeada por". La disponibilidad de ventilación en espacios encerrados ventilados naturalmente nunca debe considerarse como buena.							

Fuente: Norma Europea EN 60079-10-1:2015

La extensión de la zona o región peligrosa en la que puede producirse gas inflamable depende de la tasa de escape y de varios otros factores tales como las propiedades del gas, la geometría del escape y la geometría circundante. La Figura 3.2 a continuación se pudo usar como una guía para determinar la extensión de las zonas peligrosas para diversas formas de escape.

La línea apropiada se seleccionó en base al tipo de escape, ya sea como:

- Un escape de chorro libre a alta velocidad;
- Un escape de chorro de difusión con una baja velocidad o un chorro que pierde su impulso debido a la geometría del escape o que incide sobre superficies cercanas;
- Gases o vapores pesados que se propagan a lo largo de superficies horizontales (por ejemplo, el suelo).



**Figura 3.2 Gráfica para estimar distancias de emplazamientos peligrosos**

Fuente: Norma Europea EN 60079-10-1:2015

El uso de esta tabla no es de aplicación cuando se sugiere una zona de extensión despreciable (ED).

Las curvas se basan en una concentración de fondo nula y no se aplican a situaciones de baja dilución interior.

Esta gráfica fue desarrollada por la Asociación Española de Normalización y Certificación (2016) en base a las ecuaciones de continuidad y simulaciones seleccionadas de dinámica de fluidos computacional (CFD) suponiendo una distancia de dispersión proporcional a la raíz cuadrada del eje X y se han moderado los resultados a los efectos de esta norma.

La ilustración no identifica zonas diferentes y las zonas deberían evaluarse en la base a la ventilación alrededor de las fuentes de escape y posibles variaciones en las condiciones del escape.

Para valorar la extensión de la zona que presenta riesgos de presencia de atmósferas explosivas en el área de servicios generales se tomó en cuenta la Tabla 9, la misma que establece las fuentes de escape existentes en zonas industriales más comunes, así como su distancia de extensión desde este punto.

**Tabla 9**  
**Extensión de la zona desde la fuente de escape**

Nº	Fuente de escape	Distancia de extensión desde la fuente de escape		Observaciones	Ejemplo de referencia
		Vertical (m)	Horizontal (m)		
1	Fuga o derrame a través del sello de la bomba o compresor (Presión de operación baja, inferior a 19 bar).	1*	3**	* Por encima de la fuente de escape. ** Desde la fuente de escape.	Ej. Nº 1 de la UNE-EN 60079
2	Fuga o derrame a través del sello de la bomba o compresor en el interior de un edificio.	*	*	* En función del volumen de la sala. En caso de tener un grado medio de ventilación pueden tomarse los valores del caso 1.	Ej. Nº 2 de la UNE-EN 60079
3	Fuga o derrame a través del sello de la bomba o compresor (Presión de operación media/alta, superior a 19 bar).	7,5*	7,5**	* Por encima de la fuente de escape. ** Desde la fuente de escape. Se debe clasificar 7,5 m. por cada lado de la fuente de escape con una altura de 0,6 m.	Fig. 93 de la API 500
4	Fuga de vapores a través de la válvula de seguridad, alivio de presión o disco de seguridad de un recipiente, depósito o reactor al aire libre (tarada a 1,5 bar) <sup>2</sup> .	3 o 5*	3 o 5*	* En función del tipo de zona.	Ej. Nº 3 de la UNE-EN 60079
5	Fuga de vapores a través de la válvula de seguridad, alivio de presión o disco de seguridad de un recipiente, depósito o reactor al aire libre (presiones superiores a 7 bar) <sup>2</sup> .	7,5*	7,5*	* Desde la fuente de escape en todas direcciones.	Fig. 3-4. 14 NFPA 497
6	Fuga de vapores a través de bridas, uniones y conexiones a presiones inferiores a 19 bar.	1*	1*	* Desde la fuente de escape en todas direcciones.	Ej. Nº 4 de la UNE-EN 60079 Fig. 96 de la API 500
7	Fuga de vapores a través de válvulas, bridas y conexiones a alta presión y sustancias muy volátiles.	3*	3*	* Desde la fuente de escape en todas direcciones.	Fig. 96 de la API 500
8	Fuga de vapores a través de la boca de hombre, boca de descarga, abertura del recipiente.	1*	1*	* Desde la fuente de escape en todas direcciones.	Ej. Nº 5 de la UNE-EN 60079
9	Interior del recipiente, reactor, agitador, cisterna, bidón o contenedor.	*	*	* Interior del recipiente, reactor, agitador, cisterna, bidón, contenedor.	Ej. Nº 5 de la UNE-EN 60079
10	Derrame o fuga en el suelo a través de bridas, uniones y conexiones del equipo.	1*	4**	* Por encima del charco formado. ** Desde la fuente de escape.	Ej. Nº 5 de la UNE-EN 60079
11	Interior de vías de drenaje, arquetas y sumideros.	*	*	* Interior de las vías de drenaje y sumideros.	Ej. Nº 1, 5, 8, 9 de la UNE-EN 60079
12	Presencia de vapores en el interior de el tanque de almacenamiento.	*	*	* Interior del tanque de almacenamiento.	Ej. Nº 8 de la UNE-EN 60079
13	Fuga de vapores a través a bridas, uniones y conexiones en el tanque de almacenamiento.	3*	3*	* Desde la fuente de escape en todas direcciones.	Ej. Nº 8 de la UNE-EN 60079
14	Fuga de vapores a través del venteo atmosférico del tanque y de otras aberturas del techo.	3*	3*	* Desde la fuente de escape en todas direcciones.	Ej. Nº 8 de la UNE-EN 60079
15	Fuga de vapores a través de las aberturas del techo de la cisterna.	1,5*	1,5*	* Desde la fuente de escape en todas direcciones.	Ej. Nº 9 de la UNE-EN 60079
16	Pérdidas a través de las tuberías flexibles de conexión.	1,5*	1,5*	* Desde la fuente de escape en todas direcciones.	Ej. Nº 9 de la UNE-EN 60079
17	Derrame en el suelo a través de las bridas, uniones y conexiones de la cisterna o de la manguera flexible.	1*	4,5*	* Por encima de la fuente de escape. ** Desde la última brida, unión, conexión o sumidero.	Ej. Nº 9 de la UNE-EN 60079
18	Presencia de vapores en el interior de la cisterna.	*	*	* Interior de la cisterna	Ej. Nº 9 de la UNE-EN 60079

Fuente: Autor

### 3.10 Evaluación de riesgos

Los riesgos de incendio y explosión ocurren en el lugar de trabajo con un potencial inherente de lesiones personales graves y daños a la propiedad. También plantean riesgos para el público en general.

Conocerlos y tomar las precauciones necesarias es el primer paso para evitar accidentes y enfermedades profesionales ocasionados por esta actividad.

Para realizar la valoración del riesgo de explosión se tomó en consideración la matriz resultante del producto de la probabilidad de materialización del riesgo por la severidad de las consecuencias, la misma que se parametriza bajo criterio técnico con severidad baja, media, alta y muy alta, como se muestra en la Tabla 10.

**Tabla 10**  
**Valoración del riesgo derivado de una ATEX**

Probabilidad de materialización	Severidad de las consecuencias			
	<i>Baja</i>	<i>Media</i>	<i>Alta</i>	<i>Muy Alta</i>
<i>Muy baja</i>	Riesgo leve	Riesgo medio	Riesgo medio	Riesgo alto
<i>Baja</i>	Riesgo leve	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo muyalto
<i>Media</i>	Riesgo leve	Riesgo alto	Riesgo alto	Riesgo muyalto
<i>Alta</i>	Riesgo medio	Riesgo alto	Riesgo muyalto	Riesgo muyalto
<i>Muy Alta</i>	Riesgo medio	Riesgo muyalto	Riesgo muyalto	Riesgo muyalto

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo – NTP 876

#### 3.10.1 Determinación de las fuentes de escape

Según la Asociación Española de Normalización y Certificación (2015), existen varios equipos o accesorios que se consideran como posibles fuentes de escape de atmósferas explosivas, los mismos que se enumeran en la Tabla 11.

**Tabla 11**  
**Tabla de posibles fuentes de escape en el proceso**

Fuentes de escape	
1	Bridas
2	Válvulas
3	Válvulas de seguridad, discos de seguridad y juntas hidráulicas
4	Bombas
5	Compresores tornillo
6	Conexiones de pequeñas dimensiones
7	Puntos de drenaje y de toma de muestras

Fuente: Autor

Para que se produzca una explosión no sólo es necesario la presencia de una atmósfera explosiva, sino que también se necesita la activación de un foco de ignición que suministre la energía de activación necesaria para que se produzca la explosión.

### 3.10.2 Determinación de los focos de ignición

Según Escuer Ibars & García Torrent (2005), las fuentes de ignición de atmósferas explosivas conocidas son las mencionadas en la Tabla 12.

**Tabla 12**  
**Fuentes de ignición de atmósferas explosivas**

<b>Fuentes o focos de ignición de atmósferas explosivas</b>	
<b>1</b>	Superficies calientes
<b>2</b>	Llamas y gases calientes
<b>3</b>	Chispas de origen mecánico
<b>4</b>	Material eléctrico
<b>5</b>	Corrientes eléctricas parásitas, protección contra la corrosión catódica
<b>6</b>	Electricidad estática
<b>7</b>	Rayo
<b>8</b>	Ondas electromagnéticas de radiofrecuencias (10 KHz - 300 MHz) y microondas (300 MHz - 300 GHz)
<b>9</b>	Radiación electromagnética de 300 GHz a $3 \times 10^{16}$ Hz (rango del espectro óptico)
<b>10</b>	Radiación ionizante
<b>11</b>	Ultrasonidos
<b>12</b>	Compresión adiabática, ondas de choque y gases circulantes
<b>13</b>	Reacciones químicas

Fuente: Manual Práctico Clasificación de zonas en atmósferas explosivas, CETIB

De acuerdo con la presencia de focos de ignición se consideraron los siguientes tipos de probabilidad:

- *Probabilidad alta:* las condiciones existentes en el lugar donde se encuentra la atmósfera explosiva no son adecuadas y se dan con una frecuencia tal que la activación de un foco de ignición puede esperarse al menos una vez al mes.
- *Probabilidad media:* las condiciones existentes en el lugar donde se encuentra la atmósfera explosiva no son adecuadas y se dan con una frecuencia tal que la activación de un foco de ignición puede esperarse en un intervalo de un mes a 1 año.
- *Probabilidad baja:* las condiciones existentes en el lugar donde se encuentra la atmósfera explosiva no son adecuadas y se dan con una frecuencia tal que la activación de un foco de ignición no se espera en menos de 1 año.

### 3.10.3 Evaluación del riesgo de explosión

Una evaluación del riesgo de explosión prioriza las acciones correctivas requeridas en el lugar de trabajo, minimiza la probabilidad y la duración de la formación de una atmósfera explosiva, evalúa la probabilidad de la presencia de fuentes de ignición y la proporción de efectos previsibles y; es esencial para determinar las medidas de prevención necesarias (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo, 2003).

Para la evaluación del riesgo de explosión se tomó en consideración el Real Decreto 681/2003 del INSST (2003), el cual atiende:

- La probabilidad de formación y duración de las atmósferas explosivas (clasificación de las zonas del emplazamiento)
- La probabilidad de presencia de fuentes de ignición
- El nivel del riesgo de explosión
- La gravedad de las consecuencias

Aspectos que se describen a continuación en las Tablas 13, 14, 15 y 16.

**Tabla 13**  
**Tabla de probabilidad de explosión**

<b>Probabilidad de explosión</b>			
<b>Probabilidad de presencia de focos de ignición</b>	<b>Clasificación de la zona</b>		
	<b>Z0</b>	<b>Z1</b>	<b>Z2</b>
<b>Alta</b>	Muy Alta	Alta	Media
<b>Media</b>	Alta	Media	Baja
<b>Baja</b>	Media	Baja	Remota

Fuente: Directiva 1999/92/CE – ATEX 137

**Tabla 14**  
**Tabla de riesgo de explosión**

<b>Riesgo de explosión</b>				
<b>Probabilidad de explosión</b>	<b>Gravedad de los efectos</b>			
	<b>Catastrófica</b>	<b>Grave</b>	<b>Seria</b>	<b>Moderada</b>
<b>Muy Alta</b>	Intolerable	Intolerable	Importante	Moderado
<b>Alta</b>	Intolerable	Importante	Moderado	Moderado
<b>Media</b>	Importante	Moderado	Moderado	Tolerable
<b>Baja</b>	Moderado	Moderado	Tolerable	Tolerable
<b>Remota</b>	Moderado	Tolerable	Tolerable	Trivial

Fuente: Directiva 1999/92/CE – ATEX 137

**Tabla 15**  
**Nivel de riesgo de explosión**

<b>Nivel de riesgo</b>	<b>Prioridad de intervención</b>	<b>Medidas de control</b>
Riesgo leve	No se requiere acción específica urgente	Se deben considerar soluciones o mejoras para eliminar el riesgo. Las medidas organizativas para la protección contra explosión pueden ser de interés en este nivel. Realizar comprobaciones periódicas o medidas de control asegurando que el riesgo se mantenga en este nivel.
Riesgo medio	En un período determinado se deben establecer y adoptar medidas de reducción del riesgo de explosión	Cuando el riesgo medio esté asociado con consecuencias de severidad alta, se requiere confirmar, con más precisión, que la probabilidad de materialización del riesgo es muy baja.
Riesgo alto	Se requiere una acción inmediata con carácter prioritario	Las medidas necesarias para reducir el riesgo deben tomarse a corto plazo. Si el riesgo alto está asociado con la severidad de las consecuencias muy alta, se requiere confirmar, con más precisión, que la probabilidad de materialización del riesgo es muy baja.
Riesgo muy alto	No se debe comenzar ni continuar el trabajo hasta que se reduzca el riesgo	La situación precisa de una corrección con carácter de urgencia absoluta.

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo – NTP 876

**Tabla 16**  
**Tabla de gravedad de riesgo**

<b>Gravedad del riesgo</b>	
<b>Riesgo</b>	<b>Valoración</b>
Intolerable	5
Importante	4
Moderado	3
Tolerable	2
Trivial	1

Fuente: Directiva 1999/92/CE – ATEX 137

### 3.10.4 Análisis de riesgo eléctrico

Para estos análisis de riesgos, se tomaron en cuenta dos métodos basados en estudios de las instalaciones y procesos más estructurados desde el punto de vista lógico-deductivo. Estos métodos son:

- Lista de Chequeos (Check-list).
- ¿Qué pasa sí? (What if?)

### 3.10.4.1 Análisis de riesgo a través del método: lista de chequeo (check list)

Esta es una herramienta utilizada para confirmar que las medidas preventivas de los procesos de análisis y riesgo están siendo adoptadas. Las listas de chequeo o check lists, permiten realizar un registro sistemático de los factores de riesgo asociados a este tipo de tareas presentes en el puesto de trabajo (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo, 2003).

En la tabla 17, en su parte inferior se puede observar que se encuentra una casilla con destinada a especificar el resultado de la valorización, donde se debe calificar la misma en cuatro niveles: Muy deficiente, Deficiente, Mejorable y Correcta. La calificación por ítem es "SI" o "NO".

El resultado de la valoración se determina mediante el nivel de deficiencia, sea este Muy deficiente cuando se han detectado factores de riesgo con una muy posible generación de fallos, Deficiente cuando se ha detectado algún factor de riesgo que precisa ser corregido, Mejorable si se han detectado factores de riesgo de menor importancia y Correcta si no se ha destacado ninguna anomalía destacable (Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo, 1999).

Adicionalmente y para efectos de registro de un indicador en término de valores numéricos, se procederá a calcular el porcentaje de cumplimiento de la norma NEC con respecto a las instalaciones eléctricas en ambientes especiales según el área de ser evaluada, este indicador resulta del cálculo entre el número de condiciones con calificación favorable ("SI") dividido para el número total de condiciones a evaluar.

**Tabla 17**  
**Formato check list**

Método de análisis de riesgo Lista De Chequeo				
Nombre del área o equipo				
<i>Ítem</i>	<i>Condición</i>	<i>Calificación</i>		<i>Observaciones</i>
1				
2				
3				
4				
5				
RESULTADO DE LA VALORACIÓN				

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo – R.D. 681/2003

### 3.10.4.2 Análisis de riesgo a través del método: ¿Qué pasa si...? (What if...?)

Consiste en el planteamiento de las posibles desviaciones en el diseño, modificaciones y operación de una determinada instalación industrial o eléctrica, utilizando la pregunta que da origen al nombre del procedimiento: "¿Qué pasaría si...?" (Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo, 2003).

Según el Real Decreto 681/2003 del INSST (2003), se puede aplicar a cualquier instalación o área o proceso: instrumentación de un equipo, seguridad eléctrica, protección contra incendios, almacenamientos, sustancias peligrosas, etc. Las preguntas se formulan y aplican tanto a proyectos como a plantas en operación, siendo muy común ante cambios en instalaciones ya existentes.

El resultado es un listado de posibles escenarios o sucesos incidentales, sus consecuencias y las posibles soluciones para la reducción o eliminación del riesgo, como se muestra a continuación en la Tabla 18.

**Tabla 18**  
**Método de análisis de riesgo: ¿Qué pasa si...?**

Método de análisis de riesgo ¿Qué Pasa Si...?		
Nombre del área o equipo		
Ítem	¿Qué pasa sí?	Consecuencias
1		
2		
3		
4		
5		

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo – R.D. 681/2003

### 3.11 Determinación de las medidas de control

Para poder establecer las medidas de control sobre los riesgos que se presentan dentro los emplazamientos con presencia de atmósferas explosivas en el complejo de servicios industriales, se llevó a cabo la elaboración de la matriz de evaluación de riesgos (Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea, 2000).

La planificación de la prevención de riesgos debe estar integrada en todas las actividades dentro del área de estudio y debe implicar a todos los niveles jerárquicos. Dicha planificación se programará para un período de tiempo determinado y se le dará prioridad en su desarrollo en función de la magnitud de los riesgos detectados y del número de trabajadores que se vean afectados.

Como guía para establecer el tiempo de ejecución de la actividad correctiva dispuesta en la matriz de evaluación de riesgos se consideró la tabla 19, la misma que permite valorar la duración de las acciones correctivas.

**Tabla 19**  
**Tiempo de ejecución de las medidas correctivas**

---

**Tiempo de ejecución de la acción correctiva**

---

<i>Tiempo de ejecución</i>	<i>Valoración</i>
Paros de la instalación de más de 5 días.	1
Paros de la instalación de hasta 3 días.	2
Inmediato (con paro del proceso productivo menor a 1 día).	3
Tiempo no determinado que no interrumpe la fabricación.	4
Inmediato (sin paro del proceso productivo).	5

---

Fuente: Directiva 1999/92/CE – ATEX 137

# CAPÍTULO 4

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Sectores con riesgo ATEX

El análisis de este estudio se centró en las áreas que pudiesen presentar atmósferas explosivas, y de acuerdo con su alcance se tomó en consideración la siguiente área de la Planta de Servicios Industriales:

- *Patio de almacenamiento de combustibles*: Se estableció como sector con riesgo ATEX por la presencia de bunker, biogás, GLP y diésel durante el proceso. A continuación, en la Figura 4.1 se visualiza su ubicación en referencia al área de sistema de vapor.

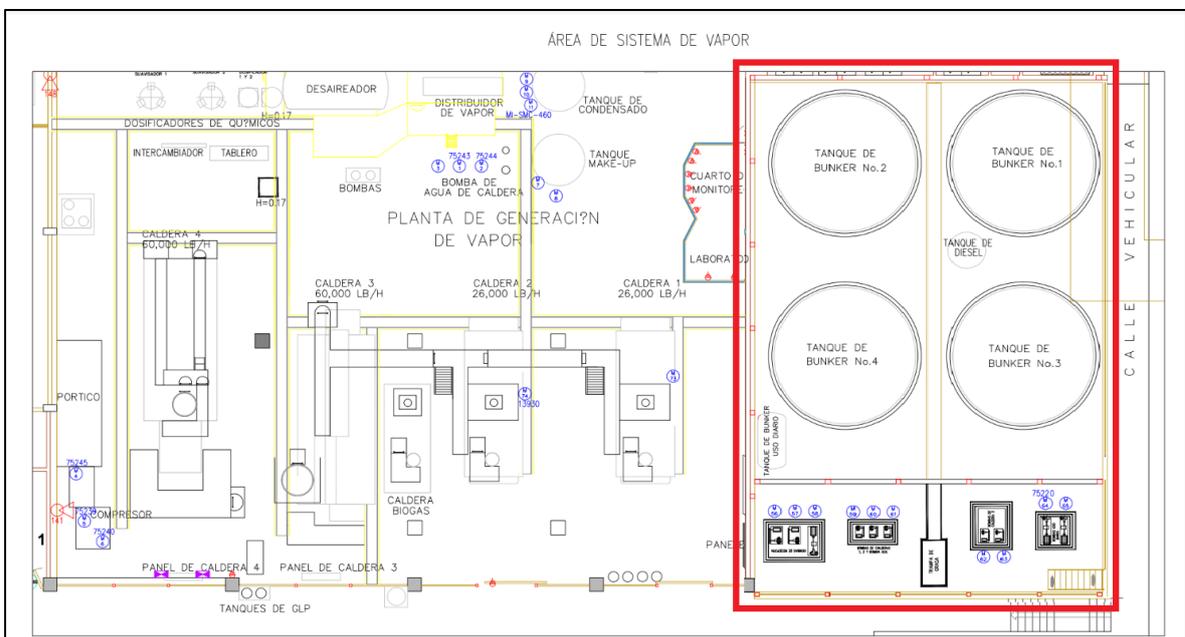


Figura 4.1 Vista general del área de sistema de vapor

Fuente: Empresa

### 4.2 Descripción de los equipos presentes en el área de estudio

Dentro del patio de almacenamiento de combustibles, área encargada de alimentar a todo el sistema de vapor, calderos y otros equipos auxiliares, se encontraron los siguientes equipos con sus características:

- *Tanque de búnker N°1*: Presenta una capacidad de 55,000 galones.
- *Tanque de búnker N°2*: Presenta una capacidad de 55,000 galones.
- *Tanque de búnker N°3*: Presenta una capacidad de 55,000 galones.
- *Tanque de búnker N°4*: Presenta una capacidad de 500 galones.
- *Tanque de uso diario*
- *Válvulas de alivio de tanques*: Lote de válvulas y accesorios marca HANSEN, PARKER ó DANFOSS.

- *Conexiones*: Lote de válvulas y accesorios marca HANSEN, PARKER ó DANFOSS o equivalente para realizar la interconexión entre los equipos.
- *Sistema de tuberías*
- *Bomba de recepción*
- *Bomba búnker maltería*: Bomba para bunker con capacidad de 17,000 kg/h.
- *Bomba búnker caldera N°1*
- *Bomba búnker caldera N°2*
- *Bomba búnker 1 caldera N°4*
- *Bomba búnker 2 caldera N°4*
- *Tanques de GLP*
- *Válvulas GLP*: Lote de válvulas y accesorios marca HANSEN, PARKER ó DANFOSS.
- *Sistema de tuberías de proceso búnker*
- *Tanque diésel*
- *Válvula de alivio de diésel*: Lote de válvulas y accesorios marca HANSEN, PARKER ó DANFOSS.
- *Conexiones de diésel*: Lote de válvulas y accesorios marca HANSEN, PARKER ó DANFOSS o equivalente para realizar la interconexión entre los equipos.
- *Bomba diésel*

#### **4.3 Descripción de las sustancias utilizadas y sus parámetros de explosividad**

De acuerdo con las zonas identificadas como riesgosas por presencia de atmósferas explosivas, se pudieron mencionar las siguientes sustancias presentes en el área de almacenamiento de combustibles. La mismas que cuentan con sus propias características individuales y se mencionan a continuación en la Tabla 20.

**Tabla 20**  
**Tabla de características de las sustancias presentes en el estudio**

Planta: Planta de Servicios Industriales Cervecería Nacional S.A. Emplazamiento: Patio de almacenamiento de combustibles													Plano de referencia:
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
Sustancias inflamables y combustibles							Volatilidad <sup>a</sup>		LII		Características Ex.		
	Nombre	Composición	Masa molar (kg/kmol)	Densidad relativa gas/aire	Punto de destello (°C)	Temperatura de ignición (°C)	Punto de ebullición (°C)	Presión de vapor a 20°C (kPa)	Volumen (%)	(kg/m <sup>3</sup> ) – (vol/vol)	Grupo de material	Clase de temperatura	Cualquier otra información importante y observaciones
1	Diésel	Poliaromáticos: 2% y Deri Naftaleno: 0,3-0,6%	0,2117	0,80-0,90	60	240	> 250	0,066661	0,7	0,07	-	T <sub>2</sub> B	Conforme a Norma NFPA 70
2	Fuel Oil	Mezcla de hidrocarburos parafínicos, olefínicos, cicloparafínicos y aromáticos con N° de átomos de carbono mayores a C14.	0,4361	0,9930 – 0,9561	> 60	> 254	177 – 371	< 1	0,7	0,007	Clase I, División Grupo no determinado, Tipo IIIA	T <sub>2</sub> B	Conforme a Norma NFPA 70
3	GLP	Combinación compleja de hidrocarburos con un número de carbonos dentro del intervalo de C3 a C5, en su mayor parte de C3 a C4.	0,0497	0,56	(-96.8) - (-75.9)	> 400	(-26.48) - (-0.34)	735,498	1,50 – 1,59	0,015 – 0,0159	Clase I, División Grupo D, Tipo I	T <sub>1</sub>	Conforme a Norma NFPA 70
4	Biogás	Mezcla constituida por metano (CH <sub>4</sub> ) en una proporción que oscila entre 40% - 70% y dióxido de carbono (CO <sub>2</sub> ), conteniendo pequeñas proporciones de hidrógeno (H <sub>2</sub> ), nitrógeno (N <sub>2</sub> ), oxígeno (O <sub>2</sub> ) y sulfuro de hidrógeno (H <sub>2</sub> S).	22,4445	0,7765	-187,7	650 – 750	(-160) – (-78)	0,75-0,89	6-12	5,83 mol%	Clase I, División grupo D, Tipo I	T <sub>1</sub>	LII calculado conforme a Norma ISO 10156

<sup>a</sup> Normalmente se da el valor de la presión de vapor, pero en su ausencia se puede utilizar el punto de ebullición.

Fuente: Autor

#### 4.4 Grado de escape

Para el patio de almacenamiento de combustibles se determinaron los siguientes grados de escape como se muestran en la Tabla 21, basados en lo descrito en el marco metodológico.

**Tabla 21**  
**Tabla de grados de escape en el área de estudio**

<b>Fuente de escape</b>		
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Grado de escape</b>
1	Tanque de búnker 1	C
2	Tanque de búnker 2	C
3	Tanque de búnker 3	C
4	Tanque de búnker 4	C
5	Tanque de uso diario	C
6	Válvulas alivio tanques	P
7	Conexiones	S
8	Sistema de tuberías	S
9	Bomba de recepción	P
10	Bomba búnker maltería	P
11	Bomba búnker caldera #1	P
12	Bomba búnker caldera #2	P
13	Bomba búnker 1 caldera #4	P
14	Bomba búnker 2 caldera #4	P
15	Tanques de GLP	C
16	Válvulas GLP	P
17	Sistema de tuberías de proceso y bridas GLP	S
18	Tanque diésel	C
19	Válvula alivio diésel	P
20	Bomba diésel	P
21	Conexiones diésel	S

Fuente: Autor

## 4.5 Tasa de escape

Para el área de almacenamiento de combustibles se determinaron las tasas de escape de acuerdo con las tablas descritas en el apartado 3.5 y de acuerdo al tipo de elemento que posee este sistema, tal como se muestra en la Tabla 22.

**Tabla 22**  
**Tabla de tasas de escape en el área de estudio**

<b>Fuente de escape</b>		
<b>N°</b>	<b>Descripción</b>	<b>Tasa de escape (kg/s)</b>
1	Tanque de búnker 1	$3.0 \times 10^{-9}$
2	Tanque de búnker 2	$3.0 \times 10^{-9}$
3	Tanque de búnker 3	$3.0 \times 10^{-9}$
4	Tanque de búnker 4	$3.0 \times 10^{-9}$
5	Tanque de uso diario	$3.0 \times 10^{-9}$
6	Válvulas alivio tanques	$3.0 \times 10^{-9}$
7	Conexiones	$5.2 \times 10^{-10}$
8	Sistema de tuberías	$5.2 \times 10^{-10}$
9	Bomba de recepción	$3.0 \times 10^{-9}$
10	Bomba búnker maltería	$3.0 \times 10^{-9}$
11	Bomba búnker caldera #1	$3.0 \times 10^{-9}$
12	Bomba búnker caldera #2	$3.0 \times 10^{-9}$
13	Bomba búnker 1 caldera #4	$3.0 \times 10^{-9}$
14	Bomba búnker 2 caldera #4	$3.0 \times 10^{-9}$
15	Tanques de GLP	$1.5 \times 10^{-3}$
16	Válvulas GLP	$1.5 \times 10^{-3}$
17	Sistema de tuberías de proceso y bridas GLP	$1.9 \times 10^{-3}$
18	Tanque diésel	$5.2 \times 10^{-7}$
19	Válvula alivio diésel	$5.2 \times 10^{-7}$
20	Bomba diésel	$5.2 \times 10^{-7}$
21	Conexiones diésel	0.0021

Fuente: Autor

## 4.6 Características del escape

De acuerdo con la fórmula presentada en la sección 3.6 como metodología del estudio, se estableció el límite de esos cálculos tal como se muestra a continuación en la Tabla 23.

**Tabla 23**  
**Tabla de características del escape en el área de estudio**

Fuente de escape		
N°	Descripción	Característica del escape (m <sup>3</sup> /s)
1	Tanque de búnker 1	1.87 x 10 <sup>-8</sup>
2	Tanque de búnker 2	1.87 x 10 <sup>-8</sup>
3	Tanque de búnker 3	1.87 x 10 <sup>-8</sup>
4	Tanque de búnker 4	1.87 x 10 <sup>-8</sup>
5	Tanque de uso diario	1.87 x 10 <sup>-8</sup>
6	Válvulas alivio tanques	1.87 x 10 <sup>-8</sup>
7	Conexiones	3.25 x 10 <sup>-9</sup>
8	Sistema de tuberías	3.25 x 10 <sup>-9</sup>
9	Bomba de recepción	3.75 x 10 <sup>-8</sup>
10	Bomba búnker maltería	3.75 x 10 <sup>-8</sup>
11	Bomba búnker caldera #1	3.75 x 10 <sup>-8</sup>
12	Bomba búnker caldera #2	3.75 x 10 <sup>-8</sup>
13	Bomba búnker 1 caldera #4	3.75 x 10 <sup>-8</sup>
14	Bomba búnker 2 caldera #4	3.75 x 10 <sup>-8</sup>
15	Tanques de GLP	0.096
16	Válvulas GLP	0.096
17	Sistema de tuberías de proceso y bridas GLP	0.12
18	Tanque diésel	7.87 x 10 <sup>-6</sup>
19	Válvula alivio diésel	1.6 x 10 <sup>-5</sup>
20	Bomba diésel	7.87 x 10 <sup>-6</sup>
21	Conexiones diésel	0.064

Fuente: Autor

## 4.7 Grado de dilución

El grado de dilución del patio de almacenamiento de combustibles se estableció utilizando el gráfico descrito en el apartado 3.7 donde se muestra como determinar el grado de dilución y también las tablas del mismo apartado donde se estableció la velocidad de la ventilación.

A continuación, se muestra la Tabla 24 con el resumen de los grados de dilución.

**Tabla 24**  
**Tabla de grado de dilución en el área de estudio**

<b>Ventilación</b>		
<i>N°</i>	<i>Descripción</i>	<i>Grado de dilución</i>
1	Tanque de búnker 1	Alta
2	Tanque de búnker 2	Alta
3	Tanque de búnker 3	Alta
4	Tanque de búnker 4	Alta
5	Tanque de uso diario	Alta
6	Válvulas alivio tanques	Alta
7	Conexiones	Alta
8	Sistema de tuberías	Alta
9	Bomba de recepción	Media
10	Bomba búnker maltería	Media
11	Bomba búnker caldera #1	Media
12	Bomba búnker caldera #2	Media
13	Bomba búnker 1 caldera #4	Media
14	Bomba búnker 2 caldera #4	Media
15	Tanques de GLP	Media
16	Válvulas GLP	Media
17	Sistema de tuberías de proceso y bridas GLP	Media
18	Tanque diésel	Media
19	Válvula alivio diésel	Media
20	Bomba diésel	Media
21	Conexiones diésel	Media

Fuente: Autor

## 4.8 Disponibilidad de la ventilación

La disponibilidad de la ventilación se determinó de acuerdo con las definiciones del apartado 3.8.

A continuación, se muestra la Tabla 25 con el resumen de la disponibilidad de ventilación de cada fuente de escape del patio de combustibles.

**Tabla 25**  
**Tabla de disponibilidad de ventilación en el área de estudio**

<b>Ventilación</b>		
<i>N°</i>	<i>Descripción</i>	<i>Disponibilidad</i>
1	Tanque de búnker 1	Media
2	Tanque de búnker 2	Media
3	Tanque de búnker 3	Media
4	Tanque de búnker 4	Media
5	Tanque de uso diario	Media
6	Válvulas alivio tanques	Media
7	Conexiones	Media
8	Sistema de tuberías	Media
9	Bomba de recepción	Media
10	Bomba búnker maltería	Media
11	Bomba búnker caldera #1	Media
12	Bomba búnker caldera #2	Media
13	Bomba búnker 1 caldera #4	Media
14	Bomba búnker 2 caldera #4	Media
15	Tanques de GLP	Media
16	Válvulas GLP	Media
17	Sistema de tuberías de proceso y bridas GLP	Media
18	Tanque diésel	Media
19	Válvula alivio diésel	Media
20	Bomba diésel	Media
21	Conexiones diésel	Media

Fuente: Autor

#### 4.9 Estimación de los tipos de zonas

Para la estimación del tipo de zona peligrosa de cada fuente de escape del área de almacenamiento de combustibles se utilizó la tabla del apartado 3.9 y para estimar la extensión de la zona se debe utilizar el gráfico descrito en la misma sección.

Lo cual se detalla en la Tabla 26.

**Tabla 26**  
**Tabla de emplazamientos peligrosos en el área de estudio**

Emplazamientos peligrosos				
N°	Descripción	Tipo de zona 0-1-2	Extensión de la zona (m)	
			Vertical	Horizontal
1	Tanque de búnker 1	0 ED*	Interior	Interior
2	Tanque de búnker 2	0 ED*	Interior	Interior
3	Tanque de búnker 3	0 ED*	Interior	Interior
4	Tanque de búnker 4	0 ED*	Interior	Interior
5	Tanque de uso diario	0 ED*	Interior	Interior
6	Válvulas alivio tanques	1	1	1
7	Conexiones	2	-	-
8	Sistema de tuberías	2	-	-
9	Bomba de recepción	1	-	-
10	Bomba búnker maltería	1	-	-
11	Bomba búnker caldera #1	1	-	-
12	Bomba búnker caldera #2	1	-	-
13	Bomba búnker 1 caldera #4	1	-	-
14	Bomba búnker 2 caldera #4	1	-	-
15	Tanques de GLP	0 ED*	Interior	Interior
16	Válvulas GLP	1	1.5	1.5
17	Sistema de tuberías de proceso y bridas GLP	2	1.8	1.8
18	Tanque diésel	0 ED*	Interior	Interior
19	Válvula alivio diésel	1	1	1
20	Bomba diésel	1	-	-
21	Conexiones diésel	2	2	2

Fuente: Autor

#### 4.10 Estudio de clasificación de atmósferas explosivas: Patio de almacenamiento de combustibles

A continuación, se describe la Tabla 27 que involucra las áreas operativas sujetas al presente estudio. Se detalla en cada caso el código del equipo, la descripción de este, las características relevantes, la zonificación, la extensión de afectación y comentarios acerca de cada fuente.

**Tabla 27**  
**Fuentes de ignición de atmósferas explosivas**

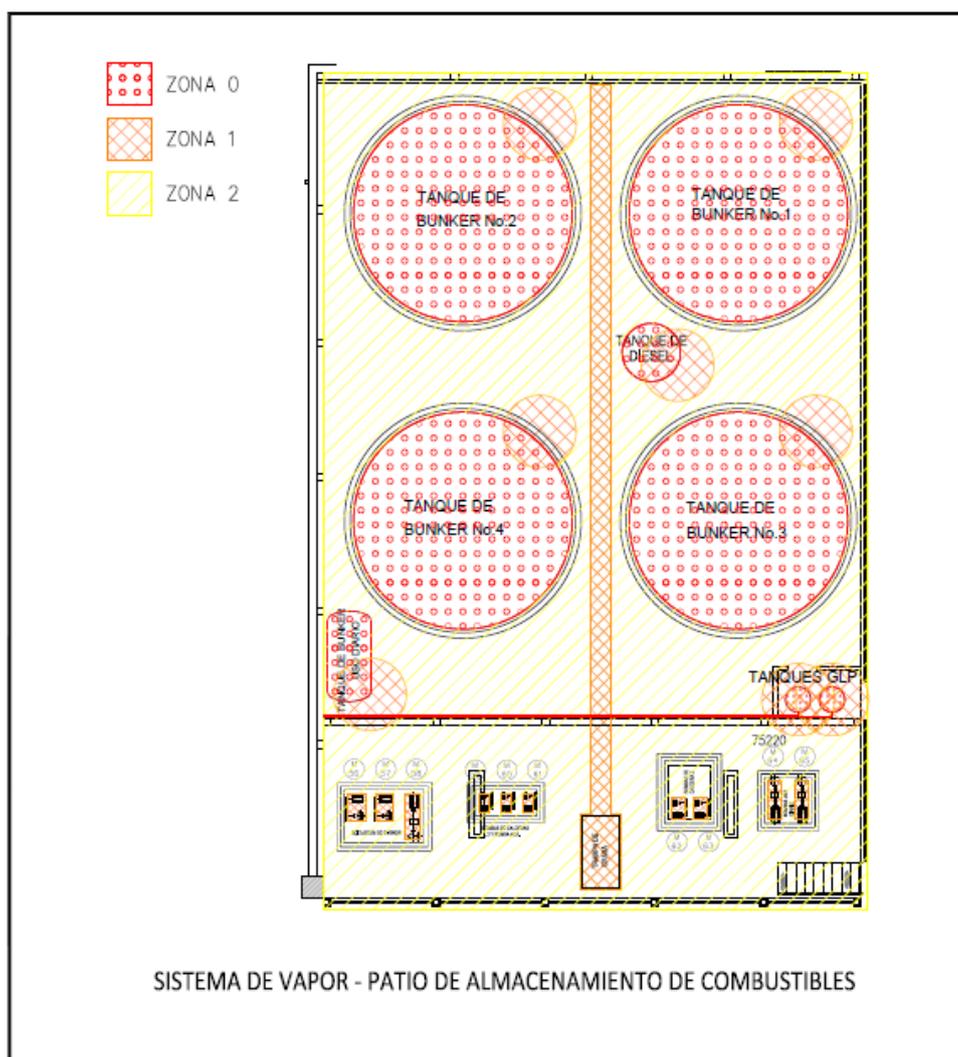
<i>Código equipo</i>	<i>Imagen</i>	<i>Zona</i>	<i>Extensión(m<sup>2</sup>)</i>	<i>Comentarios</i>
Tanque de búnker 1		0 ED*	-	Capacidad: 55,000 Gls. Se considera Zona 0 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Tanque de búnker 2		0 ED*	-	Capacidad: 55,000 Gls. Se considera Zona 0 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Tanque de búnker 3		0 ED*	-	Capacidad: 55,000 Gls. Se considera Zona 0 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Tanque de búnker 4		0 ED*	-	Capacidad: 55,000 Gls. Se considera Zona 0 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Tanque de uso diario		0 ED*	-	Capacidad: 500 Gls. Se considera Zona 0 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Válvulas alivio tanques		1	1	-
Conexiones		2	-	-
Sistema de tuberías		2	-	-

Bomba de recepción		1	-	Se considera Zona 1 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Bomba búnker maltería		1	-	17,000 kg/h. Se considera Zona 1 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Bomba búnker caldera #1		1	-	Se considera Zona 1 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Bomba búnker caldera #2		1	-	Se considera Zona 1 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Bomba búnker 1 caldera #4		1	-	Se considera Zona 1 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Bomba búnker 2 caldera #4		1	-	Se considera Zona 1 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Tanques de GLP		0 ED*	-	Se considera Zona 0 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Válvulas GLP		1	1,5	-
Sistema de tuberías de proceso y bridas GLP		2	1,8	-

Tanque diésel		0 ED*	-	Se considera Zona 0 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Válvula alivio diésel		1	1	-
Bomba diésel		1	-	Se considera Zona 1 la parte interior del equipo ya que en caso de sufrir algún daño estructural dejaría libre el gas o líquido peligroso, sería un caso anormal de operación o mantenimiento. En operación normal solo debe considerarse la zona alrededor del equipo.
Conexiones diésel		2	2	-

Fuente: Autor

Para la clasificación de atmósferas explosivas en el área de análisis de emplazamientos peligrosos fue fundamental la inspección y reconocimiento técnico de las instalaciones eléctricas en toda su extensión, con el objetivo de minimizar la posibilidad de la presencia de una fuente de ignición, suceso que de acuerdo con estadísticas cuenta con una probabilidad alta en las plantas industriales. A continuación, en la Figura 4.2 se clasifican los emplazamientos peligrosos correspondientes al área del patio de almacenamiento de combustibles.



**Figura 4.2 Clasificación de emplazamientos peligrosos del patio de almacenamiento de combustibles**

Fuente: Autor

#### 4.11 Evaluación de riesgos

El riesgo de incendio y explosión se presenta en el lugar de trabajo con un potencial intrínseco de pérdidas humanas y materiales importante. Representan también un riesgo para la población en general.

Los procesos en el patio de almacenamiento de combustibles implican una serie de riesgos nada desdeñables y de diversa naturaleza, como son:

a) Los relacionados con las energías utilizadas:

- Energía eléctrica
- Llamas
- Gases

b) Los relacionados con el proceso productivo:

- Generación de humos y gases
- Superficies calientes

c) Los relacionados con las condiciones de trabajo:

- Trabajos en altura
- Trabajos en espacios confinados

d) Los relacionados con operaciones complementarias:

- Mantenimiento
- Limpieza

En general, se puede señalar que, en los procesos del área de almacenamiento de combustibles, la mayoría de los riesgos de incendio y explosión son causados por:

1. Presencia de focos de ignición y materiales inflamables.
2. Fugas de gases.
3. Retornos de llama.
4. Trabajos realizados en tanques o recipientes que han contenido líquidos inflamables.
5. Utilización incorrecta de los equipos de soldadura en procesos de mantenimiento.
6. Utilización de equipos a presión.

#### 4.11.1 Determinación de las fuentes de escape

En la Tabla 28, se detallan las fuentes de escape presentes en el proceso.

**Tabla 28**  
**Tabla de fuentes de escape en el proceso**

<b>Fuentes de escape</b>	
<b>1</b>	Bridas de tubería de transporte de diésel, búnker, GLP y biogás
<b>2</b>	Válvulas de alivio
<b>3</b>	Válvulas de GLP
<b>4</b>	Conexiones
<b>5</b>	Bomba de recepción
<b>6</b>	Bomba búnker maltería
<b>7</b>	Bomba búnker caldera # 1 y # 2
<b>8</b>	Bombas búnker 1 y 2 caldera # 4
<b>9</b>	Bomba de diésel

Fuente: Autor

### 4.11.2 Determinación de las fuentes de ignición

Las fuentes de ignición que se consideraron que pueden causar una explosión en el área de almacenamiento de combustibles son:

- *Material eléctrico*: La energía eléctrica puede proporcionar la energía de activación necesaria para causar una explosión. Por lo tanto, las instalaciones eléctricas en áreas clasificadas deben impedir el suministro de este tipo de energía. Esta sección cubre tanto las instalaciones eléctricas como los equipos eléctricos.
- *Superficies calientes*: En muchos procesos, otras formas de energía (mecánica, eléctrica, etc.) se convierten en energía térmica, dando como resultado superficies calientes. Si una atmósfera explosiva entra en contacto con una superficie caliente, puede producirse una ignición.
- *Gases calientes*: Las llamas se asocian a las reacciones de combustión a temperaturas superiores a 1000 °C, a su vez se genera un gas caliente como producto de esta reacción. La cantidad de energía liberada cuando se enciende la llama, los productos de reacción y los gases calientes son suficientes para proporcionar la energía de activación necesaria para iniciar una ignición.
- *Electricidad estática (incluida la ropa de trabajo)*: La electricidad estática se genera por el intercambio de cargas eléctricas que se producen cuando se frota dos materiales de diferente tipo. Bajo ciertas condiciones, la descarga estática puede ocurrir y provocar inflamaciones.
- *Compresión adiabática y ondas de choque*: La compresión adiabática o casi adiabática y las ondas de choque pueden producir temperaturas lo suficientemente altas como para provocar la ignición de una atmósfera explosiva. El aumento de la temperatura depende principalmente de la relación de presión, más no de la diferencia de presión.
- *Chispas de origen mecánico*: Las partículas sólidas pueden liberarse como resultado de la fricción, el impacto y los procesos abrasivos y pueden calentarse por la energía perdida durante el proceso de corte. Si estas partículas están compuestas por sustancias oxidables como el hierro o el acero, pueden ser sometidas a procesos de oxidación y alcanzar temperaturas más elevadas. Estas partículas (chispas) pueden encender gases y vapores inflamables y algunas mezclas de polvo y aire, especialmente mezclas de polvo metálico y aire.

#### 4.11.2.1 Instalaciones eléctricas

Dentro de este emplazamiento se tomaron en consideración las instalaciones eléctricas, para cuya finalidad se establecieron medidas de control que minimicen los riesgos de explosión dentro de las áreas con presencia de atmósferas explosivas, tomando como referencia a la normativa NFPA 70.

En la actualidad la distribución eléctrica del área está conformada por bandejas portables tipo escalera de aluminio, galvanizadas en frío, como también tuberías metálicas en vigas para las bajantes.

Con respecto a los tableros con interruptores automáticos, controladores de motores y fusibles, existen arrancadores electrónicos dentro de sus respectivos módulos metálicos ubicados en esta área, los mismos presentan buenas condiciones en sus elementos, carcasas y cableados, las canalizaciones de entrada/salida se encuentran en buen estado con sus respectivas tapas. De igual manera existen dentro del área equipos de control, los mismos que se encuentran dentro de una caja metálica.

Dentro del área no-clasificada existen tomacorrientes para 440 voltios y de 220 voltios, están ubicados sobre columna con instalación sobrepuesta, sin embargo, se encontraron las siguientes observaciones:

- Los tomacorrientes de 460 V y 220V instalados son del tipo antiexplosivo, también se denota un tomacorriente de 110 V para área industrial.
- No se han utilizado los sellos para las instalaciones eléctricas con tuberías, aunque en esta zona no son exigidos.

En relación con los motores del área no-clasificada se pueden mencionar las siguientes observaciones:

- Dentro de la inspección visual se ve conformidad con los motores de los diferentes equipos, con excepción con las instalaciones eléctricas.
- No hay registro de las temperaturas que puede llegar el equipo en plena operación.
- Existen motores a los cuales no es posible observar sus datos de placa.

Dentro del área, se han utilizado luminarias normales selladas de tecnología led, las mismas que evitan la posibilidad de temperaturas excesivas y la aparición de arcos eléctricos o chispas. Con estas condiciones en que las luminarias no puedan provocar la ignición de vapores o gases inflamables son adecuadas para el área clasificada.

Finalmente, para el sistema de puesta a tierra y conexiones se deben tener en cuenta las conexiones equipotenciales, es decir mantener la continuidad eléctrica de la canalización con accesorios u otros medios adecuados y aprobados, se instalará con un puente de unión equipotencial interno o externo en paralelo con cada tubo.

#### 4.11.3 Evaluación del riesgo de explosión

Tomando en consideración las características presentadas en este capítulo, sección 4.11.2.1, se procedió a realizar la Tabla 29 de la matriz de riesgos de explosión de acuerdo con cada fuente de escape presente en los emplazamientos de estudio.

**Tabla 29**  
**Matriz de riesgo**

Emplazamiento	Fuentes de escape	Probabilidad de presencia de focos de ignición	Probabilidad de explosión	Gravedad de los efectos	Riesgo de explosión	Valoración de gravedad del riesgo
<b>Patio de almacenamiento de combustibles</b>	Tanques de búnker #1, 2, 3 y 4	Alta	Muy Alta	Grave	Intolerable	5
	Tanque de uso diario	Alta	Muy Alta	Grave	Intolerable	5
	Válvulas	Media	Media	Seria	Moderado	3
	Conexiones	Baja	Remota	Moderada	Trivial	1

Sistema de tuberías	Alta	Muy Alta	Grave	Intolerable	5
Bomba de recepción	Media	Media	Seria	Moderado	3
Bomba búnker maltería	Media	Media	Seria	Moderado	3
Bombas búnker caldera #1 y 2	Media	Media	Seria	Moderado	3
Bombas búnker 1 y 2 caldera #4	Media	Media	Seria	Moderado	3
Válvulas GLP	Baja	Remota	Moderada	Trivial	1
Sistema de tuberías de proceso búnker	Baja	Remota	Moderada	Trivial	1
Tanque diésel	Alta	Muy Alta	Grave	Intolerable	5
Bomba diésel	Media	Media	Seria	Moderado	3

Fuente: Autor

#### 4.11.4 Análisis del riesgo eléctrico

Para las instalaciones eléctricas los tipos de cables, las bandejas de cables y los métodos de cableado permitidos en estas bandejas deben ser acorde a lo indicado en el Código Eléctrico Nacional, NFPA 70.

Los métodos de instalación requieren utilizar elementos como tubo Conduit metálico rígido roscado NPT, National Pipe Thread o Hilo de tubería nacional; tubo Conduit intermedio de acero IMC roscado NPT, Intermediate Metal Conduit; diseñados para la protección de cables eléctricos en instalaciones industriales, con áreas con alto riesgo de exposición y emplazamientos peligrosos.

Los cables que se deben utilizar en este tipo de las instalaciones son los permitidos en la normativa NEC, entre ellos se encuentran:

- MC, Metal Clad, es un cable con blindaje metálico.
- MI, Mineral Insulated, cable con aislamiento mineral y forro metálico.
- MV, Medium Voltaje, cable de media tensión.
- TC, Tray Cable, son aquellos cables de fuerza y control para bandeja.

- PLTC, Power Limited Tray, son cables de bandeja de potencia limitada.

#### 4.11.4.1 Análisis de riesgos a través del método: lista de chequeo (check list)

Los resultados del análisis de riesgos mediante la lista de chequeo se describen en las Tablas 30 y 31.

**Tabla 30**  
**Lista de chequeo**

LISTA DE CHEQUEO				
Item	Condición	Calificación		Observaciones
1	Los interruptores, interruptores automáticos y contactos de cierre y apertura en pulsadoras, relés, timbres de alarma y sirenas, están en encerramientos aprobados para lugares Clase I División 2.		NO	En el área existe interruptores de tipo comercial en lugar de los interruptores adecuados según la norma.
2	Los métodos de alambrado y sus elementos son los adecuados para los lugares Clase I División 2. Se emplea como métodos de alambrado: tubo conduit metálico rígido (tipo Rigid) roscado NPT, tubo conduit intermedio de acero (tipo IMC) roscado NPT, conductos de barras empaquetados, conductos de alambres empaquetados. Se permite el uso de cables tipo PLTC, MI, MC, MV o TC en bandejas portacables de modo que se eviten esfuerzos de tracción en los accesorios terminales.	SI		De manera general, el alambrado está en buenas condiciones, se recomienda darle mantenimiento pues existen partes que necesitan ajustes.
3	El sellamiento de sistemas de tubería conduit y cables cumple las disposiciones indicadas para lugares Clase I División 2.		NO	Existen algunas tuberías sin sello cortafuegos.
4	En los motores, los contactos deslizantes, mecanismos de conmutación y dispositivos de resistencia están dotados de encerramientos aprobados para lugares Clase I División 2,	SI		
5	Los motores tienen instalados dispositivos que detectan cualquier aumento de temperatura del motor sobre los límites establecidos y desenergizan automáticamente el motor.	SI		
6	Los equipos de alumbrado son los adecuados para el lugar clasificado Clase I División 2.	SI		Se usa luminarias tipo LED.
7	La instalación de equipos de alumbrado de tipo colgante es la adecuada para el lugar Clase I División 2.		NO	Para la instalación de luminarias colgantes la norma establece el uso de tubería para la acometida eléctrica, en este caso se presenta un cable enrollado sobre el soporte para alimentar a la luminaria.

8	Los tomacorrientes y clavijas deben ser de un tipo que ofrezca conexión con el conductor de puesta a tierra de un cordón flexible y estar aprobados para su uso en esos lugares.		NO	En el área se encontró con 2 tomacorrientes que no son adecuados (tipo residencial).
9	Los sistemas de señalización, alarma, comunicaciones y control remoto en lugares Clase I División 2 deben cumplir con la condición de estar en encerramientos adecuados la cual evite el ingreso de gases y de vapores.	SI		
10	El lugar de revisión Clase I División 2 NO presenta partes energizadas expuestas.	SI		Todos los componentes con partes energizadas se encuentran dentro de tableros o cajas eléctricas herméticas, dentro y fuera del área (MCC).
11	Todos los equipos en los lugares Clase I División 2 tiene conexión a tierra. Los medios para conexiones equipotenciales se deben aplicar a todas las canalizaciones, accesorios, cajas, armarios. etc., involucrados entre los lugares clase I y el punto de puesta a tierra del equipo de acometida o de un sistema derivado independiente		NO	Mejorar sistema de puesta a tierra, conexión equipotencial de equipos o partes metálicas no conductoras de energía eléctrica.
<b>RESULTADO DE LA VALORACION</b>				<b>DEFICIENTE</b>

Fuente: Autor

**Tabla 31**  
**Resultados lista de chequeo**

A	Cantidad de condiciones en análisis de riesgo	11
B	Cantidad de condiciones favorables dentro del análisis de riesgo	6
C	<b>Resultado de la valoración (indicador)</b>	54%

Fuente: Autor

#### 4.11.4.2 Análisis de riesgos a través del método: ¿Qué pasa si...? (What if...?)

Los resultados del análisis de riesgos mediante el método ¿Qué pasa si...? se describen a continuación en la Tabla 31.

**Tabla 32**  
**Análisis de riesgo ¿Qué pasa si...?**

<b>MÉTODO DE ANÁLISIS DE RIESGO ¿QUÉ PASA SI...?</b>		
<b>Item</b>	<b>¿Qué pasa sí?</b>	<b>Consecuencias</b>
<b>1</b> <b>Ítem 1</b> <b>del Check</b> <b>List</b>	Los interruptores de tipo residencial están expuestos a vapores o gases combustibles.	Por la poca hermeticidad de los interruptores de tipo residencial, la presencia de vapores o gases combustibles podrían causar una explosión.
<b>2</b> <b>Ítem 3</b> <b>del Check</b> <b>List</b>	Si algunas instalaciones de alambrado carecen de sellos o si dentro del sello no se colocó el compuesto sellante en el sello cortafuego.	Se perdería la hermeticidad de la tubería con lo cual no se podría contener el fuego en caso de una exposición por cortocircuito.
<b>3</b> <b>Ítem 7 del</b> <b>Check</b> <b>List</b>	El cable de alimentación eléctrica de las luminarias sufre un deterioro en su chaqueta o recubrimiento, debido al desgaste o producto de algún roce en la instalación, dejando expuesto los hilos de cobre.	Al no tener la protección de la canalización por tubería, el daño en la chaqueta estaría expuesto a posibles vapores y gases combustibles con el riesgo de explosión por un cortocircuito
<b>4</b> <b>Ítem 8 del</b> <b>Check</b> <b>List</b>	Los tomacorrientes de tipo residencial están expuestos a vapores o gases combustibles.	Por la poca hermeticidad de los tomacorrientes de tipo residencial, la presencia de vapores o gases combustibles podrían causar una explosión.
<b>5</b> <b>Ítem 11</b> <b>del Check</b> <b>List</b>	Existen equipos dentro del área sin conexión a tierra.	La falta de una conexión a tierra en equipos o bandejas porta cables podría causar descargas eléctricas al contacto de las mismas por parte del personal operativo. En algunos casos, dependiendo de la situación, se podría generar una explosión.

Fuente: Autor

#### 4.11.4.3 Registro de área de patio de almacenamiento de combustibles

A continuación, se presenta un registro fotográfico del área de patio de almacenamiento de combustibles. En el registro fotográfico constan las Figuras 4.3, 4.4, 4.5, 4.6 y 4.7 con sus observaciones correspondientes.



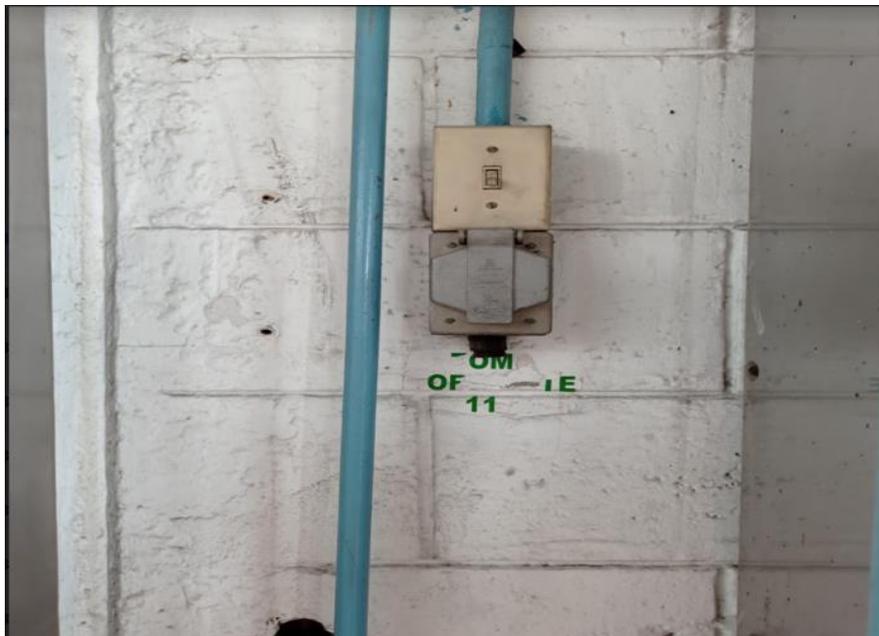
**Figura 4.3 Acometida eléctrica colgada de luminaria en techo sector de calderas**  
Fuente: Empresa



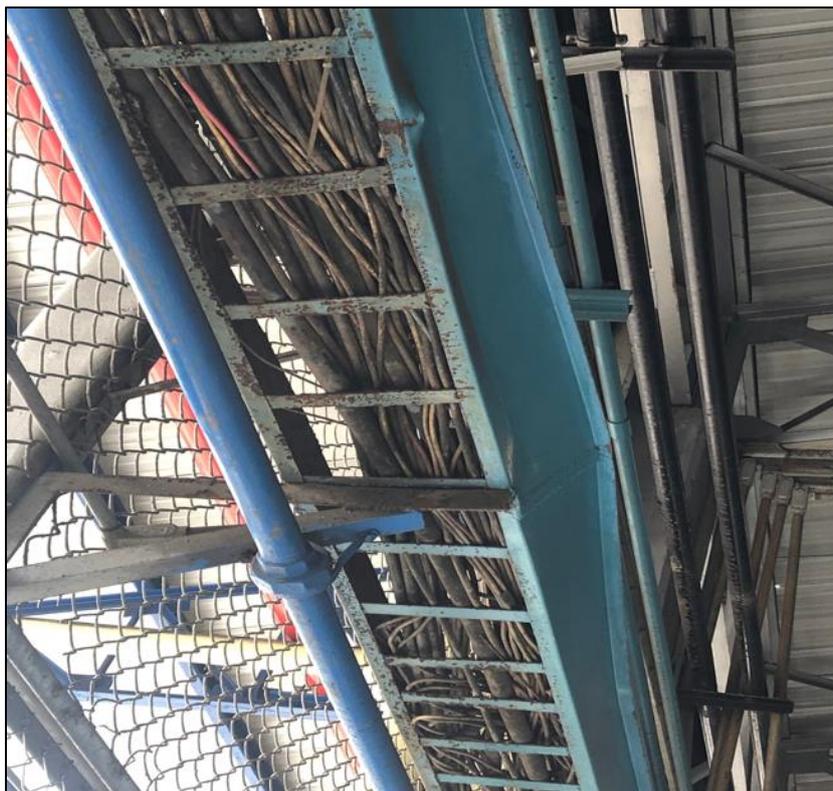
**Figura 4.4 Tomacorriente 1 tipo residencial en área de patio de almacenamiento de combustibles**  
Fuente: Empresa



**Figura 4.5 Tomacorriente 2 tipo residencial en área de Patio de almacenamiento de combustibles**  
Fuente: Empresa



**Figura 4.6 Interruptor tipo residencial en área de Patio de almacenamiento de combustibles**  
Fuente: Empresa



**Figura 4.7 Bandeja eléctrica área de calderas – conductores desordenados**  
Fuente: Empresa

#### **4.12 Diseño de controles operacionales para la prevención del riesgo de explosión por líquidos y gases inflamables**

Para el diseño de los controles operacionales se realizó el análisis de la clasificación de atmósferas explosivas en el patio de almacenamiento de combustibles y la evaluación completa del riesgo de explosión determinando en nivel de riesgo y las medidas de control correspondientes.

En función a los resultados obtenidos se procedieron a planificar las acciones correctivas, las mismas que fueron enfocadas en la prevención y extinción de incendios debido a que las sustancias que se manejan dentro del área de servicios industriales son sustancias combustibles, más no inflamables; para poder implantar las medidas de control pertinentes, incorporando para cada actividad el plazo para su ejecución, así como también la designación del personal responsable y los recursos humanos y materiales necesarios para llevarlas a cabo.

A continuación, se muestra la Tabla 33 que involucra las áreas operativas y sus medidas de control tomadas en cada caso para prevenir la ocurrencia de atmósferas explosivas en las áreas de operación normal.

**Tabla 33**  
**Tabla de medidas de control de las áreas operativas**

<i>Código equipo</i>	<i>Imagen</i>	<i>Medidas de control</i>
Tanque de búnker 1		Sistema de detección de incendios, contención de derrames (110%), mantenimiento pintura del tanque, mantenimiento señalización NFPA, realizar mediciones de puesta a tierra, revisar respiraderos de los tanques
Tanque de búnker 2		Sistema de detección de incendios, contención de derrames (110%), mantenimiento pintura del tanque, mantenimiento señalización NFPA, realizar mediciones de puesta a tierra, revisar respiraderos de los tanques
Tanque de búnker 3		Sistema de detección de incendios, contención de derrames (110%), mantenimiento pintura del tanque, mantenimiento señalización NFPA, realizar mediciones de puesta a tierra, revisar respiraderos de los tanques
Tanque de búnker 4		Sistema de detección de incendios, contención de derrames (110%), mantenimiento pintura del tanque, mantenimiento señalización NFPA, realizar mediciones de puesta a tierra, revisar respiraderos de los tanques
Tanque de uso diario		Sistema de detección de incendios, contención de derrames (110%)
Válvulas alivio tanques		Sello contrafuego
Conexiones		Sello contrafuego
Sistema de tuberías		Sello contrafuego. En caso de haber roturas se considera zona 2.

Bomba de recepción		Sello contrafuego en tuberías eléctricas
Bomba búnker maltería		Sello contrafuego en tuberías eléctricas
Bomba búnker caldera #1		Sello contrafuego en tuberías eléctricas
Bomba búnker caldera #2		Sello contrafuego en tuberías eléctricas
Bomba búnker 1 caldera #4		Sello contrafuego en tuberías eléctricas
Bomba búnker 2 caldera #4		Sello contrafuego en tuberías eléctricas
Tanques de GLP		Sistema de detección de incendios, contención de derrames (110%)
Válvulas GLP		Realizar mediciones de puesta a tierra, verificar existencia de pruebas del sistema contra incendios
Sistema de tuberías de proceso y bridas GLP		-
Tanque diésel		Sistema de detección de incendios, contención de derrames (110%)

Válvula alivio diésel		Realizar mediciones de puesta a tierra, verificar existencia de pruebas del sistema contra incendios
Bomba diésel		Sello contrafuego en tuberías eléctricas
Conexiones diésel		Sello contrafuego. En caso de haber roturas se considera zona 2.

Fuente: Autor

En la Tabla 34 se muestran las acciones de control correspondientes obtenidas mediante la matriz de riesgo del proceso.

**Tabla 34**  
**Tabla de acciones de control de la matriz de riesgo**

Emplazamiento	Fuentes de escape	Acciones de control
Patio de almacenamiento de combustibles	Tanques de búnker #1, 2, 3 y 4	Mantenimiento del sistema de detección y extinción contra incendios.
		Asegurar que las paredes que dividen a la zona de servicios industriales son pasivadas retardante al fuego.
		Implementar sellos húmedos en los diques de contención.
		Mantenimiento de integridad del tanque de acuerdo con código API.
	Tanque de uso diario	Mantenimiento del sistema de detección y extinción contra incendios.
		Asegurar que las paredes que dividen a la zona de servicios industriales son pasivadas retardante al fuego.
		Implementar sellos húmedos en los diques de contención.
		Mantenimiento de integridad del tanque de acuerdo con código API.
	Válvulas	Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento.
	Conexiones	Mantenimiento preventivo.
	Sistema de tuberías	Mantenimiento del sistema de detección y extinción contra incendios.
		Asegurar que las paredes que dividen a la zona de servicios industriales son pasivadas retardante al fuego.
Bomba de recepción	Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento.	

	Bomba búnker maltería	Asegurar la conexión a tierra de los equipos.
		Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento.
	Bombas búnker caldera #1 y #2	Asegurar la conexión a tierra de los equipos.
		Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento.
	Bombas búnker 1 y 2 caldera #4	Asegurar la conexión a tierra de los equipos.
		Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento.
	Válvulas GLP	Garantizar que las tuberías no sufren golpes ni presentan fugas.
	Sistema de tuberías de proceso búnker	Garantizar que las tuberías no sufren golpes ni presentan fugas.
	Tanque diésel	Mantenimiento del sistema de detección y extinción contra incendios.
		Asegurar que las paredes que dividen a la zona de servicios industriales son pasivadas retardante al fuego.
		Implementar sellos húmedos en los diques de contención.
		Mantenimiento de integridad del tanque de acuerdo con código API.
Bomba diésel	Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento.	
	Asegurar la conexión a tierra de los equipos.	
	Asegurar la utilización de elementos eléctricos con standard industrial según el área.	
	Asegurar el uso de sellos cortafuegos en las instalaciones.	

Fuente: Autor

De acuerdo con la evaluación de riesgos realizada, identificación de nivel de riesgo obtenido y observaciones efectuadas en el presente estudio, se consideran las siguientes medidas de control de acuerdo con las divisiones correspondientes:

#### *Mantenimiento*

- Mantenimiento del sistema de detección y extinción contra incendios.
- Mantenimiento de integridad del tanque de acuerdo con código API.
- Mantenimiento preventivo.

#### *Instalaciones eléctricas*

- Reemplazar o retirar los interruptores de tipo residencial por interruptores o clavijas aprobados para Lugares Clase I División 2.
- Reemplazar o retirar los tomacorrientes de tipo residencial por tomacorrientes aprobados para Lugares Clase I División 2.
- Realizar las adecuaciones necesarias para que todos los equipos cuenten con su puesta a tierra. Mejorar sistema de puesta a tierra, conexión equipotencial de equipos o partes metálicas no conductoras de energía eléctrica.
- Asegurar la conexión a tierra de los equipos.
- Asegurar la utilización de elementos eléctricos con standard industrial según el área.

- Verificar el sistema de pararrayos para evitar igniciones por descargas atmosféricas, y realizar actualización del estudio en caso de que exista.

#### *Protecciones ignífugas*

- Colocar sellos cortafuegos en equipos de fuerza y de control.
- Asegurar que las paredes que dividen a la zona de servicios industriales son pasivadas retardante al fuego, es decir con compartimentos ignífugos.
- Asegurar el uso de sellos cortafuegos en las instalaciones.
- Disponer de arrestallamas en los puntos de ignición de los calderos.
- Prohibición de llamas desnudas en zonas clasificadas 0 y en zonas 1 solo se debe autorizar el uso de equipos con llamas o que generen chispas si se ha sometido a un sistema de permisos de trabajo.

#### *Infraestructura*

- Instalar tubería para canalizar el cable de alimentación eléctrica de la luminaria colgante.
- Implementar sellos húmedos en los diques de contención.
- Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento.
- Garantizar que las tuberías no sufren golpes ni presentan fugas.
- Se propone instalar un medidor de metano (CH<sub>4</sub>) para evitar la generación de una atmósfera explosiva por fugas de este biogás, el cual debe estar situado dentro del rango establecido en la conexión de alimentación de la tubería de biogás hacia la caldera.
- Actualizar los diagramas de flujos y P&ID para garantizar que se analizan todas las posibles fuentes de escapes.
- Las tuberías de alimentación de biogás y GLP deben encontrarse en diques bajo tierra, al igual que las tuberías de bunker y diésel, para evitar fugas por golpes o daños estructurales en las tuberías.
- Las mangueras de distribución de GLP deben ser de tipo industrial o tubería cedula apropiada para este combustible, por menor que sea su consumo.
- Disponer de una manga de viento en la instalación, y mantenerla en buenas condiciones.
- Señalizar los equipos y las áreas aledañas para identificar el tipo de zona, como se observa en la Figura 4.7.



**Figura 4.8 Simbología para zona de riesgo de atmósferas explosivas**

Fuente: Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo – R.D. 681/2003

# CAPÍTULO 5

## 5 Conclusiones y recomendaciones

### 5.1 Conclusiones

1. Mediante este estudio realizado en el área de almacenamiento de combustibles de una empresa de bebidas alcohólicas, se pudo determinar la presencia de atmósferas explosivas, las mismas que deben controlarse y reducir su emisión con la finalidad de prevenir accidentes laborales.
2. Las zonas con atmósferas potencialmente explosivas se clasifican como zona 0, zona 1 y zona 2 según sea la frecuencia con la que un gas inflamable se halle presente en ellas bajo condiciones normales de funcionamiento.
3. La metodología que se empleó para analizar la clasificación de zonas se basa en las normativas UNE-EN 60079-10, UNE-EN 60079-14, Directiva 1999/92/CE, NFPA 497, NFPA 7 y API RP 505 cuyo objeto es la clasificación de los emplazamientos peligrosos donde los riesgos son debidos a la presencia de gas o vapor inflamables a fin de poder seleccionar e instalar adecuadamente los aparatos para usar.
4. Se determinó que los procesos inherentes del área de almacenamiento de combustible pueden generar fuentes de ignición por la presencia en tales cantidades de las sustancias combustibles e inflamables y el almacenamiento permanente de las mismas, dando paso a una clasificación de emplazamientos peligrosos.
5. Se establece que las características de los componentes químicos de las sustancias presentes en el área de almacenamiento de combustibles como bunker, biogás, GLP y diésel pueden dar origen a una atmósfera explosiva según los grados de escape, dilución y disponibilidad de ventilación revisados.
6. Se determinaron los tipos de zonas y extensión alrededor de los equipos donde se almacenan y circulan los combustibles, cubriendo el área de patio de almacenamiento de combustibles y sistema de vapor adyacente vistos como emplazamientos peligrosos.
7. Se establecieron como fuentes de escape con riesgo muy alto los componentes como tanque diésel, sistema de tuberías, tanque de uso diario y tanques de bunker N°1, N°2, N°3 y N°4, fundamentado con la identificación y evaluación de riesgos de explosión en el área de almacenamiento de combustibles.
8. Se revisaron las condiciones del patio de almacenamiento de combustibles y equipos involucrados, resultando un indicador del 54% para cumplir con las condiciones favorables dentro del análisis de riesgo, dando énfasis a la implementación de mejoras en el sistema y controles operacionales.
9. Finalmente se diseñó el plan de prevención de explosiones y en un 100% los controles operativos, necesarios en los equipos y áreas clasificadas, para la minimización del riesgo de explosión por líquidos y gases inflamables del área de almacenamiento de combustibles para reducir potenciales riesgos de explosión.

## 5.2 Recomendaciones

1. Implementar el plan de prevención de explosiones diseñado para el área de almacenamiento de combustible y por consiguiente los controles operacionales resultantes para la minimización del riesgo de explosión por líquidos y gases inflamables presentes.
2. Realizar capacitaciones y dar a conocer al personal involucrado sobre las medidas de control para las áreas donde existe riesgo de explosión y valorizar la importancia del cumplimiento de la normativa legal de Seguridad y Salud en el Trabajo, manteniendo la gestión de buenas prácticas y asegurando un ambiente de trabajo seguro y saludable.
3. Reducir la cantidad excesiva de cable evitando generar puntos calientes, de acuerdo con el estándar de referencia NFPA 70, National Fire Protection Association y mantener el área de patio de almacenamiento de combustibles y sistemas de vapor libre de materiales innecesarios y libre de obstáculos en toda su extensión, realizar inspecciones y mantenimiento periódico de dispositivos de seguridad en las instalaciones.
4. Realizar procedimientos de trabajo documentados dirigidos a los contratistas de mantenimiento que ingresan al área de combustibles determinando, la prohibición de generación de fuentes de ignición durante la operación normal y respectivo bloqueo de fuentes de energías.
5. Fomentar la gestión de seguridad y salud basada en la mejora continua mediante la prevención permanente y difusión de identificación de peligros, evaluación de riesgos y determinación de controles eficientes incrementando consecuentemente la conciencia sobre la percepción del riesgo de explosión que pueda existir en el área de patio de almacenamiento de combustibles.

# BIBLIOGRAFÍA

- American Petroleum Institute. (2012). *API RP 505: Recommended Practice for Classification of Locations for Electrical Installations at Petroleum Facilities Classified as Class I, Division 1 and Division 2* (Tercera ed.). Washington D.C., Estados Unidos de América: API Publishing Services.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (Octubre de 2015). *Norma Española UNE-EN 60079-10-1. Atmósferas Explosivas. Parte 10-1: Clasificación de emplazamientos. Atmósferas explosivas gaseosas*. Madrid, España.
- Asociación Española de Normalización y Certificación. (2016). *Norma Española UNE-EN 60079-14:2016. Atmósferas explosivas. Parte 14: Diseño, elección y realización de las instalaciones eléctricas*.
- Branco, C. M., Ritchie, R. O., & Sklenička, V. (1996). *Mechanical behaviour of materials at high temperature*. Springer.
- Britannica, T. Editors of Encyclopaedia . (23 de Mayo de 2022). *Vapour pressure*. . Obtenido de Encyclopedia Britannica.: <https://www.britannica.com/science/vapor-pressure>
- Comité Interinstitucional de Seguridad e Higiene del Trabajo. (2016). *Decreto Ejecutivo 2393. Reglamento de seguridad y salud de los trabajadores y mejoramiento del medio ambiente de trabajo*. Ecuador.
- Escuer Ibars, F., & García Torrent, J. (2005). *Manual Práctico: Clasificación de zonas en atmósferas explosivas* (Febrero de 2005 ed.). Barcelona, España: Colegio de Ingenieros Técnicos Industriales de Barcelona (CETIB). doi:B-11.484-05
- Grant, C., & Dougal, D. (s.f.). *Enciclopedia de Salud y Seguridad en el Trabajo*. Madrid.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1995). *Nota Técnica de Prevención (NTP) 369. Atmósferas potencialmente explosivas: instalaciones*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1995). *Nota Técnica de Prevención (NTP) 379. Productos inflamables: variación de los parámetros de peligrosidad*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1999). *Nota Técnica de Prevención (NTP) 330. Sistema simplificado de evaluación de riesgos de accidente*. Madrid: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (1999). *Nota Técnica de Prevención (NTP) 370. Atmósferas potencialmente explosivas: Clasificación de emplazamientos clase I*. España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.
- Instituto Nacional de Seguridad e Higiene en el Trabajo. (2010). *Nota Técnica de Prevención (NTP) 876. Evaluación de los riesgos específicos derivados de atmósferas explosivas*. Madrid, España: Ministerio de Trabajo y Asuntos Sociales.

- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el trabajo. (2003). Guía técnica para la evaluación y prevención de los riesgos derivados de atmósferas explosivas en el lugar de trabajo. *Real Decreto 681/2003*. España.
- Instituto Nacional de Seguridad y Salud en el Trabajo. (2019). Guía técnica de aplicación: Reglamento de seguridad contra incendio en los establecimientos industriales. *Real decreto 2267/2004*. España.
- Morales-Toyo, M. (2018). Reacciones químicas en la cerveza. *Revista de Química (PUCP)*, 33(1), 4-11. doi:2518-2803
- National Fire Protection Association. (2010). *NFPA 70. National Electrical Code*. (2011 ed.). Quincy, Massachusetts, Estados Unidos de América.
- National Fire Protection Association. (2012). *NFPA 497. Práctica recomendada para la clasificación de líquidos inflamables, gases o vapores inflamables y de áreas peligrosas (Clasificadas) para instalaciones eléctricas en áreas de procesamiento químico* (2012 ed.). Quincy, Massachusetts, Estados Unidos de América.
- Nieto Palomo, J. (2016). *Instalación y puesta en marcha de aparatos de calefacción y climatización de uso doméstico*. España: Ediciones Paraninfo S.A.
- Norma Técnica Ecuatoriana. (2013). *NTE INEN 2266. Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos*. Quito, Ecuador.
- Parlamento Europeo y el Consejo de la Unión Europea. (2000). *Directiva 1999/92/CE. ATEX 137, Disposiciones mínimas para la mejora de la protección de la salud y la seguridad de los trabajadores expuestos a los riesgos derivados de atmósferas explosivas*. Comunidad Europea, Comunidad Europea.
- Pérez Carbonell, C. (2005). *Clasificación de emplazamientos peligrosos para atmósferas explosivas de gases y polvos combustibles*. Trabajo final de carrera, Universitat Politècnica de Catalunya - Barcelonatech, Barcelona. Obtenido de <http://hdl.handle.net/2099.1/3142>
- Rogers, R., Worsell, N., Radandt, S., Pineau, J., Grass, K., Loyer, C., . . . van Wingerden, K. (17 de Marzo de 2000). The RASE Project. Explosive Atmosphere: Risk Assessment of Unit Operations and Equipment. Hamm, Alemania.
- Ruhayem, R., & Adams, P. (9 de agosto de 2020). *Explosión en Beirut: la caótica cadena de acontecimientos que llevó a que se desatara el infierno en el puerto de la capital de Líbano*. (S. Buckley, Editor, & J. Percy, Productor) Obtenido de BBC News Mundo: <https://www.bbc.com/mundo/noticias-internacional-53709604>
- Spirax Sarco. (s.f.). La industria cervecera: sistemas de vapor y condensado. *CM Issue 1*. Sant Feliu de Llobregat, Barcelona, España: Spirax Sarco S.A. doi:SB-GCM-08
- World Health Organization. (2007). *Ejemplos de grandes accidentes químicos, 1974–2006*. Obtenido de [https://www.who.int/whr/2007/media\\_centre/07\\_chap2\\_fig04\\_es.pdf](https://www.who.int/whr/2007/media_centre/07_chap2_fig04_es.pdf)

## **ANEXOS**

## ANEXO A MATRIZ DE INCOMPATIBILIDADES QUÍMICAS

CLASE PELIGRO ONU	1	2.1	2.2	2.3	3	4.1	4.2	4.3	5.1	5.2	6	7	8	9
1	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
2.1	Yellow	Green	Green	Yellow	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Red	Red	Green	Yellow
2.2	Yellow	Green	Yellow											
2.3	Yellow	Yellow	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Red	Yellow
3	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow	Green	Green	Yellow
4.1	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow	Green	Red	Yellow
4.2	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow	Green	Red	Yellow
4.3	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Red	Green	Yellow	Green	Red	Yellow
5.1	Yellow	Green	Green	Red	Red	Red	Red	Red	Green	Green	Yellow	Green	Red	Yellow
5.2	Yellow	Green	Green	Red	Green	Green	Green	Green	Green	Green	Yellow	Green	Red	Yellow
6	Yellow	Red	Green	Green	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Green	Green	Yellow	Yellow
7	Yellow	Red	Green	Yellow										
8	Yellow	Green	Green	Red	Green	Red	Yellow	Red	Red	Red	Yellow	Green	Yellow	Yellow
9	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow	Yellow
1	Corresponde a la Clase Explosivos. Su almacenamiento depende de las incompatibilidades específicas.													
	Pueden almacenarse y transportarse juntos.													
	Precaución. Revisar incompatibilidades individuales.													
	Son incompatibles. Pueden requerir almacenamiento y transporte separados.													

Fuente: NTE INEN 2266:2013. Transporte, almacenamiento y manejo de materiales peligrosos. Requisitos / Fuente referencial: Código Marítimo Internacional de Mercancías Peligrosas, IMDG.

## ANEXO B

### FORMATO DE HOJA DE DATOS DE LISTA Y CARACTERÍSTICAS DE LAS SUSTANCIAS INFLAMABLES

<b>Planta:</b>													<b>Plano de referencia:</b>
<b>Emplazamiento:</b>													
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
	<b>Sustancias inflamables</b>						<b>Volatilidad<sup>a</sup></b>		<b>LII</b>		<b>Características Ex.</b>		
	Nombre	Composición	Masa molar (Kg/Kmol)	Densidad relativa gas/aire	Punto de destello (°C)	Temperatura de ignición (°C)	Punto de ebullición (°C)	Presión de vapor a 20°C (kPa)	Volumen (%)	(Kg/m <sup>3</sup> )	Grupo de material	Clase de temperatura	Cualquier otra información importante y observaciones
1													
2													
3													
<sup>a</sup> Normalmente se da el valor de la presión de vapor, pero en su ausencia se puede utilizar el punto de ebullición.													

Fuente: EN 60079-10-1:2015



## ANEXO D

### FUENTES DE ESCAPE - PATIO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES (PARTE 1)

Planta: Planta de Servicios Industriales														Plano de referencia:	
Emplazamiento: Patio de almacenamiento de combustibles															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14	15
Fuente de escape					Sustancia inflamable		Ventilación				Emplazamiento peligroso				
	Descripción	Ubicación	Grado de escape <sup>a</sup>	Tasa de escape (kg/s)	Característica del escape (m <sup>3</sup> /s)	Referencia <sup>b</sup>	Estado <sup>c</sup>	Tipo <sup>d</sup>	Grado de dilución <sup>e</sup>	Disponibilidad <sup>f</sup>	Tipo de zona 0-1-2	Extensión de la zona (m)		Referencia <sup>g</sup>	Cualquier otra información importante y observaciones
												Vertical	Horizontal		
1	Tanque de búnker 1	PSI Exterior	C	3.0*10 <sup>-9</sup>	1.87*10 <sup>-8</sup>	2	L	N	Alta	Media	0 ED*	Interior	Interior	EN 60079-10-1:2015	Se considera extension despreciable porque es tanque cerrado
2	Tanque de búnker 2	PSI Exterior	C	3.0*10 <sup>-9</sup>	1.87*10 <sup>-8</sup>	2	L	N	Alta	Media	0 ED*	Interior	Interior	EN 60079-10-1:2015	Se considera extension despreciable porque es tanque cerrado
3	Tanque de búnker 3	PSI Exterior	C	3.0*10 <sup>-9</sup>	1.87*10 <sup>-8</sup>	2	L	N	Alta	Media	0 ED*	Interior	Interior	EN 60079-10-1:2015	Se considera extension despreciable porque es tanque cerrado
4	Tanque de búnker 4	PSI Exterior	C	3.0*10 <sup>-9</sup>	1.87*10 <sup>-8</sup>	2	L	N	Alta	Media	0 ED*	Interior	Interior	EN 60079-10-1:2015	Se considera extension despreciable porque es tanque cerrado
5	Tanque de uso diario	PSI Exterior	C	3.0*10 <sup>-9</sup>	1.87*10 <sup>-8</sup>	2	L	N	Alta	Media	0 ED*	Interior	Interior	EN 60079-10-1:2015	Se considera extension despreciable porque es tanque cerrado
6	Válvulas alivio tanques	PSI Exterior	P	3.0*10 <sup>-9</sup>	1.87*10 <sup>-8</sup>	2	G	N	Alta	Media	1	1	1	EN 60079-10-1:2015	
7	Conexiones	PSI Exterior	S	5.2*10 <sup>-10</sup>	3.25*10 <sup>-9</sup>	2	L	N	Alta	Media	2	-	-	EN 60079-10-1:2015	-

<sup>a</sup> C-Continuo; S-Secundario; P-Primario.  
<sup>b</sup> Cítese el número de la lista de la parte I.  
<sup>c</sup> G-Gas; L-Líquido; LG-Gas Licuado; S-Sólido.  
<sup>d</sup> N-Natural; AG- General Artificial; AL- Local Artificial.  
<sup>e</sup> Alta; Media; Baja.  
<sup>f</sup> Buena; Media; Mala. \*Buena si se encuentra al aire libre.  
<sup>g</sup> Indíquese la referencia del código si se ha utilizado, o refiérase el cálculo.

ED\* Extensión despreciable

Fuente: Autor

## ANEXO E

### FUENTES DE ESCAPE - PATIO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES (PARTE 2)

Planta: Planta de Servicios Industriales														Plano de referencia:	
Emplazamiento: Patio de almacenamiento de combustibles															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14	15
Fuente de escape					Sustancia inflamable			Ventilación			Emplazamiento peligroso				Cualquier otra información importante y observaciones
Descripción	Ubicación	Grado de escape <sup>a</sup>	Tasa de escape (kg/s)	Característica del escape (m <sup>3</sup> /s)	Referencia <sup>b</sup>	Estado <sup>c</sup>	Tipo <sup>d</sup>	Grado de dilución <sup>e</sup>	Disponibilidad <sup>f</sup>	Tipo de zona 0-1-2	Extensión de la zona (m)		Referencia <sup>g</sup>		
											Vertical	Horizontal			
8	Sistema de tuberías	PSI Exterior	S	5.2*10 <sup>-10</sup>	3.25*10 <sup>-9</sup>	2	L	N	Alta	Media	2	-	-	EN 60079-10-1:2015	En caso de haber roturas se considera zona 2.
9	Bomba de recepción	PSI Exterior	P	3.0*10 <sup>-9</sup>	3.75*10 <sup>-8</sup>	2	L	N	Media	Media	1	-	-	EN 60079-10-1:2015	-
10	Bomba búnker maltería	PSI Exterior	P	3.0*10 <sup>-9</sup>	3.75*10 <sup>-8</sup>	2	L	N	Media	Media	1	-	-	EN 60079-10-1:2015	17,000 kg/h
11	Bomba búnker caldera #1	PSI Exterior	P	3.0*10 <sup>-9</sup>	3.75*10 <sup>-8</sup>	2	L	N	Media	Media	1	-	-	EN 60079-10-1:2015	-
12	Bomba búnker caldera #2	PSI Exterior	P	3.0*10 <sup>-9</sup>	3.75*10 <sup>-8</sup>	2	L	N	Media	Media	1	-	-	EN 60079-10-1:2015	-
13	Bomba búnker 1 caldera #4	PSI Exterior	P	3.0*10 <sup>-9</sup>	3.75*10 <sup>-8</sup>	2	L	N	Media	Media	1	-	-	EN 60079-10-1:2015	-
14	Bomba búnker 2 caldera #4	PSI Exterior	P	3.0*10 <sup>-9</sup>	3.75*10 <sup>-8</sup>	2	L	N	Media	Media	1	-	-	EN 60079-10-1:2015	-

<sup>a</sup> C-Continuo; S-Secundario; P-Primario.  
<sup>b</sup> Cítese el número de la lista de la parte I.  
<sup>c</sup> G-Gas; L-Líquido; LG-Gas Licuado; S-Sólido.  
<sup>d</sup> N-Natural; AG- General Artificial; AL- Local Artificial.  
<sup>e</sup> Alta; Media; Baja.  
<sup>f</sup> Buena; Media; Mala. \*Buena si se encuentra al aire libre.  
<sup>g</sup> Indíquese la referencia del código si se ha utilizado, o refiérase el cálculo.  
 ED\* Extensión despreciable

Fuente: Autor

## ANEXO F

### FUENTES DE ESCAPE - PATIO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES (PARTE 3)

Planta: Planta de Servicios Industriales														Plano de referencia:	
Emplazamiento: Patio de almacenamiento de combustibles															
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13		14	15
Fuente de escape					Sustancia inflamable			Ventilación			Emplazamiento peligroso				Cualquier otra información importante y observaciones
Descripción	Ubicación	Grado de escape <sup>a</sup>	Tasa de escape (kg/s)	Característica del escape (m³/s)	Referencia <sup>b</sup>	Estado <sup>c</sup>	Tipo <sup>d</sup>	Grado de dilución <sup>e</sup>	Disponibilidad <sup>f</sup>	Tipo de zona 0-1-2	Extensión de la zona (m)		Referencia <sup>g</sup>		
											Vertical	Horizontal			
15	Tanques de GLP	PSI 1er nivel	C	1.5*10 <sup>-3</sup>	0.096	4	LG	N	Media	Media	0 ED*	Interior	Interior	EN 60079-10-1:2015	Zona 0 considerado dentro de las bombonas de GLP
16	Valvulas GLP	PSI 1er nivel	P	1.5*10 <sup>-3</sup>	0.096	4	G	N	Media	Media	1	1.5	1.5	EN 60079-10-1:2015	-
17	Sistema de tuberías de proceso y bridas GLP	PSI 1er nivel	S	1.9*10 <sup>-3</sup>	0.12	4	G	N	Media	Media	2	1.8	1.8	EN 60079-10-1:2015	Sistema de tuberías soldadas no bridadas Se considera zona 2 su interior y en caso de rotura
18	Tanque diésel	PSI Exterior	C	5.2*10 <sup>-7</sup>	7.87*10 <sup>-6</sup>	1	L	N	Media	Media	0 ED*	Interior	Interior	EN 60079-10-1:2015	Zona 0 considerado dentro del tanque de GLP
19	Valvula alivio diésel	PSI Exterior	P	5.2*10 <sup>-7</sup>	1.6*10 <sup>-5</sup>	1	L	N	Media	Media	1	1	1	EN 60079-10-1:2015	-
20	Bomba diésel	PSI Exterior	P	5.2*10 <sup>-7</sup>	7.87*10 <sup>-6</sup>	1	L	N	Media	Media	1	-	-	EN 60079-10-1:2015	-
21	Conexiones diésel	PSI Exterior	S	0.0021	0.064	1	L	N	Media	Media	2	2	2	EN 60079-10-1:2015	En caso de haber roturas se considera zona 2.

<sup>a</sup> C-Continuo; S-Secundario; P-Primario.  
<sup>b</sup> Cítese el número de la lista de la parte I.  
<sup>c</sup> G-Gas; L-Líquido; LG-Gas Licuado; S-Sólido.  
<sup>d</sup> N-Natural; AG- General Artificial; AL- Local Artificial.  
<sup>e</sup> Alta; Media; Baja.  
<sup>f</sup> Buena; Media; Mala. \*Buena si se encuentra al aire libre.  
<sup>g</sup> Indíquese la referencia del código si se ha utilizado, o refiérase el cálculo.

ED\* Extensión despreciable

Fuente: Autor

## ANEXO G

### MATRIZ GENERAL DE RIESGOS DE EXPLOSIÓN DE PATIO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES – PARTE 1A

Fuentes de escape	Ventilación	Revisiones y mantenimiento	Limpieza	Protección contra incendios	Protección contra explosiones	Procedimientos	Observaciones	Actualización Zona ATEX
Tanques de búnker #1, 2, 3 y 4	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	0 ED*
Tanque de uso diario	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	0 ED*
Válvulas	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	1
Conexiones	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	2
Sistema de tuberías	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	0 ED*
Bomba de recepción	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento. Uso de dispositivos de protección térmica para motores. Métodos de alambrado adecuados. Uso de sellos cortafuegos en las instalaciones.	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	1

Fuente: Autor

## ANEXO H

### MATRIZ GENERAL DE RIESGOS DE EXPLOSIÓN DE PATIO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES – PARTE 1B

Fuentes de escape	Ventilación	Revisiones y mantenimiento	Limpieza	Protección contra incendios	Protección contra explosiones	Procedimientos	Observaciones	Actualización Zona ATEX
Bomba búnker malteria	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento. Uso de dispositivos de protección térmica para motores. Métodos de alambrado adecuados. Uso de sellos cortafuegos en las instalaciones.	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	1
Bombas búnker caldera #1 y 2	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento. Uso de dispositivos de protección térmica para motores. Métodos de alambrado adecuados. Uso de sellos cortafuegos en las instalaciones.	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	1
Bombas búnker 1 y 2 caldera #4	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento. Uso de dispositivos de protección térmica para motores. Métodos de alambrado adecuados. Uso de sellos cortafuegos en las instalaciones.	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	1

Fuente: Autor

## ANEXO I

### MATRIZ GENERAL DE RIESGOS DE EXPLOSIÓN DE PATIO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES – PARTE 1C

Fuentes de escape	Ventilación	Revisiones y mantenimiento	Limpieza	Protección contra incendios	Protección contra explosiones	Procedimientos	Observaciones	Actualización Zona ATEX
Válvulas GLP	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	2
Sistema de tuberías de proceso búnker	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	2
Tanque diésel	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	0 ED*
Bomba diésel	Natural sin impedimentos	Rutinas del plan de mantenimiento preventivo	Existen rutinas de orden y limpieza en el area	Extintores portátiles Red hidráulica exterior	Rutinas de inspección y mantenimiento. Uso de dispositivos de protección térmica para motores. Métodos de alambrado adecuados. Uso de sellos cortafuegos en las instalaciones.	La empresa dispone de procedimientos de trabajo seguro aplicables a toda la planta	La zona actualmente está clasificada como Clase I División II	1

Fuente: Autor

## ANEXO J

### MATRIZ GENERAL DE RIESGOS DE EXPLOSIÓN DE PATIO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES – PARTE 2A

Fuentes de escape	Fuentes de activación			Probabilidad de presencia de focos de ignición	Probabilidad de explosión	Gravedad de los efectos	Riesgo de explosión	Valoración de gravedad del riesgo	Consecuencias				Acciones de Control
	Focos de ignición	Forma	Probabilidad						Trabajadores	Propiedad	Terceros	Total	
Tanques de búnker #1, 2, 3 y 4	Chispas de origen eléctrico y de origen mecánico	Operaciones de proceso y de mantenimiento	Baja	Alta	Muy Alta	Grave	Intolerable	5	Grave	Grave	Moderada	Grave	Mantenimiento del sistema de detección y extinción contra incendios. Asegurar que las paredes que dividen a la zona de servicios industriales son pasivadas retardante al fuego. Implementar sellos húmedos en los diques de contención. Mantenimiento de integridad del tanque de acuerdo a código API
Tanque de uso diario	Chispas de origen eléctrico y de origen mecánico	Operaciones de proceso y de mantenimiento	Baja	Alta	Muy Alta	Grave	Intolerable	5	Grave	Grave	Moderada	Grave	Mantenimiento del sistema de detección y extinción contra incendios. Asegurar que las paredes que dividen a la zona de servicios industriales son pasivadas retardante al fuego. Implementar sellos húmedos en los diques de contención. Mantenimiento de integridad del tanque de acuerdo a código API
Válvulas	Chispas de origen eléctrico y de origen mecánico	Operaciones de proceso y de mantenimiento	Baja	Media	Media	Seria	Moderado	3	Seria	Seria	Moderada	Seria	Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento
Conexiones	Chispas de origen eléctrico y de origen mecánico	Operaciones de proceso y de mantenimiento	Baja	Baja	Remota	Moderada	Trivial	1	Moderada	Seria	Moderada	Moderada	Mantenimiento preventivo
Sistema de tuberías	Chispas de origen eléctrico y de origen mecánico	Operaciones de proceso y de mantenimiento	Baja	Alta	Muy Alta	Grave	Intolerable	5	Grave	Grave	Moderada	Grave	Mantenimiento del sistema de detección y extinción contra incendios. Asegurar que las paredes que dividen a la zona de servicios industriales son pasivadas retardante al fuego
Bomba de recepción	Aparatos eléctricos, superficies calientes, llamas, chispas de origen eléctrico, chispas de origen mecánico	Operaciones de mantenimiento y complementarias	Baja	Media	Media	Seria	Moderado	3	Seria	Seria	Moderada	Seria	Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento. Asegurar la conexión a tierra de los equipos.
Bomba búnker maltería	Aparatos eléctricos, superficies calientes, llamas, chispas de origen eléctrico, chispas de origen mecánico	Operaciones de mantenimiento y complementarias	Baja	Media	Media	Seria	Moderado	3	Seria	Seria	Moderada	Seria	Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento. Asegurar la conexión a tierra de los equipos.

Fuente: Autor

## ANEXO K

### MATRIZ GENERAL DE RIESGOS DE EXPLOSIÓN DE PATIO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES – PARTE 2B

Fuentes de escape	Fuentes de activación			Probabilidad de presencia de focos de ignición	Probabilidad de explosión	Gravedad de los efectos	Riesgo de explosión	Valoración de gravedad del riesgo	Consecuencias				Acciones de Control
	Focos de ignición	Forma	Probabilidad						Trabajadores	Propiedad	Terceros	Total	
Bombas búnker caldera #1 y 2	Aparatos eléctricos, superficies calientes, llamas, chispas de origen eléctrico, chispas de origen mecánico	Operaciones de mantenimiento y complementarias	Baja	Media	Media	Seria	Moderado	3	Seria	Seria	Moderada	Seria	Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento. Asegurar la conexión a tierra de los equipos.
Bombas búnker 1 y 2 caldera #4	Aparatos eléctricos, superficies calientes, llamas, chispas de origen eléctrico, chispas de origen mecánico	Operaciones de mantenimiento y complementarias	Baja	Media	Media	Seria	Moderado	3	Seria	Seria	Moderada	Seria	Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento. Asegurar la conexión a tierra de los equipos.
Válvulas GLP	Chispas de origen eléctrico y de origen mecánico	Operaciones de proceso y de mantenimiento	Baja	Baja	Remota	Moderada	Trivial	1	Moderada	Seria	Moderada	Moderada	Garantizar que las tuberías no sufren golpes, ni presentan fugas
Sistema de tuberías de proceso búnker	Chispas de origen eléctrico y de origen mecánico	Operaciones de proceso y de mantenimiento	Baja	Baja	Remota	Moderada	Trivial	1	Moderada	Seria	Moderada	Moderada	Garantizar que las tuberías no sufren golpes, ni presentan fugas
Tanque diésel	Chispas de origen eléctrico y de origen mecánico	Operaciones de proceso y de mantenimiento	Baja	Alta	Muy Alta	Grave	Intolerable	5	Grave	Grave	Moderada	Grave	Mantenimiento del sistema de detección y extinción contra incendios. Asegurar que las paredes que dividen a la zona de servicios industriales son pasivadas retardante al fuego. Implementar sellos húmedos en los diques de contención. Mantenimiento de integridad del tanque de acuerdo a código API
Bomba diésel	Aparatos eléctricos, superficies calientes, llamas, chispas de origen eléctrico, chispas de origen mecánico	Operaciones de mantenimiento y complementarias	Baja	Media	Media	Seria	Moderado	3	Seria	Seria	Moderada	Seria	Modelar planos isométricos para poder diagramar las alturas de extensión de la zona de cada elemento. Asegurar la conexión a tierra de los equipos. Asegurar la utilización de elementos eléctricos con estándar industrial según el área. Asegurar el uso de sellos cortafuegos en las instalaciones.

Fuente: Autor

## ANEXO L SEÑALÉTICA DEL MAPA DE RIESGOS Y EVACUACIÓN DE LA PLANTA

 Riesgo de caídas	 Atrapamiento	 Extintor
 Explosión	 Contacto con químico	 Gabinete de incendio
 Incendios	 Riesgo de atropellamiento	 Pulsador de alarma
 Ruido	 Punto de reunión	 Lámpara de emergencia
 Riesgo eléctrico	 Salida de emergencia	 Usted esta aquí
 Gases	 Salida	
 Circulación de vehículos	 Salida	
 Superficies calientes	 Ruta de evacuación	

Fuente: Empresa

## ANEXO M

### EXTRACTO DE HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE GLP – PARTE 1

	<b>HOJA DE SEGURIDAD DEL GAS LICUADO DE PETROLEO</b>			Codigo:	<b>G-99</b>
				Versión:	02
				Documento Referencial:	N/A
<b>1. IDENTIFICACIÓN DEL MATERIAL Y DEL PROVEEDOR</b>					
	NOMBRE COMERCIAL: GAS LICUADO COMERCIAL				
	NOMBRE QUÍMICO: MEZCLA PROPANO-BUTANO				
	SINÓNIMOS: GLP, LPG, GAS LICUADO DE PETRÓLEO				
	USO RECOMENDADO DEL PRODUCTO QUÍMICO Y RESTRICCIONES DE USO: USO PARA EQUIPOS DE COMBUSTIÓN ADECUADOS PARA GLP				
	NOMBRE PROVEEDOR: EMPRESA ESTATAL DE PETROLEOS DEL ECUADOR				
	DIRECCIÓN PROVEEDOR: TERMINAL EL CHORRILLO, GUAYAS				
	TELÉFONOS PROVEEDOR: GUAYAQUIL 042-870 555				
	FÓRMULA QUÍMICA: C3H8 + C4H10				
	NÚMERO CAS*: 68476-85-7				
	NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN SGA: 1075				
<b>2. COMPOSICIÓN E INFORMACIÓN DE LOS INGREDIENTES PELIGROSOS</b>					
SUSTANCIA		%	NUM. SGA	LÍMITES DE EXPOSICIÓN OCUPACIONAL	
				TLV	TLV-TWA (ACGIH)
PROPANO		70	1075	2500 ppm	2500 ppm
BUTANO		30	1075	800 ppm	800 ppm
TLV: (THRESHOLD LIMIT VALUES): Valor Umbral límite					
TLV-TWA: (Tire Weighted Average): Valor límite promedio ponderado en el tiempo					

Fuente: LOJAGAS

## ANEXO N

### EXTRACTO DE HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE GLP – PARTE 2

<b>Clasificación de riesgos según la NFPA:</b>		
<p><b>GRADOS DE RIESGO:</b></p> <p>4. MUY ALTO 3. ALTO 2. MODERADO 1. LIGERO 0. MINIMO</p>		
<b>4. PRIMEROS AUXILIOS</b>		
<p><b>INHALACIÓN:</b> traslade al afectado a una zona de aire fresco; si no respira administre respiración artificial, si respira con dificultad suministre oxígeno. Mantenga a la víctima abrigada y en reposo. Busque atención medica inmediatamente.</p>		
<p><b>CONTACTO CON LA PIEL:</b> retire la ropa y calzado contaminado; lave la zona afectada con abundante agua y jabón, mínimo durante 15 minutos, si la irritación persiste repita el lavado. Busque atención medica inmediatamente.</p>		
<p><b>CONTACTO CON LOS OJOS:</b> Lave con abundante agua, mínimo durante 15 minutos; levante y separe los párpados para asegurar la remoción de la sustancia química, si la irritación persiste repita el lavado. Busque atención medica inmediatamente.</p>		
<p><b>INGESTIÓN:</b> Lave la boca con agua, si está consciente suministre agua tibia. No induzca el vómito y busque atención medica inmediatamente.</p>		
<b>5. MEDIDAS DE LUCHA CONTRA INCENDIOS</b>		
<b>¿ES INFLAMABLE?:</b>	<b>PUNTO DE INFLAMACIÓN (°C)</b>	<b>TEMPERATURA DE AUTOIGNICIÓN (°C)</b>
SI	(-107.5°C)-(-101.6°C)	650 °C
<b>LIM SUPERIOR DE INFLAMABILIDAD (%): 4,5</b>		<b>LIM. INFERIOR DE INFLAMABILIDAD (%): 14,5</b>
<b>MEDIOS DE EXTINGUICIÓN RECOMENDADOS:</b>		
<b>CO2:</b> SI	<b>POLVO QUÍMICO SECO:</b> SI	<b>AGUA PULVERIZADA:</b> SI
<b>ESPUMA:</b> SI	<b>OTROS:</b> N/A	
<b>MEDIDAS ESPECIALES PARA COMBATIR INCENDIOS:</b>		
<ul style="list-style-type: none"> <li>- No apagar el fuego hasta que la fuga esté cerrada.</li> <li>- Alejar los recipientes de la zona de fuego si puede hacerse sin riesgo.</li> <li>- Aplicar agua fría a los recipientes que están expuestos a las llamas hasta que el fuego se haya extinguido.</li> <li>- Mantenerse alejado de los recipientes.</li> <li>- En caso de fuego intenso en la zona de carga, utilizar mangueras o sistemas automáticos de extinción de incendios sin manipulación directa por personas para evitar riesgos.</li> <li>- Si no es posible controlar el fuego, abandonar la zona y dejar que arda.</li> <li>- Consultar y aplicar planes de seguridad y emergencia en caso de que existan.</li> </ul>		
<b>EQUIPO DE PROTECCIÓN PERSONAL RECOMENDADO:</b> Guantes, trajes resistentes al calor y equipo de respiración autónomo.		

Fuente: LOJAGAS

## ANEXO O

### EXTRACTO DE HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE GLP – PARTE 3

<p><b>PELIGROS ESPECIALES:</b> Producto extremadamente inflamable por calor, chispas, electricidad estática o llamas. Los vapores son más pesados que el aire y pueden desplazarse hasta fuentes de ignición alejadas, además los vapores desplazan el aire de zonas bajas y áreas confinadas, creando riesgos de insuficiencias respiratorias o asfixia.</p> <p>Los recipientes de GLP sin válvulas de seguridad pueden explosionar tras exposición a elevadas temperaturas. Los recipientes casi vacíos, o vacíos, presentan los mismos riesgos que los llenos. Peligro de explosión de vapores en espacios cerrados, exteriores o en conductos.</p>	
<b>6. MEDIDAS QUE DEBEN TOMARSE EN CASO DE DERRAME</b>	
<p><b>Precauciones para el medio ambiente:</b> El producto licuado (GLP) vertido al agua o al suelo, sufre intensa evaporación, por lo que no supone riesgos de contaminación acuática ni terrestre.</p>	<p><b>Precauciones personales:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Aislar el área.</li> <li>- Evitar la entrada innecesaria de personas dentro de la zona afectada.</li> <li>- No fumar.</li> <li>- Evitar cualquier tipo de fuente de ignición (llama abierta, chispa).</li> <li>- Evitar cargas electrostáticas.</li> </ul>
<p><b>Eliminación y limpieza:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Derrames pequeños: Dejar evaporar.</li> <li>- Derrames grandes: Diluir los vapores con agua pulverizada y proceder como en el caso de fugas pequeñas.</li> </ul>	<p><b>Protección personal:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Equipos de respiración autónoma en presencia de elevadas concentraciones de producto.</li> <li>- Guantes de PVC.</li> <li>- Protección ocular cerrada.</li> <li>- Calzado de seguridad antiestático.</li> </ul>
<b>7. MANEJO Y ALMACENAMIENTO</b>	
    	
<b>MANEJO</b>	
<p><b>PRECAUCIONES PARA EL MANEJO:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Utilizar ropa de protección adecuada, para evitar el contacto con el producto licuado y protección respiratoria si existe posibilidad de inhalación del gas.</li> <li>- Mantener alejado de posibles fuentes de ignición.</li> <li>- No soldar o cortar cerca de los contenedores.</li> <li>- Evitar la acumulación de cargas electrostáticas, los equipos y las líneas deben estar correctamente conectados a tierra.</li> </ul>	
<p><b>CONDICIONES ESPECIFICAS:</b> En locales cerrados, emplear sistemas de ventilación local eficiente, bien sea fija y/o forzada (consultar normativa INEN 2260) con equipos de trabajo y herramientas antichispas. La limpieza y mantenimiento de los recipientes debe ser realizado por personal calificado bajo las normas de seguridad existentes.</p>	
<b>ALMACENAMIENTO</b>	
<p><b>INCOMPATIBILIDADES:</b> Agentes oxidantes.</p>	
<p><b>REACCIONES PELIGROSAS:</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Producto extremadamente inflamable y combustible.</li> <li>- El líquido tiene una marcada tendencia a almacenar electricidad estática cuando se transporta por tubería.</li> <li>- Almacenar preferentemente en espacios exteriores o espacios interiores preparados para el almacenamiento de gases inflamables.</li> <li>- Proteger contra el daño físico y el fuego.</li> <li>- Almacenar el GLP en áreas que cumplan con la normativa INEN 2260.</li> </ul>	

Fuente: LOJAGAS

# ANEXO P

## EXTRACTO DE HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE GLP – PARTE 4

8. CONTROLES DE EXPOSICIÓN/PROTECCIÓN PERSONAL			
<b>Equipos de protección personal:</b> - Protección respiratoria: Mascaras de protección respiratoria en presencia de vapores o equipo autónomo en altas concentraciones. - Protección cutánea: Guantes de PVC, calzado de seguridad antiestático resistente a productos químicos. - Protección Ocular: Gafas de seguridad cerradas, lavavojos. - Otras Protecciones: Duchas en el área de trabajo.			
<b>Preocupaciones generales:</b> Evitar el contacto con el producto licuado y la inhalación del gas. Las ropas contaminadas de gas licuado deben ser mojadas rápidamente para evitar las irritaciones y el riesgo de inflamación y retiradas si no están adheridas a la piel.			
<b>Prácticas higiénicas en el trabajo:</b> No fumar, comer ni beber en zonas donde se manipule o almacene gas licuado. Seguir las medidas de cuidado e higiene lavando con agua y jabón frecuentemente.			
<b>Controles de exposición:</b> Son poco detectables por el olor en el aire, cuando no están odorizados.			
<b>Butano:</b> - TLV/TWA (ACGIH): 1000 ppm -REL/TWA (NIOSH): 800 ppm -MAK: 100 ppm		<b>Propano:</b> - TLV/TWA(ACGIH): 1000 ppm -REL/TWA(NIOSH): 1000 ppm -PEL/TWA(OSHA):1000 ppm -MAK:1000 ppm -IDLH(nivel inmediato peligroso para la salud y la vida): 2100 ppm	
9. PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS			
<b>Aspecto:</b> Gas Licuado	<b>Color:</b> Incoloro	<b>pH:</b> No pertinente	<b>Olor:</b> Característico, reforzado por derivados sulfurados (Mercaptano).
<b>Punto de ebullición:</b> (-42.1 °C) - (-3.7°C)		<b>Punto de fusión/congelación:</b> No pertinente	
<b>Punto de inflamación:</b> (-107.5 °C) - (-101.6 °C)		<b>Autoinflamabilidad:</b> >400 °C	
<b>Propiedades explosivas. Lim. inferior explosivo:</b> 1.87 - 2.02% Lim. Superior explosivo: 9.38 - 10.05%		<b>Propiedades comburentes:</b> No pertinente	
<b>Presión de vapor:</b> 10 - Kg/cm2 a 37.8°C		<b>Densidad:</b> 0.535 g/cm3 mín. A 15°C (ASTM 1657)	
<b>Tensión superficial:</b> 16 dinas /cm a -47°C		<b>Coef. Reparto ( n-octanol/agua):</b> log Kow: 2.36	
<b>Densidad de vapor:</b> 1.5 (aire: 1) a 0°C		<b>Solubilidad:</b> (a 100°C) 10.5 - 11.5 cSt (ASTM D-445)	
<b>Hidrosolubilidad:</b> 0.0047% vol./vol.			
<b>Otros datos:</b> - Azufre total: 150 ppm máx. - Poder calorífico Neto: 10830 Kcal/Kg. - Olefinas totales: 58% (ASTM D2163) - Residuo volátil (T evaporación 95% vol.): 2.2 °C máx.			
10. ESTABILIDAD Y REACTIVIDAD			
<b>ESTABILIDAD QUÍMICA:</b> Extremadamente inflamable y combustible.			
<b>MATERIALES INCOMPATIBLES:</b> Oxidantes fuertes.			
<b>PRODUCTOS PELIGROSOS POR DESCOMPOSICIÓN QUÍMICA:</b> CO (en deficiencia de oxígeno), CO2, H2O.			
<b>POLIMERIZACIÓN PELIGROSA:</b> NO OCURRIRÁ Ó NO PRESENTA			
<b>CONDICIONES QUE SE DEBE EVITAR:</b> Exposición a llamas, chispas, calor y electricidad estática.			
11. INFORMACIÓN TOXICOLÓGICA			
<b>VIAS DE ENTRADA:</b> La inhalación es la ruta más frecuente de exposición, contacto con la piel y ojos del gas licuado, la aspiración y la ingestión a temperatura y presión ambiente no son probables ya que el producto es un gas.			
<b>EFFECTOS AGUDOS Y CRÓNICOS:</b> El producto es un gas asfixiante simple, debido al desplazamiento de oxígeno del aire. Puede causar efectos adversos sobre el sistema nervioso central.			
<b>CARCINOGENICIDAD:</b> No presenta.			
<b>TOXICIDAD PARA LA REPRODUCCIÓN:</b> No existen evidencias de toxicidad para la reproducción en mamíferos.			

Fuente: LOJAGAS

# ANEXO Q

## EXTRACTO DE HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE DIÉSEL – PARTE 1



**PETROLEO DIESEL**  
HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE ACUERDO A NCh. 2245:2015  
Homologación para ESMAX DISTRIBUCIÓN SpA  
Fecha de versión: 31/07/2020 - Versión:04

### HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD

#### Sección 1: Identificación del producto químico y de la empresa

<b>Identificación del producto químico</b>	:	Petróleo Diésel.
<b>Usos recomendados</b>	:	Petróleo Diésel Grado A1, Petróleo Diésel Grado B1, Petróleo Diésel Grado B2, Petróleo Diésel Marino DMA, Petróleo Diésel de Invierno, Petróleo Diésel Antártico.
<b>Restricciones de uso</b>	:	Se desaconseja cualquier uso distinto al informado en la presente HDS.
<b>Nombre del proveedor</b>	:	Esmax Distribución SpA.
<b>Dirección del proveedor</b>	:	Cerro Colorado N° 5240, piso 12, Las Condes, Santiago, Chile.
<b>Número de teléfono del proveedor</b>	:	(56-2) 2328 3776 – (56-2) 2328 3700.
<b>Número de teléfono de emergencia en Chile</b>	:	(56-2) 2328 3776 – (56-2) 2328 3700.
<b>Número de teléfono de información toxicológica en Chile</b>	:	Número único nacional las 24 horas (56-2) 2777 1994.
<b>Dirección electrónica del proveedor</b>	:	sac.chile@esmax.cl

Queremos escucharte y conocer tu opinión para mejorar.  
Contáctanos al  
800 363 776  
+562 2361 2848  
Escríbenos  
sac.chile@esmax.cl



Fuente: SISQUIM

## ANEXO R

### EXTRACTO DE HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD DE DIÉSEL – PARTE 2

<b>Sección 2: Identificación de los peligros</b>	
<b>Clasificación según NCh382</b>	: Clase 3: Líquidos inflamables.
<b>Distintivo según NCh2190</b>	: <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"></div>
<b>Clasificación según SGA</b>	: Líquidos inflamables. Categoría 3. Peligro por aspiración. Categoría 1. Irritación cutánea. Categoría 2. Toxicidad aguda por inhalación. Categoría 4. Carcinogenicidad. Categoría 2. Toxicidad específica de órganos diana (exposiciones repetidas). Categoría 2. Peligro para el medio ambiente acuático (peligro a largo plazo). Categoría 2.
<b>Etiqueta SGA</b>	: <div style="text-align: center; margin: 10px 0;"></div>
<b>Palabra de advertencia</b>	: PELIGRO.

Fuente: SISQUIM

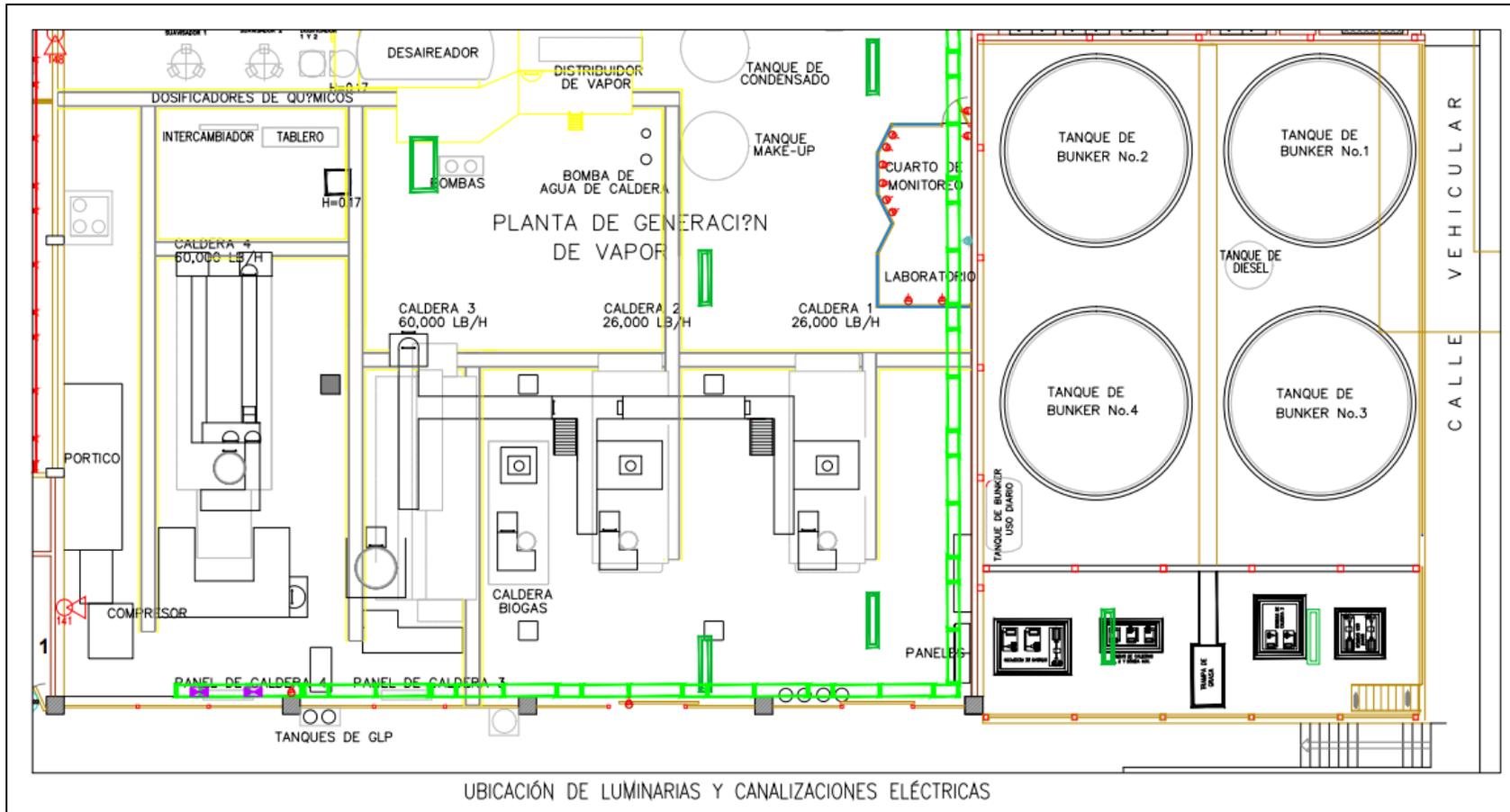
## PLANOS

# PLANO 1 MAPA DE RIESGOS Y EVACUACIÓN DE LA PLANTA



Fuente: Empresa

# PLANO 2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS DEL PATIO DE ALMACENAMIENTO DE COMBUSTIBLES



Fuente: Empresa

